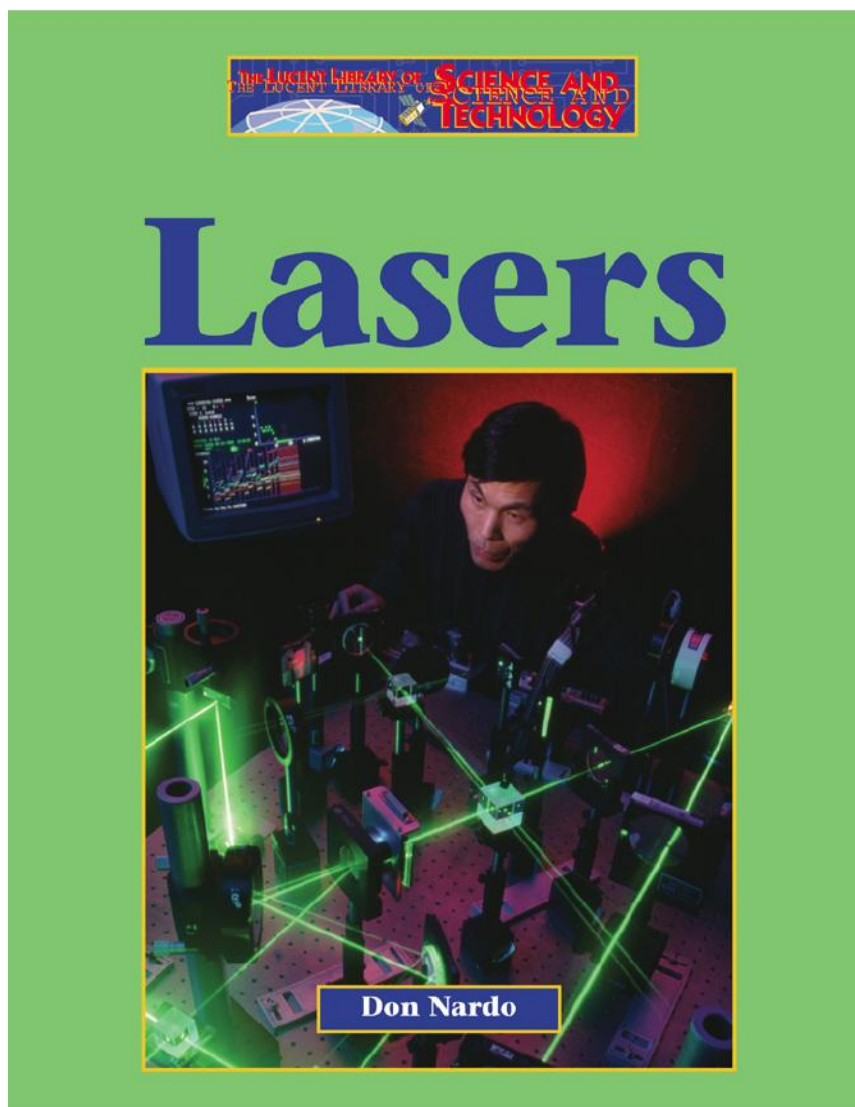




Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Παράρτημα Χανίων

Τμήμα Ηλεκτρονικής

Πτυχιακή εργασία:



Εισηγητής: ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Φοιτητές: ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΚΡΗΤΗ 2010

Λέιζερ

Άλλα βιβλία βιβλιοθήκη της Lucent σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία περιλαμβάνουν:

Μαύρες τρύπες

Κομήτες και Αστεροειδή

Γενετική

Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου



Λείζερ

by Don Nardo



San Diego • Detroit • New York • San Francisco • Cleveland • New Haven, Conn. • Waterville, Maine • London • Munich

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Πρόλογος	6
Εισαγωγή	8
Πηγαίνοντας εκεί που κανείς ποτέ δεν έχει πάει	
Κεφάλαιο 1	10
Η ανάπτυξη του Λείζερ	
Κεφάλαιο 2	22
Το Λείζερ στην Επιστήμη και τη Βιομηχανία	
Κεφάλαιο 3	32
Το Λείζερ στην Επικοινωνία και το Μάρκετινγκ	
Κεφάλαιο 4	41
Στρατιωτικές Εφαρμογές των Λείζερ	
Κεφάλαιο 5	49
Φαρμακευτικές Χρήσεις των Λείζερ	
Κεφάλαιο 6	58
Λείζερ στην Διασκέδαση	
Κεφάλαιο 7	66
Το Μέλλον του Λείζερ	
Σημειώσεις	74
Για περαιτέρω ανάγνωση	75
Εργασίες που αναφέρονται	77
Credits Εικόνων	81
Σχετικά με τον συγγραφέα	82

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

«Ο κόσμος έχει αλλάξει πολύ περισσότερο τα τελευταία 100 χρόνια απ' ό,τι σε οποιονδήποτε άλλον αιώνα στην ιστορία. Ο λόγος δεν είναι πολιτικός ή οικονομικός, αλλά τεχνολογικός: τεχνολογίες που προήλθαν άμεσα από την πρόοδο που σημειώθηκε στην βασική επιστήμη.»

Stephen Hawking, “A Brief History
Of Relativity,” *Time*, 2000

Η επιστημονική και τεχνολογική επανάσταση του εικοστού αιώνα, όπως ο Βρετανός φυσικός Stephen Hawking περιγράφει στο παραπάνω απόσπασμα, έχει τροποποιήσει ριζικά κάθε πτυχή της ανθρώπινης ζωής με πρωτοφανή τρόπο. Ασύλληπτες, μέχρι και έναν αιώνα πριν, εφευρέσεις, όχι μόνο είναι πλέον κοινές αλλά, στις μέρες μας, συνιστούν ανάγκες της καθημερινής ζωής. Όπως ο ιστορικός James Burke γράφει, «ζούμε από τα αντικείμενα και τα συστήματα που παίρνουμε για δεδομένα, αλλά που έχουν βαθιές επιπτώσεις στον τρόπο που συμπεριφερόμαστε, σκεφτόμαστε, απασχολούμαστε, παίζουμε, και διαμορφώνουμε γενικά τις ζωές μας.»

Παραδείγματος χάριν, μέσα σε διάστημα ακριβώς εκατό ετών, τα συστήματα μεταφορών έχουν αλλάξει εντυπωσιακά. Μόλις το 1900, εμφανίστηκε το πρώτο βενζινοκίνητο αυτοκίνητο, και μόνο 144 μίλια των οδικών αρτηριών των ΗΠΑ διέθεταν σκληρή στρωμένη επιφάνεια. Οι άμαξες γέμιζαν ακόμα τις οδούς των αμερικανικών πόλεων. Το αεροπλάνο δεν είχε εφευρεθεί ακόμα. Σήμερα 217 εκατομμύρια οχήματα τρέχουν κατά μήκος 4 εκατομμυρίων μιλίων των οδικών αρτηριών των ΗΠΑ. Οι άνθρωποι έχουν πετάξει στο φεγγάρι και τα εμπορικά αεροσκάφη είναι σε θέση να μεταφέρουν τους επιβάτες πέρα από τον Ατλαντικό Ωκεανό σε λιγότερο από τρεις ώρες.

Οι αλλαγές στον τομέα των επικοινωνιών ήταν εξίσου ριζικές. Το 1900, οι περισσότεροι Αμερικανοί ζούσαν και εργαζόντουσαν στα αγροκτήματα χωρίς ηλεκτρική ενέργεια ή παράδοση ταχυδρομείου. Λίγοι ήταν οι άνθρωποι που είχαν ακούσει ποτέ ραδιόφωνο ή είχαν μιλήσει στο τηλέφωνο. Εκατό χρόνια αργότερα, το 98% των αμερικανικών νοικοκυριών διαθέτουν τηλέφωνα και τηλεοράσεις και περισσότερα από το 50% έχουν προσωπικούς υπολογιστές. Μερικά νοικοκυριά διαθέτουν ακόμη και περισσότερες από μία τηλεόραση και υπολογιστή, ενώ τα κινητά τηλέφωνα είναι διαδεδομένα, ακόμη και στους κόλπους της νεολαίας. Τα δεδομένα που εκπέμπονται από τους δορυφόρους επικοινωνίας μπορούν να προβλέψουν σε γενικές γραμμές τις καιρικές συνθήκες ενώ το καλώδιο οπτικών ινών, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, και το Διαδίκτυο έχουν κάνει άμεσες τις τηλεπικοινωνίες σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης.

Το πιο εντυπωσιακό, ίσως, μέτρο των επιστημονικών και τεχνολογικών αλλαγών είναι εμφανές στον τομέα της ιατρικής και της δημόσιας υγείας. Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η διάρκεια ζωής ενός μέσου Αμερικανού ήταν σαράντα επτά έτη. Μέχρι το τέλος του αιώνα, η μέση διάρκεια ζωής έφτασε τα ογδόντα έτη, χάρη στις προόδους στον τομέα της ιατρικής συμπεριλαμβανομένης και της ανάπτυξης των εμβολίων και των αντιβιοτικών, την ανακάλυψη ισχυρών διαγνωστικών εργαλείων όπως οι ακτίνες Χ, την τεχνολογία της καρδιακής και νεογνικής μέριμνας, και την βελτίωση της διατροφής και του ελέγχου μολυσματικών ασθενειών.

Ταχείες αλλαγές είναι πιθανό να συνεχιστούν καθ' όλη τη διάρκεια του εικοστού πρώτου αιώνα όσο η επιστήμη αποκαλύπτει περισσότερα για τις φυσικές και βιολογικές διαδικασίες, όπως η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, η προερχόμενη από ιό αντένσταση, και η ηλεκτρική αγωγιμότητα, και όσο οι άνθρωποι εφαρμόζουν τη νέα γνώση σε προσωπικές αποφάσεις και στην κυβερνητική πολιτική. Ήδη, για παράδειγμα, μια διεθνής συνθήκη κάνει έκκληση για άμεσες μειώσεις των εθνικών βιομηχανικών και αυτοκινητιστικών εκπομπών σε απάντηση των μελετών που δείχνουν ενδεχόμενη επικίνδυνη άνοδο στην θερμοκρασία του πλανήτη, η οποία προκύπτει από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η ανάληψη ενός ενεργού ρόλου στον καθορισμό της κατεύθυνσης των μελλοντικών αλλαγών εξαρτάται από την εκπαίδευση: οι άνθρωποι οφείλουν να αντιληφθούν τις πιθανές εφαρμογές της επιστημονικής έρευνας και τις επενέργειες της τεχνολογίας που τις περιβάλλει.

Η Βιβλιοθήκη της Επιστήμης και Τεχνολογίας της Lucent περιγράφει καινοτομίες-κλειδιά και ανακαλύψεις που έχουν αλλάξει ριζικά τον σύγχρονο κόσμο. Κάθε σύγγραμμα προσπαθεί να κάνει μια σύνθετη επιστημονική ανακάλυψη, μια τεχνολογία, ή ένα φαινόμενο κατανοητό και σχετικό με τον αναγνώστη. Δεδομένου ότι η επιστημονική ανακάλυψη σπανίως είναι σαφής και κατανοητή, κάθε τίτλος εξηγεί τα αδιέξοδα, τυχαία ατυχήματα, και τις βασικές επιστημονικές μεθόδους με τις οποίες διεξήχθη η έρευνα στο μελετούμενο αντικείμενο. Κάθε βιβλίο εξετάζει τις πρακτικές εφαρμογές μιας εφεύρεσης, ενός επιστημονικού κλάδου, ή μιας επιστημονικής αρχής στην βιομηχανία, τη δημόσια υγεία, και την προσωπική ζωή, καθώς επίσης και τις πιθανές μελλοντικές χρήσεις και επιδράσεις που βασίζονται στην τρέχουσα έρευνα. Πλήρως τεκμηριωμένες αναφορές, σχολιασμένες βιβλιογραφίες που περιλαμβάνουν τόσο τις συμβατικές όσο και τις ηλεκτρονικές πηγές, γλωσσάρια, περιεχόμενα, και τεχνικές απεικονίσεις είναι μεταξύ των συμπληρωματικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που στοχεύουν στο να υποδείξουν στους ερευνητές την περαιτέρω εξερεύνηση του θέματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πηγαίνοντας εκεί όπου κανείς δεν έχει πάει πριν

Μια ημέρα του 1960 συνέβη κάτι σχεδόν μαγικό για πολλούς ανθρώπους. Ο Δρ. Theodore Maiman έβαλε σε λειτουργία μια συσκευή που εξέπεμπε μια λεπτή, φωτεινή κόκκινη ακτίνα φωτός. Αυτή η αξιοπρόσεκτη συσκευή ήταν το πρώτο λέιζερ του πλανήτη. Ονομάστηκε λέιζερ Ρουβιδίου επειδή ο Maiman πέρασε σύνηθες φως μέσω ενός κρυστάλλου Ρουβιδίου για να παράξει φως λέιζερ. Από εκείνη την ημέρα εκατοντάδες διαφορετικά είδη λέιζερ έχουν κατασκευαστεί, και χιλιάδες πρακτικές εφαρμογές έχουν ολοκληρωθεί από αυτά τα σύγχρονα «υπερεργαλεία».

Μέχρι την εφεύρεση του λέιζερ, η χρήση των ισχυρών ακτινών φωτός ήταν μια ιδέα που ανήκε κυρίως στην επιστημονική φαντασία. Το πρώτο σημαντικό παράδειγμα ήταν στο κλασικό έργο του H.G.Wells «Ο πόλεμος των κόσμων» (που κυκλοφόρησε το 1898). Στο μυθιστόρημα, “κακοί” Αριανοί χρησιμοποιούν μια τρομακτική ακτίνα θερμότητας για να επιτεθούν στη γη. Αργότερα, σε πρώιμες σειρές κόμικ, διαστημικοί ήρωες όπως ο Flash Gordon και ο Buck Rogers χρησιμοποιούσαν θανάσιμα όπλα ακτίνων για να αντιμετωπίσουν τους αντίπαλούς τους. Βεβαίως, οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν εξοικειωθεί με τους άθλους των Captain Kirk, Picard, Janeway, και Archer of the Starships *Enterprise* και *Voyager*. Οι οπαδοί της τηλεοπτικής σειράς και των ταινιών «Star Trek» ξέρουν τα πάντα σχετικά με τις τορπίλες φωτονίων, εκείνα τα μυθικά, φουτουριστικά όπλα φωτός. Εξίσου διάσημα είναι και τα φωτεινά ξίφη που χρησιμοποιούν οι Luke Skywalker, Darth Vader, και άλλοι χαρακτήρες των δημοφιλών πολεμικών ταινιών *Star Wars*.

Φυσικά όλες οι προαναφερθείσες συσκευές προκαλούν καταστροφή. Αυτό μπορεί να είναι παραπλανητικό, γιατί σε ό, τι αφορά στην επιστημονική φαντασία υπάρχουν επίσης παραδείγματα όπου το φως χρησιμοποιείται και για εποικοδομητικούς λόγους. Για παράδειγμα, οι χαρακτήρες του Star Trek χρησιμοποιούν μια μικρή πηγή φωτός για να διεκπεραιώσουν τις αποστολές τους, και χρησιμοποιούν ακτίνες φωτός για να διαλύσουν χοντρούς τοίχους μετάλλων, για να επισκευάσουν ηλεκτρικά κυκλώματα, και για να παράγουν ολογράμματα για τη δημιουργία ρεαλιστικών εικονικών περιβαλλόντων στην «ολο-δεσμίδα» (holodeck).

Τέτοια προηγμένη τεχνολογία δεν χρησιμοποιεί το κανονικό καθημερινό

φως, φυσικά. Απαιτεί φως λέιζερ, το οποίο είναι πολύ διαφορετικό από το συνηθισμένο φυσικό φως. Το λέιζερ παράγει φως που έχει ενισχυθεί, δηλαδή έχει γίνει αρκετά φωτεινότερο και ισχυρότερο. Χρειάστηκε πολύς χρόνος στα ανθρώπινα όντα, κατά την ατέρμονη αναζήτηση καινούργιας γνώσης, για να υπερβούν το απλό φως και να εφεύρουν το λέιζερ ώστε να εκμεταλλευτούν τις θαυμάσιες ιδιότητές του. Ακριβώς όπως οι Captains Kirk και Janeway πήγαν «όπου κανένας δεν έχει πάει πριν,» οι επιστήμονες είδαν ένα φως που κανένας δεν είχε δει πριν και το χρησιμοποίησαν για το καλό της ανθρωπότητας.



Ο Δρ. Theodore Maiman, δημιουργός του πρώτου επιτυχούς λέιζερ, εξετάζει μια πρόωρη έκδοση της συσκευής. Το εσωτερικό του κύβου είναι ο κρύσταλλος Ρουβιδίου που εξέπεμψε την ακτίνα.

Πράγματι, εκείνη την ημέρα του 1960, όταν άρχισε να φαίνεται το ροδοκόκκινο λέιζερ, μια νέα εποχή εγκαινιάστηκε για την ανθρωπότητα. Το φως που κανείς δεν είχε δει ποτέ, ξαφνικά άρχισε να μετατρέπει την επιστημονική φαντασία σε επιστημονική πραγματικότητα. Δεδομένου ότι τα λέιζερ συνεχίζουν να εξελίσσονται γρήγορα και να βρίσκουν περισσότερες εφαρμογές σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών, ιατρικών, βιομηχανικών, και εμπορικών τομέων, η κοινωνία που απεικονίζεται στον κόσμο του Star Trek μοιάζει να είναι πολύ πιο κοντά απ' ότι οι περισσότεροι άνθρωποι φαντάζονται

Κεφάλαιο 1

Η ανάπτυξη των λέιζερ

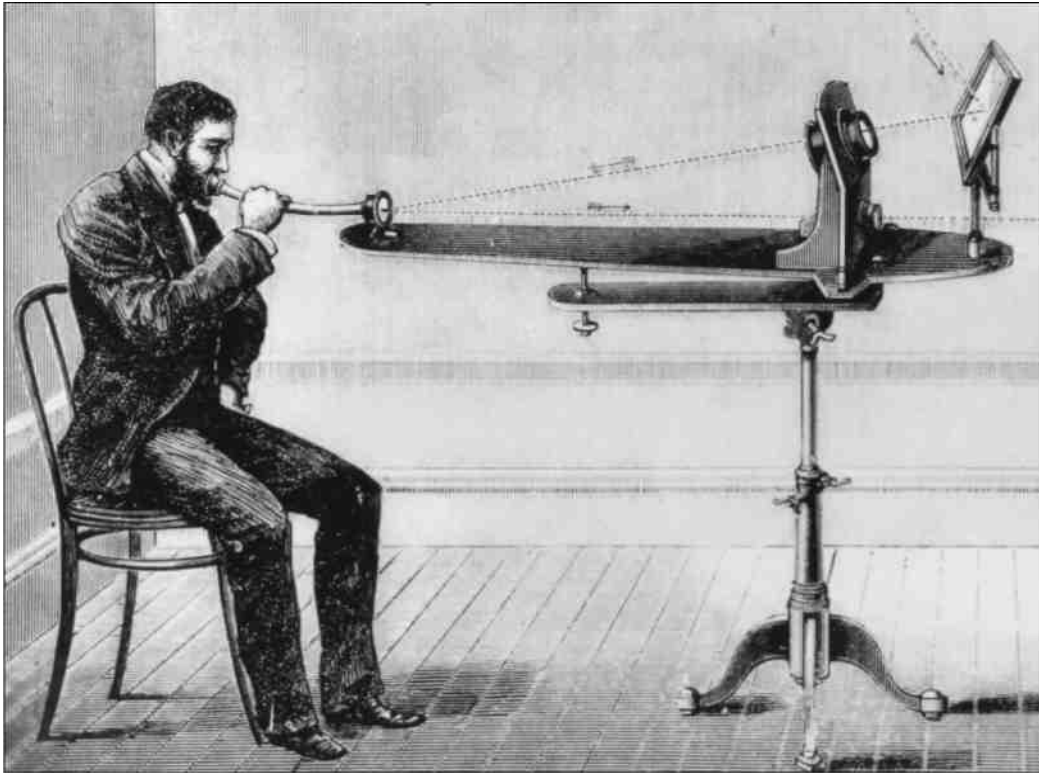
Το λέιζερ είναι μια συσκευή που παράγει μια ασυνήθιστα ισχυρή ακτίνα φωτός που δεν υπάρχει από μόνο του στη φύση. Στις μέρες μας αυτό το φως χρησιμοποιείται για να πραγματοποιήσει χιλιάδες χρήσιμες εφαρμογές. Ένα λέιζερ μπορεί να εκπέμψει μια ακτίνα φωτός για να διαπεράσει ένα παχύ μεταλλικό τοίχο ή να τρυπήσει ένα διαμάντι. Μερικά λέιζερ μπορούν να μετρήσουν πράγματα που βλέπουμε μόνο μέσα από ένα μικροσκόπιο ή ακόμα και να εκτελέσουν “λεπτές” επεμβάσεις ματιών. Καθημερινά, τα λέιζερ χρησιμοποιούνται στις επικοινωνίες, στα εργοστάσια, στα νοσοκομεία, και στα διάφορα μέσα ψυχαγωγίας. Στην πραγματικότητα, τα λέιζερ καθιστούν τις ζωές μας καλύτερες και ευκολότερες με τόσους τρόπους που οι επιστήμονες αναφέρονται σε αυτά ως υπερ-εργαλεία της σύγχρονης εποχής.

Η εφεύρεση του λέιζερ ήταν το αποτέλεσμα πολλών ιδεών και ανακαλύψεων, και οτιδήποτε προηγήθηκε αυτών μετρά περισσότερο από εκατό χρόνια. Οι επιστήμονες δεν επεδίωκαν να εφεύρουν το λέιζερ. Στην πραγματικότητα, κανένας δεν έλαβε σοβαρά υπ’ όψιν μια τέτοια συσκευή μέχρι μερικά χρόνια πριν τη δημιουργία του πρώτου λέιζερ. Οι περισσότερες από τις ιδέες που οδήγησαν στην εφεύρεσή του ήταν το αποτέλεσμα επιστημονικών προσπαθειών για επιπλέον γνώση σχετικά με το φως και τη συμπεριφορά του. Με το πέρασμα του χρόνου, η άποψη ότι το φως θα μπορούσε να γίνει ισχυρότερο, ή πιο ενισχυμένο, επικράτησε στους επιστημονικούς κύκλους. Παρ’ όλα αυτά, μόνον όταν μερικοί ερευνητές κατόρθωσαν να ταξινομήσουν όλες αυτές τις ιδέες με έναν πολύ συγκεκριμένο τρόπο συνειδητοποίησαν ότι κάτι σαν λέιζερ θα μπορούσε πράγματι να δημιουργηθεί.

Το “φωτό-φωνο” και οι πρόωρες θεωρίες του φωτός

Η πρώτη σημαντική προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί φως για να πραγματοποιηθεί μια εφαρμογή που στις μέρες μας εκτελείται μέσω λέιζερ, έγινε το 1880. Ο διακεκριμένος αμερικανός εφευρέτης Alexander Graham Bell πραγματοποίησε ένα πείραμα με θέμα το πώς μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το φως για να μεταφέρει τη φωνή ενός προσώπου από μια θέση σε άλλη. Για να αποδείξει τη συγκεκριμένη υπόθεση, ο Bell χρησιμοποίησε μια συσκευή που ονόμασε “φωτό-φωνο” το οποίο αποτελείτο από ένα λεπτό καθρέφτη, έναν δέκτη

που μπορούσε να ανιχνεύσει το φως, μερικά καλώδια, και ένα ακουστικό. Ο Bell τοποθέτησε τον καθρέφτη έτσι ώστε το φως του ήλιου να αντανακλάται και να ταξιδεύει περισσότερο του ενός εκατομμυρίου ποδιών προς την κατεύθυνση του δέκτη. Όταν ένα άτομο μίλησε κοντά στο λεπτό καθρέφτη, αυτός δονήθηκε ελαφρώς. Το γεγονός αυτό προκάλεσε την αντανάκλαση του ηλιακού φωτός από το δέκτη στον πομπό. Ο δέκτης μετέτρεψε έπειτα τις ελαφριές δονήσεις σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο ταξίδεψε μέσω των καλωδίων στο ακουστικό.



Ένα άτομο δοκιμάζει το φωτόφωνο του Alexander Graham Bell, μια ακατέργαστη αλλά έξυπνη προσπάθεια να κάνει το φως να διαβιβάσει μια ανθρώπινη φωνή.

Δυστυχώς το “φωτό-φωνο” δεν λειτούργησε πολύ καλά. Ο δέκτης του Bell ήταν πολύ ακατέργαστος σε σχέση με αυτούς που χρησιμοποιούνται σήμερα. Επίσης, η συσκευή βασιζόταν στο ηλιακό φως, η φωτεινότητα όμως του οποίου ποικίλλει από ώρα σε ώρα και από μέρα σε μέρα. Προφανώς, τις νεφελώδεις ημέρες ή τη νύχτα η συσκευή δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί καθόλου. Ο Bell έπρεπε επίσης να αντιμετωπίσει το γεγονός ότι οι επιστήμονες της εποχής δεν ήξεραν ακόμη αρκετά για το φως ώστε να ξέρουν να χρησιμοποιούν τη δύναμή του. Αυτό που ήξεραν ήταν ότι το φως ταξιδεύει πάντα με μια καθορισμένη ταχύτητα, η οποία είναι περίπου 186.000 μίλια (300.000 χιλιόμετρα) ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα αυτή είναι τόσο γρήγορη που ισούται με την τροχιά μιας ακτίνας φωτός γύρω από τη γη σχεδόν επτάμησι φορές ανά δευτερόλεπτο.

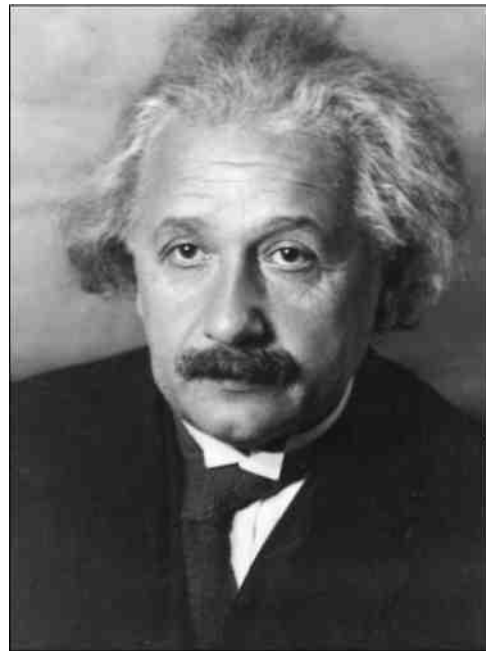
Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το φως ως εργαλείο δεν ήταν αρκετό να γνωρίζει ο ερευνητής μόνο πόσο γρήγορα ταξιδεύει το φως. Οι άνθρωποι έπρεπε επίσης να ξέρουν σε τι συνίσταται. Πίσω στα 1600, ο Άγγλος επιστήμονας sir Isaac Newton είχε υποστηρίξει ότι το φως αποτελούνταν από μικροσκοπικά μόρια. Αυτή η θέση έγινε γνωστή ως η σωματιδιακή φύση του φωτός. Τον ίδιο

χρόνο, ο Ολλανδός επιστήμονας Christian Huygens υποστηριξε ότι το φως αποτελείται από κύματα, όμοια με αυτά του ωκεανού που “σκάνε” στην παραλία. Οι επιστήμονες της προσέδωσαν το όνομα “κυματική θεωρία του φωτός”.

Δυστυχώς, στην εποχή του Bell, οι επιστήμονες ακόμα διαφωνούσαν για το ποιες από αυτές τις θεωρίες ήταν σωστές. Εντούτοις, συνδυάζοντας τη μεγαλοφυΐα του με σκληρή εργασία, ο Bell κατόρθωσε να κατασκευάσει ένα “φωτό-φωνο” που λειτουργούσε. Η ίδια η συσκευή λειτούργησε με διαφορετικές αρχές από εκείνες που θα χρησιμοποιούνταν αργότερα στο λείζερ. Ο Bell είχε ήδη δείξει ότι η δύναμη του φωτός θα μπορούσε κάποτε να χρησιμοποιηθεί στις επικοινωνίες. Αυτή η ιδέα αποτέλεσε τη βάση για το επόμενο βήμα προς την ανακάλυψη του λείζερ.

Ο Einstein και το “διεγερμένο” φως

Το 1905, ο Γερμανός επιστήμονας, Albert Einstein παρουσίασε την θεωρία του για το φως, που συνίσταται στο ότι το φως αποτελείται τόσο από σωματίδια όσο και από κύματα. Ο Einstein υποστήριξε ότι τα σωματίδια του φωτός, τα οποία αποκάλεσε φωτόνια (από την ελληνική λέξη «φως»), κινούνται ακολουθώντας κυματικές διαδρομές εμπρός. Αργότερα, άλλοι επιστήμονες διενήργησαν πειράματα που απέδειξαν ότι ο Einstein ήταν σωστός. Ο ίδιος ο Einstein εξέλιξε την σκέψη του δίνοντας κάποια ακόμη πιο αναπάντεχα στοιχεία για το φως. Πρώτα απ' όλα, για το πώς δημιουργούνται τα φωτόνια. Συμφώνησε με μερικούς άλλους επιστήμονες της εποχής του για το πώς οι πηγές φωτός (όπως τα κεριά, οι λάμπες, ή ο ήλιος) παράγουν τα φωτόνια. Οι ερευνητές υποστήριζαν ότι τα άτομα (τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτελούν όλο το υλικό στον κόσμο) εκπέμπουν τα φωτόνια. Κάποια μορφή ενέργειας -όπως η θερμότητα, η ηλεκτρική ενέργεια, ή η χημική ενέργεια- «διεγείρει» το άτομο, ή το καθιστά πιο ενεργητικό. Επομένως, θα μπορούσε στη συνέχεια να εκπέμψει ένα φωτόνιο επιστρέφοντας το άτομο στην μη διεγερμένη κατάστασή του. Δεδομένου ότι υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός ατόμων, είναι φυσικό να εκπέμπεται και ένας εξίσου μεγάλους αριθμούς φωτονίων. Μία λάμπα των 100 Watt εκπέμπει περίπου 10 τρισεκατομμύρια φωτόνια κάθε δευτερόλεπτο.



Ο φυσικός Albert Einstein πρότεινε την έννοια της υποκινημένης, ή ενισχυμένης, εκπομπής του φωτός.

Το 1917, ο Einstein υποστήριξε ότι όσο ένα άτομο διεγείρεται, ενδεχομένως να διεγείρεται για να εκπέμψει ένα φωτόνιο. Εάν αρκετά άτομα μπορούσαν να

διεγερθούν, ένας μεγάλος αριθμός φωτονίων θα παραγόταν. Μια ακτίνα φωτός αποτελούμενη από τόσα πολλά φωτόνια, θα ήταν τόσο πυκνή που μοιραία θα γινόταν φωτεινότερη και ισχυρότερη. Ο Einstein αποκάλυψε αυτήν την διαδικασία «εξαναγκασμένη εκπομπή φωτός». Δεδομένου ότι μπορεί να παράγει φως που αυξάνεται σε ισχύ, ή σε μέγεθος, η εξαναγκασμένη εκπομπή αποτελεί και την βασική αρχή της λειτουργίας του λέιζερ.

Οι επιστήμονες διέθεταν τις βασικές πληροφορίες που χρειαζόνταν για την κατασκευή μιας συσκευής που να θυμίζει συσκευή λέιζερ ήδη από το 1917. Ωστόσο, κανένας δεν το προσπάθησε. Οι ερευνητές θεώρησαν ότι θα ήταν πάρα πολύ δύσκολο και ακριβό - και όντως, έτσι ήταν. Τα προηγμένα μηχανήματα που ήταν απαραίτητα, δεν υπήρχαν εκείνη την εποχή, και θα έπρεπε κατασκευαστούν κομμάτι κομμάτι. Η απαραίτητη έρευνα θα ήταν υψηλού κόστους και αρκετά χρονοβόρα. Φυσικά, τόσος χρόνος και χρήμα θα άξιζαν τον κόπο εάν η ιδέα ήταν πολλά υποσχόμενη. Αλλά η μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων της εποχής, δεν θεωρούσε ότι η ιδέα της ενίσχυσης του φωτός θα οδηγούσε σε κάτι πρακτικό ή χρήσιμο. Για αυτόν τον λόγο, η εξέλιξη των λέιζερ είχε μία μάλλον κυκλική εξέλιξη: μέσω των πειραμάτων με το ραντάρ και τα μικροκύματα.

Το ραντάρ και τα μικροκύματα

Κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου (1939-1945), οι επιστήμονες εργάστηκαν σκληρά για τη βελτίωση του ραντάρ, μια ανιχνευτική συσκευή που είχε εφευρεθεί κάποια χρόνια νωρίτερα. Το ραντάρ στέλνει μια ακτίνα μικροκυμάτων που ανακλάται από τα κοντινά αντικείμενα. Τα μικροκύματα είναι παρόμοια με το ορατό φως, αφού και τα δύο ταξιδεύουν με 186.000 μίλια ανά δευτερόλεπτο και αποτελούνται από σωματίδια που κινούνται ως κύματα. Αλλά αντίθετα από το φως, που οι άνθρωποι μπορούν να δουν, τα μικροκύματα είναι αόρατα στο μάτι. Μετά από τις ανακλάσεις των ακτινών του ραντάρ μακριά από ένα αντικείμενο, τα αντανακλώμενα μικροκύματα επιστρέφουν και καταχωρούνται σε μια οθόνη. Μελετώντας την οθόνη, ένας χειριστής ραντάρ μπορεί να υπολογίσει το γενικό μέγεθος και την απόσταση του αντικειμένου. Με αυτόν τον τρόπο, οι στρατιώτες εντόπιζαν τα εχθρικά αεροπλάνα κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου.



Ένας ναυτικός τεχνικός εξετάζει τον εξοπλισμό ραντάρ τον Αύγουστο του 1945. Τα πειράματα με το ραντάρ οδήγησαν σε τεχνικές προόδους που παρήγαγαν τελικά το λέιζερ.

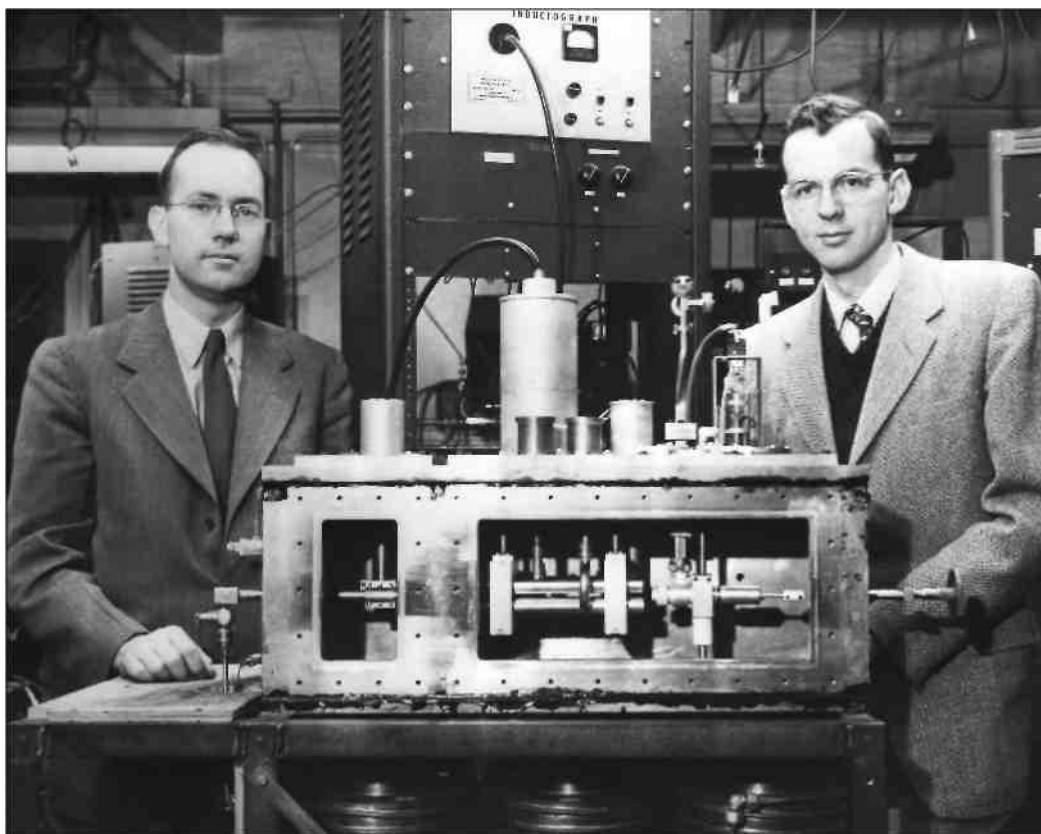
Καθώς ο πόλεμος εξελισσόταν, οι επιστήμονες του αμερικανικού στρατού προσπαθούσαν να βρουν τρόπους για να δημιουργήσουν ισχυρότερα μικροκύματα. Με επικεφαλής τον δρ. Charles Townes, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η ακτινοβολία των μικροκυμάτων δεν λειτουργεί πολύ καλά για το ραντάρ. Η αιτία είναι η εξής: τα κύματα απορροφώνται πάρα πολύ εύκολα από τους υδρατμούς στον αέρα. Καθώς η ακτίνα ταξιδεύει, όλο και μεγαλύτερο ποσοστό αυτής απορροφάται, με αποτέλεσμα να γίνεται πάρα πολύ αδύνατη για να έχει οποιαδήποτε εφαρμογή. Παρόλα αυτά, τα πειράματα αυτά δεν είχαν αποτύχει. Έδωσαν κίνητρο στον Townes να στραφεί στη μελέτη των μικροκυμάτων, γεγονός που θα οδηγούσε τελικά στο λέιζερ.

Το 1947, ο Townes άρχισε να διδάσκει και να κάνει έρευνα στο Πανεπιστήμιο Columbia, στη Νέα Υόρκη. Θυμήθηκε τι είχε πει ο Einstein για την εξαναγκασμένη εκπομπή του ορατού φωτός - ότι πολλά άτομα θα μπορούσαν να υποκινηθούν για να παραξουν πολλά σωματίδια φωτός. Δεδομένου ότι τα μικροκύματα είναι τόσο όμοια με το φως, ο Townes συνήγαγε ότι η δύναμη υποκίνησης παράγει επίσης πολλά σωματίδια μικροκυμάτων. Εάν τα μικροκύματα μπορούσαν να παραχθούν από την υποκίνηση, ίσως αρκετά από αυτά να μπορούσαν να συγκεντρωθούν για να πάρουν μια ενισχυμένη ακτίνα. Αλλά ποιος θα ήταν ο σκοπός μιας τέτοιας ακτίνας; Ο Townes δεν ήταν βέβαιος ότι αυτό θα είχε κάποιες πρακτικές εφαρμογές, αλλά θεώρησε θα ήταν ένα αποτελεσματικό

εργαλείο έρευνας, προκειμένου να συμβάλει στη μελέτη για την εκπομπή ακτινοβολίας από τα άτομα.

Το μείζερ - πρόδρομος του λέιζερ

Το 1951, καθισμένος σε ένα παγκάκι κάποιου πάρκου, ο Townes είχε μια λαμπρή ιδέα. Συνειδητοποίησε ότι θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν τα μόρια της αμμωνίας για να παραχθεί μια ισχυρή ακτίνα μικροκυμάτων. (Ένα μόριο αποτελείται από δύο ή περισσότερα άτομα που συνδέονται). Ο Townes θεώρησε ότι αν τα μόρια της αμμωνίας διεγερθούν (από τη θερμότητα, την ηλεκτρική ενέργεια, ή τη χημική ενέργεια), θα μπορούσαν να υποκινηθούν για να εκπέμψουν μικροκύματα όμοια με αυτά πάνω στα οποία εργαζόταν. Ήξερε ότι αυτή η διαδικασία θα ήταν σχεδόν ίδια με αυτό που ο Einstein περιγράφει σχετικά με την υποκίνηση του ορατού φωτός. Η μόνη διαφορά ήταν ότι ο Townes θα χρησιμοποιούσε μικροκύματα αντί του φωτός. Υπολόγισε ότι εάν τα μόρια αμμωνίας μπορούσαν να κρατηθούν για αρκετή ώρα σε μια διεγερμένη κατάσταση, θα μπορούσαν να παραξουν όλο και περισσότερα μικροκύματα. Τελικά, τα κύματα θα συγκεντρώνονταν και θα γίνονταν ισχυρότερα. Εν ολίγοις, τα μικροκύματα θα ενισχύονταν.



Ο Charles Townes (αριστερά) και ο James P. Gordon επιδεικνύουν υπερήφανα το μείζερ τους, μια συσκευή που ενισχύει τα μικροκύματα.

Ο Townes αποφάσισε να κατασκευάσει ένα λειτουργικό μοντέλο - πρότυπο. Εξασφάλισε την βοήθεια δύο άλλων ερευνητών, των Herbert J. Ziegler και James P. Gordon. Δουλεύοντας εντατικά μέχρι το 1954, οι τρεις ερευνητές δημιούργησαν μια συσκευή που λειτούργησε με τον ακόλουθο τρόπο: Σε πρώτη φάση, κάποιο αέριο αμμωνίας θερμαινόταν έως ότου διεγερθούν πολλά από τα μόρια, και έπειτα να διαχωρίζονται από τα μη διεγερμένα μόρια. Στη συνέχεια, τα διεγερμένα μόρια έρρεαν σε έναν θάλαμο, που λέγεται κοιλότητα (ή αντηχείο) και όπου πραγματοποιούνταν η υποκίνηση των μορίων. Δεδομένου ότι τα διεγερμένα μόρια αμμωνίας εξέπεμπαν μόρια μικροκυμάτων, τα μόρια αναπηδούσαν με φορά μπρος πίσω μέσα στον θάλαμο. Όταν ένα από αυτά τα μόρια πλησίαζε ένα διεγερμένο μόριο, το μόριο εξέπεμπε σωματίδια. Κατά συνέπεια, τα ίδια τα μόρια υποκίνησαν την παραγωγή περισσότερων μορίων. Σύντομα ο αριθμός μορίων διπλασιάστηκε, κατόπιν διπλασιάστηκε επανειλημμένως έως ότου τα μικροκύματα στον θάλαμο έγιναν πολύ ισχυρά.

Ολόκληρη διαδικασία διήρκησε μόνο ένα μικροσκοπικό κλάσμα του δευτερολέπτου. Από μια τρύπα στο αντηχείο εκτοξεύθηκε μια έντονη ενισχυμένη ακτίνα από μικροκύματα. Οι επιστήμονες αποκάλεσαν την εφεύρεσή τους μείζερ (maser). Τα αρχικά αυτού του ακρωνύμιου προέρχονται από τις λέξεις *microwave amplification by stimulated emissions of radiation* (μικροκυματική ενίσχυση από υποκινήσιμη εκπομπή ακτινοβολίας). Το μείζερ αμμωνίας είχε ορισμένες μόνο πρακτικές εφαρμογές. Αρχικά, επειδή τα μόρια αμμωνίας στο μείζερ δονούνταν σε ένα σταθερό ποσοστό, η συσκευή μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αξιόπιστος χρονομετρητής. Δεύτερον, δεδομένου ότι το μείζερ ήταν ένας ενισχυτής, μπορούσε να ωθήσει τα αδύνατα σήματα μικροκυμάτων που εκπέμπονταν από τα απόμακρισμα αστέρια, διευκολύνοντας τους αστρονόμους να μελετήσουν τέτοια σήματα και να μάθουν περισσότερα για αυτά.

Βασικές έννοιες και σχέδια λείζερ

Το σημαντικότερο πράγμα για το μείζερ ήταν ότι έθεσε το στάδιο για την ανάπτυξη του λείζερ - κάτι που αγνοούσε τόσο ο Townes όσο και οπτι υπόλοιποι ερευνητές της εποχής. Όλα τα επιμέρους στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τη δημιουργία του λείζερ βρίσκονταν στο μείζερ εκτός από το σημαντικότερο: το φως. Στα μέσα της δεκαετίας του '50, όχι πολύ αργότερα από την εμφάνιση του μείζερ, μερικοί ερευνητές άρχισαν να συζητούν για μια συσκευή που θα υποκινούσε τα άτομα ώστε να εκπέμπουν φωτόνια από το φως, ακριβώς όπως είχε περιγράψει ο Einstein. Έπειτα, τα φωτόνια θα ενισχύονταν για να παράξουν μια ισχυρή ακτίνα φωτός.

Ένας από τους ερευνητές που θέλησαν να μάθουν πώς μπορεί να ενισχυθεί το φως ήταν ο εφευρέτης του μείζερ, ο Charles Townes. Τον Σεπτέμβριο του 1957, ο Townes σχεδίασε μια συσκευή που κάλεσε «οπτικό μείζερ» (ο όρος λείζερ δεν υφίστατο ακόμη). Κάλεσε έπειτα έναν άλλο επιστήμονα, τον Arthur Schawlow. Τα δύο αυτά άτομα άρχισαν να σχεδιάζουν με λεπτομέρειες το οπτικό μείζερ. Εντούτοις, ο Townes και ο Schawlow δεν ήταν οι

μόνοι που εργαζόντουσαν πάνω στην ιδέα του λέιζερ. Ο Nikolai Basov και ο Aleksandr Prokhorov στη Σοβιετική Ένωση ερευνούσαν επίσης αυτήν την υπόθεση, όπως και ο Gordon Gould, ένας διακεκριμένος ερευνητής του Πανεπιστήμιο της Κολούμπια, ο οποίος δούλευε επάνω στην ανάπτυξη της δικής του φωτο-ενισχυτικής συσκευής.

Πώς ένα μείζερ λειτουργεί

Ένα μείζερ ενισχύει, ή αυξάνει, τον αριθμό φωτονίων που προκαλούν τα αόρατα ηλεκτρομαγνητικά κύματα γνωστά ως μικροκύματα. Κατ' αρχάς, το θερμαμένο αέριο αμμωνίας αντλείται στο μείζερ. Εκεί, «μη διεγερμένο,» ή χαμηλής ενέργειας, τα μόρια σύρονται στις πλευρές του μείζερ. Μόνο «διεγερμένα,» ή υψηλής ενέργειας, τα μόρια αμμωνίας ρέουν στο αντηχείο. Σε αυτήν την αίθουσα, τα διεγερμένα μόρια αρχίζουν να εκπέμπουν τα φωτόνια μικροκυμάτων. Αυτά τα φωτόνια ταλαντώνονται μέσα στο αντηχείο, και συγκρούονται με τα μόρια αμμωνίας έτσι ώστε παραμένουν διεγερμένα και παράγουν όλο και περισσότερα μικροκύματα.

Το Νοέμβριο του 1957, μόλις δύο μήνες αφότου είχε κάνει ο Townes το οπτικό σχέδιο του μείζερ, ο Gould κατέγραψε όλες τις ιδέες του για την εφεύρεση που σκόπευε να υλοποιήσει. Το πρώτο πράγμα που έγραψε ήταν το όνομα της συσκευής. Το ονόμασε λέιζερ (laser), ακρωνύμιο του οποίο τα αρχικά προέρχονταν από τις αγγλικές λέξεις *light amplification by stimulated emission of radiation* (ενίσχυση του φωτός από υποκινημένη εκπομπή ακτινοβολίας). Παρόλο που κι άλλοι ερευνητές σκέφτηκαν αυτό το όνομα, προφανώς ο Gould ήταν ο πρώτος που επινόησε τον όρο.

Μαθαίνοντας ότι ο Townes ενδεχομένως να εργαζόταν πάνω στο λέιζερ, ο Gould ανησύχησε. Φυσικά, δεν ήθελε κάποιος άλλος να πάρει αναγνώριση για κάτι που θεωρούσε δική του εφεύρεση. Κατέθεσε τις σημειώσεις του σε έναν δικηγόρο που ειδικευόταν στα διπλώματα ευρεσιτεχνίας. (Όταν η κυβέρνηση χορηγεί σε κάποιον δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μια εφεύρεση, αναγνωρίζει εκείνο το πρόσωπο ως αρχικό εφευρέτη. Το πρόσωπο που κρατά το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μπορεί επίσης να αποκτήσει πολλά χρήματα εάν η εφεύρεση είναι επιτυχής.) Δυστυχώς για τον Gould, ο δικηγόρος δεν αντελήφθη τις πληροφορίες στα σημειωματάρια και τού έδωσε την λανθασμένη συμβουλή να δημιουργήσει ένα λειτουργικό πρότυπο της εφεύρεσής του, προκειμένου να αποκτήσει το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Ο Gould δεν ήταν σίγουρος για το τί έπρεπε να κάνει, και επέλεξε να περιμένει. Η επιλογή αυτή αποδείχτηκε λανθασμένη, δεδομένου ότι στο μεταξύ, ο Townes και ο Schawlow είχαν ήδη κινητοποιηθεί έντονα. έκαναν αίτηση για δική

τους πατέντα το καλοκαίρι του 1958. Έγραψαν επίσης μία μελέτη στην οποία εξηγούσαν τις ιδέες τους και η οποία δημοσιεύτηκε σε διάσημο επιστημονικό περιοδικό. Ο Gould δεν είχε δημοσιεύσει μελέτη του. Και όταν τελικά έκανε αίτηση για πατέντα, είχε περάσει σχεδόν ένας χρόνος από την περίοδο που οι Townes και Schawlow είχαν διασφαλίσει τη δική τους. Επομένως, κανείς δεν πίστεψε αργότερα τον Gould στους ισχυρισμούς του ότι ήταν αυτός που είχε την πατρότητα της ιδέας του λέιζερ.

Κατασκευάζοντας το πρώτο λέιζερ

Μέχρι το 1960 πολλοί επιστήμονες, συμπεριλαμβανομένων των Townes και Schawlow, Basov και Prokhorov, και του Gould, είχαν ζητήσει διπλώματα ευρεσιτεχνίας λέιζερ. Επιπλέον, η μελέτη που δημοσίευσαν οι Townes και Schawlow είχε προκαλέσει το έντονο ενδιαφέρον της Αμερικανικής επιστημονικής κοινότητας. Οι ερευνητές στα εργαστήρια όλης της χώρας μπόκαν στη διαδικασία να κατασκευάσουν το αντίστοιχο λειτουργικό πρότυπο. Η πρώτη επιτυχής συσκευή εμφανίστηκε στις 7 Ιουλίου 1960, από έναν μέχρι τότε άγνωστο ερευνητή που εργαζόταν μόνος του: ο Theodore H. Maiman της επιχείρησης αεροσκαφών Hughes στο Μαλιμπού, στην Καλιφόρνια.

Το λέιζερ του Maiman ήταν μικρό (μήκους μόνο μερικών ιντσών) και όχι ιδιαίτερα περίπλοκο. Ο πυρήνας της συσκευής αποτελούνταν από ένα τεχνητό κρύσταλλο Ρουβιδίου μήκους μιάμισης ίντσας περίπου, κι έτσι ο Maiman αποκάλεσε την εφεύρεσή του «λέιζερ Ρουβιδίου.» Το Ρουβίδιο ενεργούσε ως ενεγό μέσο, το οποίο ήταν η ουσία τα άτομα ή τα μόρια της οποίας διεγείρονταν σε μια ανώτερη ενεργειακή στάθμη. (Στο μέιζερ του Townes το μέσο ήταν το αέριο αμμωνίας.)

Ο Maiman ήξερε ότι τα άτομα μέσα στο Ρουβίδιο έπρεπε με κάποιο τρόπο να διεγερθούν. Στο μέιζερ, η μέθοδος διέγερσης ήταν η θερμότητα, αλλά η θέρμανση ενός κρυστάλλου Ρουβιδίου θα εγκυμονούσε τον κίνδυνο του ραγίσματος του κρυστάλλου. Αναζητώντας μια εναλλακτική μέθοδο, ο Maiman πρόσεξε ότι το φως περνά μέσω ενός ρουβιδίου, και αναρωτήθηκε εάν το ίδιο συνηθισμένο φως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως συσκευή διέγερσης. Ο Maiman εξόπλισε έναν ισχυρό λαμπτήρα έτσι ώστε να μπορεί να περάσει μέσα από έναν γυάλινο σωλήνα. Ο σωλήνας πήρε τη μορφή σπείρας, κινούμενος αρκετές φορές γύρω από το ρουβίδιο. Όταν ο λαμπτήρας έλαμψε, τα φωτόνια διέγειραν τα άτομα του ρουβιδίου, και αυτά τα διεγερμένα άτομα υποκινήθηκαν και εξέπεμψαν τα φωτόνια τους.

Ο Maiman είχε ολοκληρώσει το πρώτο βήμα στη διαδικασία της εκπομπής. Είχε διεγείρει τα άτομα στο μέσο ώστε να παράξει φωτόνια. Για να ενισχύσει, όμως το φως, έπρεπε να αυξήσει πολύ τον αριθμό της παραγωγής φωτονίων. Στο μέιζερ, η ενίσχυση είχε εμφανιστεί μέσα στην κοιλότητα συντονισμού όπου τα σωματίδια ταλαντευόντουσαν από την μία πλευρά στην

άλλη. Στο λέιζερ του Maiman, το ίδιο το ρουβίδιο λειτούργησε ως αντηχείο επειδή περιείχε τα διεγερμένα άτομα. Εντούτοις, δεν υπήρχε τίποτα στο ρουβίδιο για τα φωτόνια για να ανακλάσει. Επιπλέον, το ρουβίδιο ήταν σχεδόν διαφανές. Τα φωτόνια που θα παράγονταν, απλά θα το διαπερνούσαν και θα χάνονταν. Ο Maiman έπρεπε να βρει τρόπο να κάνει τα φωτόνια να ανακλώνται καθώς επίσης και να εμποδίσει την φυγή τους. Τα κατόρθωσε και τα δύο με έναν πολύ απλό τρόπο: Δεδομένου ότι το ρουβίδιο είχε σχήμα κυλίνδρου, ο Maiman επιστρώσε κάθε πλευρά του ρουβιδίου με ασήμι. Τα άκρα του κρυστάλλου μετατράπηκαν έτσι σε κάτοπτρα με κατεύθυνση προς το κέντρο του ρουβιδίου. Επειδή τα κάτοπτρα αυτά αντικατόπτριζαν ο ένας τον άλλον, τα φωτόνια ανακλόντουσαν μπρος πίσω διαμέσου του ρουβιδίου πολλές φορές.

Το λέιζερ ρουβιδίου

Το λέιζερ ρουβιδίου λειτουργεί σαν ένα μείζερ. Αλλά αντί των μικροκυμάτων, παράγει μια έντονη ακτινοβολία ορατού φωτός. Αυτή εμφανίζεται όταν «διεγείρονται» τα μόρια του τεχνητού ρουβιδίου από ένα παλμό συμβατικού φωτός που προέρχεται από τον σωλήνα που περιβάλλει τον κρύσταλλο του ρουβιδίου. Τα «διεγερμένα» μόρια αρχίζουν να εκπέμπουν τα φωτόνια του ορατού φωτός. Τα φωτόνια αντανακλώνται στους καθρέφτες που βρίσκονται και στις δύο άκρες του ρουβιδίου. Τα αντανακλώμενα φωτόνια συνεχίζουν να διεγείρουν όλο και περισσότερο τα μόρια, παράγοντας με τη σειρά τους όλο και περισσότερο φωτόνια. Αυτή η παραγωγή των φωτονίων ενισχύει το φως μέσα στον κρύσταλλο του ρουβιδίου. Το κάτοπτρο από την μία πλευρά του ρουβιδίου είναι μόνο μερικώς ανακλαστικό, έτσι ώστε λίγο από το φως να τον διαπερνά. Αυτό το φως είναι η ακτίνα λέιζερ, ή ακτίνα του εξαναγκασμένα ενισχυμένου φωτός

Το επόμενο πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Maiman ήταν πώς να επιτρέψει στην ακτίνα του ενισχυμένου φωτός να περάσει μέσα από τους καθρέφτες και να διαφύγει. Η λύση που έδωσε ήταν να κάνει το επίστρωμα του ασημιού στην μία πλευρά του ρουμπινιού πολύ λεπτό, έτσι ώστε να γίνει επί μέρους καθρέφτης, ώστε να αντανακλώνται μερικά φωτόνια πίσω στο ρουμπίνι επιτρέποντας σε άλλα να δραπετεύσουν. Αυτά που διέφυγαν έγιναν η πραγματική ακτίνα λέιζερ. Προς ευχαρίστηση του Maiman, η ακτίνα με περίεργο βαθύ κόκκινο φως εκτοξεύθηκε από το λέιζερ και καταχωρήθηκε σε έναν κοντινό ανιχνευτή. Όπως και στο μείζερ, ολόκληρη η διαδικασία ήταν εξαιρετικά γρήγορη - διήρκεσε μόνο μερικά εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου.

Μια νέα εποχή αρχίζει

Ο Maiman ζήτησε αμέσως από ένα επιστημονικό περιοδικό να δημοσιεύσει τα αποτελέσματα του πειράματός του. Οι συντάκτες όμως του

περιοδικού δεν αντιλήφθηκαν την βαρύτητα της έρευνάς του και αρνήθηκαν να τη δημοσιεύσουν. Έτσι ο Maiman προσέγγισε τους συντάκτες του βρετανικού περιοδικού, *Nature*, και συμφώνησαν να δημοσιευτεί το τριακοσίων λέξεων άρθρο του. Όπως ήταν αναμενόμενο, η δημοσίευση ενθουσίασε τους επιστήμονες σε όλο τον κόσμο, και δεκάδες εργαστήρια άρχισαν να κατασκευάζουν τις συσκευές λέιζερ, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή στην επιστήμη.

Οι ερευνητές γρήγορα συνειδητοποίησαν ότι και άλλα υλικά εκτός από το ρουβίδιο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα λέιζερ. Το πρώτο λέιζερ αερίου χρησιμοποίησε ένα μίγμα αερίων ηλίου και νέου. Χρησιμοποίησε επίσης και πολλούς άλλους τύπους ουσιών, συμπεριλαμβανομένων και των κρυστάλλων, του αερίου διοξειδίου του άνθρακα, του ατμοποιημένου μετάλλου, και ακόμη και των χρωματισμένων χρωστικών ουσιών οι οποίες έγιναν μέσα του λέιζερ. Δεδομένου ότι περισσότεροι και διαφορετικοί τύποι λέιζερ αναπτύχθηκαν, οι επιστήμονες άρχισαν να σκέφτονται περιπτώσεις στις οποίες θα μπορούσαν να τα εφαρμόσουν. Οι άνθρωποι των επικοινωνιών, της βιομηχανίας, των ιατρικών εργαστηρίων, και του στρατού επεδίωξαν να χρησιμοποιήσουν προς όφελος τους το νέο τύπο φωτός. Οι αστρονόμοι θέλησαν να το χρησιμοποιήσουν για τη μελέτη του ήλιου και των άστρων. Οι μηχανικοί για να κόψουν και να ενώσουν μέρη μετάλλων. Οι γιατροί είδαν τις αρετές του σε οφθαλμολογικές και ογκολογικές επεμβάσεις (στην καυτηρίαση των όγκων). Οι στρατιωτικοί ηγέτες ήλπιζαν να εξελιχθεί σε ακτίνα θανάτου, αφού ίσως τους έδινε τη δυνατότητα να καταρρίπτουν τα εχθρικά αεροπλάνα και ούτω καθεξής.

Το λέιζερ υποσχόταν επίσης να προσδώσει στον εφευρέτη του γόητρο και χρήματα. Το πρόβλημα ήταν ότι αρκετοί ερευνητές είχαν ανακαλύψει την ιδέα την ίδια περίπου χρονική περίοδο. Αυτό δημιούργησε πρόβλημα στο γραφείο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ, που όφειλε να αποφασίσει ποιος ήταν ο πραγματικός εφευρέτης. Εν τέλει, οι Townes και Schawlow έλαβαν τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για τη βασική αρχή λέιζερ, και ο Maiman έλαβε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το λέιζερ ρουβιδίου. Εντούτοις, επειδή η αίτησή του υποβλήθηκε εξαιρετικά αργά, ο Gould δεν έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Για το λόγο αυτό, πήγε την υπόθεση στο δικαστήριο. Η νομική διαμάχη διήρκεσε χρόνια.



Ο Δρ. Gordon Gould, που έπλασε τον όρο λέιζερ στη δεκαετία του '50, πάλεψε για την αναγνώρισή του ως έναν από τους εφευρέτες της συσκευής.

Ο Gould είχε επιπλέον λόγους να είναι ενοχλημένος. Το 1964 το διάσημο βραβείο Νόμπελ για τη φυσική απονεμήθηκε σε αυτούς που είχαν δημιουργήσει τα αυθεντικά σχέδια για τα λέιζερ. Τρία άτομα μοιράστηκαν το βραβείο: ο Townes και οι δύο σοβιετικοί επιστήμονες, ο Basov και ο Prokhorov. Για μία ακόμη φορά, ο Gould είχε εξαιρεθεί. Και για μία ακόμη φορά, αρνήθηκε να σταματήσει. Αν και έπρεπε να δανειστεί μεγάλα χρηματικά ποσά για να συνεχίσει την νομική διαμάχη, τελικά δικαιώθηκε. Το 1977 και το 1979, ο Gould έλαβε διπλώματα ευρεσιτεχνίας για δύο μικρά μέρη της διαδικασίας του λέιζερ. Τελικά το 1988, το γραφείο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, του χορήγησε το κατεξοχήν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το οποίο είχε υποβάλει αίτηση το 1959. Και έτσι, μαζί με τους Townes, Schawlow, Maiman, Basov, και Prokhorov, ο Gould αναγνωρίστηκε επιτέλους ως ένας από τους πατέρες του λέιζερ.

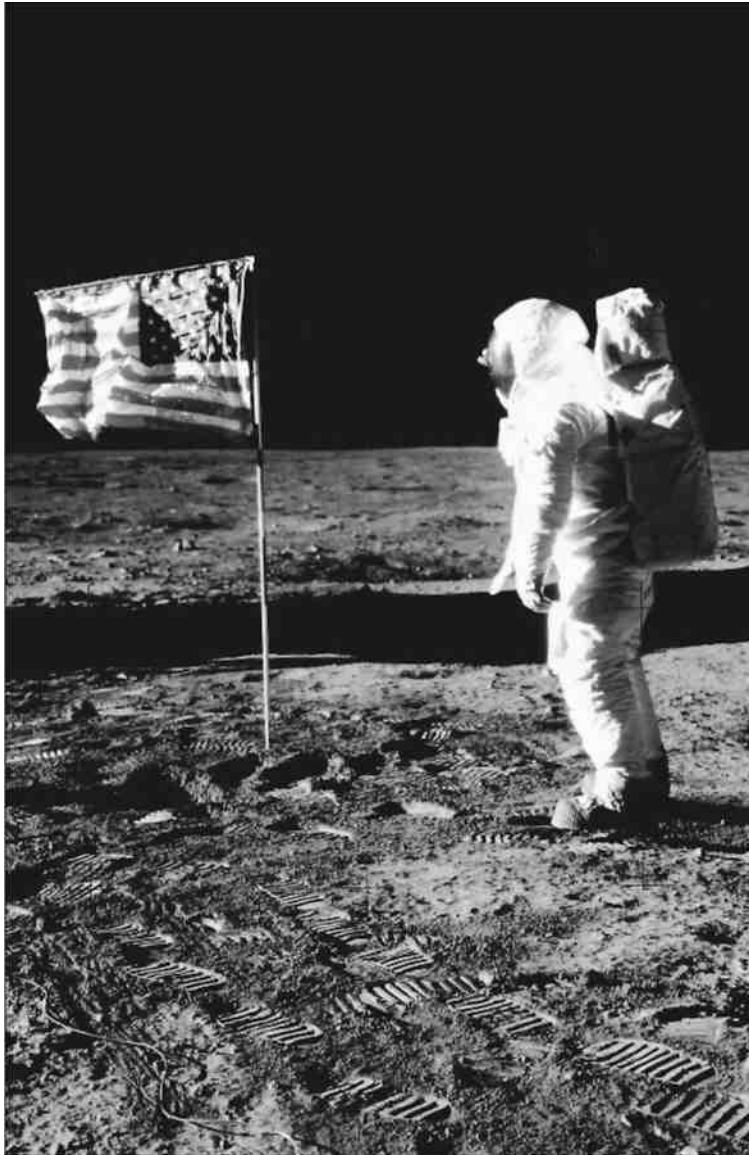
Κεφάλαιο 2

Το λέιζερ στην επιστήμη και τη βιομηχανία

Στις μέρες μας, οι επιστήμονες, οι τεχνικοί εργαστηρίων, οι μηχανικοί, και οι τεχνικοί που απασχολούνται στην βιομηχανία χρησιμοποιούν συχνά το λέιζερ για να διεκπεραιώσουν ένα ευρύ φάσμα σημαντικών εργασιών. Με τα λέιζερ μετρούν αποστάσεις, κοντινές και μακρινές, δίνοντας έτσι στους αστρονόμους, τους γεωγράφους, και τους επιθεωρητές πολύ πιο αξιόπιστα δεδομένα απ' ό, τι πριν την ανακάλυψή τους. Χρησιμοποιούν επίσης τα λέιζερ για να τρυπούν, να ενώνουν, να κόβουν, και να σημαδεύουν όλα τα είδη των υλικών με τρυπάνι. Επιπρόσθετα, μελετούν μικροσκοπικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων των μορίων. Τέλος, χρησιμοποιούν τα λέιζερ ακόμη και για εξάρθρωση εγκλημάτων.

Αστρονομία, γεωγραφία, και έρευνα

Μια από τις σημαντικότερες επιστημονικές χρήσεις για τα λέιζερ είναι αυτή ενός προηγμένου εργαλείου μέτρησης. Η δυνατότητα αυτών των συσκευών να δίνουν με ακρίβεια δεδομένα που αφορούν πολύ μεγάλες αποστάσεις παρουσιάστηκε το 1969 όταν οι αστροναύτες του «Απόλλων 11» έγιναν οι πρώτοι άνθρωποι που πάτησαν στο φεγγάρι. Πριν την επιστροφή τους, άφησαν πίσω έναν καθρέφτη με περίεργη όψη. Όχι πολύ αργότερα, οι επιστήμονες στη Γη υποστήριξαν ότι ο παράξενος αυτός καθρέφτης τούς είχε αποκαλύψει την απόσταση από τη Γη στο φεγγάρι, ένας αριθμός με ακρίβεια όσο το μήκος ενός ανθρώπινου δαχτύλου. Αυτός ο σεληνιακός καθρέφτης δεν ήταν ούτε γόνος μυστηρίου ούτε μαγικός, όπως θα είχε φανεί σε πολλούς ανθρώπους κάποια χρόνια πριν. Στην πραγματικότητα, οι επιστήμονες της NASA είχαν υποδείξει στους αστροναύτες ακριβώς πώς να τοποθετήσουν τον καθρέφτη, σαν να ήταν μέρος του σχεδίου υπολογισμού με ακτίνα λέιζερ της απόστασης που χωρίζει τη Γη από τη σελήνη.



Ο Αμερικανός αστροναύτης Aldrin Buzz στέκεται στην επιφάνεια του φεγγαριού. Εκεί, οι αστροναύτες τοποθέτησαν έναν ειδικό καθρέφτη με σκοπό την αντανάκλαση μιας ακτίνας λέιζερ από τη γη.

Στην προ λέιζερ εποχή, οι επιστήμονες είχαν ήδη μια αρκετά καλή ιδέα για το πόσο μακριά είναι η σελήνη. Αλλά το «αρκετά καλή» δεν αρκεί στην επιστήμη. Οι επιστήμονες θέλουν όσο το δυνατόν ακριβέστερες μετρήσεις, και η αναπήδηση μιας ακτίνας λέιζερ από τον καθρέφτη υποσχόταν να τους δώσει πολύ πιο ακριβή δεδομένα απ' ό, τι αυτά του παρελθόντος. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ο απλός τύπος:

$$r' \quad t = D$$

(το ποσοστό πολλαπλασιασμένο με το χρόνο είναι ίσο με την απόσταση)

Οι επιστήμονες γνώριζαν ήδη την ταχύτητα του φωτός, επομένως γνώριζαν επίσης και το ρυθμό του ταξιδιού. Όταν η ακτίνα αναπήδησε από τον καθρέφτη, επέστρεψε στη Γη και καταχωρήθηκε στους πρόσθετους αισθητήρες.

Οι αισθητήρες κατέγραψαν τον χρόνο που χρειάστηκε για το ταξίδι, και επομένως οι επιστήμονες υπολόγισαν τον παράγοντα χρόνο στην εξίσωση. Κάνοντας έναν απλό πολλαπλασιασμό, είχαν τελικά την ακριβέστερη μέτρηση της απόστασης Γης-σελήνης. Η γνώση αυτή τούς επέτρεψε να μάθουν πολλά για τη σχέση μεταξύ της Γης και του φυσικού της δορυφόρου. Για παράδειγμα, οι ερευνητές επαναλαμβάνουν αυτό το πείραμα του καθρέφτη λέιζερ κάθε χρόνο από το 1969. Με τα πειράματα αυτά έχουν διαπιστώσει ότι το φεγγάρι απομακρύνεται από τη Γη κατά μιάμιση ίντσα (τέσσερα εκατοστόμετρα) κάθε χρόνο.

Ο υπολογισμός της απόστασης με τη βοήθεια των λέιζερ και των καθρεφτών λειτουργεί εξίσου καλά τόσο στη Γη όσο και στο διάστημα. Καθημερινά, οι ερευνητές χρησιμοποιούν τα λέιζερ για να μετρήσουν τις αποστάσεις μεταξύ σπιτιών, δρόμων, και βουνών. Μια συσκευή αποκαλούμενη *αποστασιόμετρο* χρησιμοποιεί την ίδια αρχή με τον σεληνιακό καθρέφτη. Ο ερευνητής ρίχνει μια ακτίνα λέιζερ σε έναν αντανάκλαστικό στόχο και η ακτίνα αναπηδά πίσω προς την πλευρά του αποστασιόμετρου, το οποίο καταγράφει το χρόνο της μετεπιστροφής και χρησιμοποιεί αυτόν τον αριθμό για να υπολογίσει την ακριβή απόσταση προς τον στόχο. Η μέθοδος αυτή είναι πιο ακριβής και πολύ γρηγορότερη από τις παλαιότερες μεθόδους έρευνας, οι οποίες απαιτούσαν πολλούς υπολογισμούς με τους πόλους και τα τηλεσκόπια που έπρεπε να παραταχθούν το ένα με το άλλο. Η ανέγερση ουρανοξυστών, το άνοιγμα σηράγγων και καναλιών, η τοποθέτηση σωληνώσεων, η διάτρηση φρεατίων, η λείανση καλλιεργήσιμου εδάφους (το έδαφος γίνεται πιο επίπεδο ώστε να είναι ευκολότερα εκμεταλλεύσιμο) είναι μερικά μόνο από τις πολλές εργασίες που διεκπεραιώνονται ευκολότερα με τις ακριβείς μετρήσεις του λέιζερ. Επίσης, τέτοιες μετρήσεις έχουν οδηγήσει σε ακριβείς και αξιόπιστους χάρτες. Κάνοντας χρήση λέιζερ, οι χαρτογράφοι έχουν χαρτογραφήσει σχεδόν κάθε τετραγωνικό μίλι της επιφάνειας της Γης.

Μέτρηση των αποστάσεων με τα λέιζερ

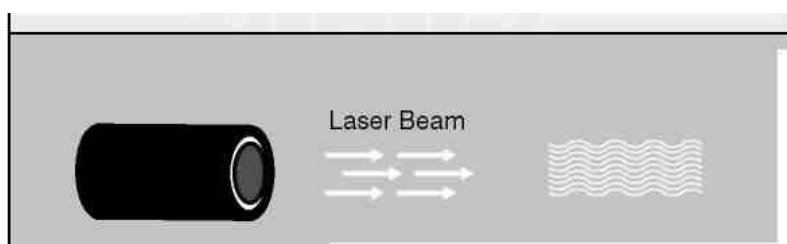
Τα λέιζερ μπορούν να μετρήσουν τις τεράστιες αποστάσεις με μεγάλη ακρίβεια. Μια ακτίνα λέιζερ ταξιδεύει με σταθερή ταχύτητα (την ταχύτητα του φωτός). Ο χρόνος που χρειάζεται μια ακτίνα λέιζερ από την πηγή, να ανακλαστεί από ένα αντικείμενο και να επιστρέψει πίσω στην πηγή θα αποκαλύψει την ακριβή απόσταση μεταξύ της πηγής και του αντικειμένου

Η τεχνολογία των εργαλειοθηκών λέιζερ

Τέτοια ακριβής μέτρηση είναι ακριβώς μια από διάφορες εργασίες που, πριν από την εμφάνιση των λέιζερ, συνδέθηκαν με αυτό που οι μηχανικοί και άλλοι κάλεσαν τεχνολογία «εργαλειοθηκών». Κάθε εργαλειοθήκη έχει τη βαθμολογημένη ράβδο γιάρδας, χάρακα, ή μεζούρα. Έχει επίσης ένα τρυπάνι για να ανοίγει τρύπες και ένα σιδηροπρίονο για να κόβει το μέταλλο. Οι μεγαλύτερες εργαλειοθήκες περιλαμβάνουν εξοπλισμό συγκόλλησης για να ενώνουν τα κομμάτια του μετάλλου. Τα λέιζερ έχουν πλέον αντικαταστήσει τη βαθμολογημένη ράβδο στη μέτρηση. Έχουν επίσης αντικαταστήσει το τρυπάνι, το πρίονι, και τον οξυγονοκολλητή. Η εποχή των εργαλειοθηκών του λέιζερ έχει φθάσει.

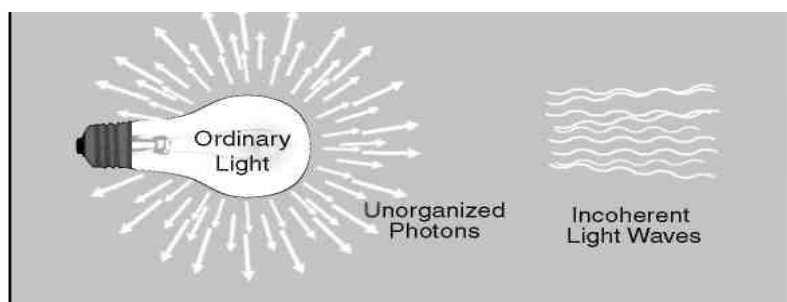
Ιδιότητες του φωτός λέιζερ

Τα φωτόνια του φωτός λέιζερ είναι παράλληλα. Με άλλα λόγια, όλα ταξιδεύουν από το λέιζερ στην ίδια κατεύθυνση. Το φως λέιζερ είναι επίσης συνδεδεμένα, σημαίνοντας ότι όλα τα κύματα σε μια ακτίνα λέιζερ έχουν το ίδιο σχέδιο κυμάτων. Αυτές οι ιδιότητες του κάνουν το φως λέιζερ εντονότερο από το κοινό φως και του επιτρέπουν να διανύει μεγάλες αποστάσεις. Τα κοινά κύματα του φωτός διασκορπίζονται σε όλες τις κατευθύνσεις από την πηγή τους. Επίσης, μια συνηθισμένη ακτίνα του φωτός είναι ασυνάρτητη, σημαίνοντας ότι περιέχει τα κύματα πολλών διαφορετικών σχεδίων, που έχουν την τάση να παρεμποδίσουν το ένα το άλλο.



Παράλληλα
Φωτόνια

Σύμφωνα
Κύματα Φωτός



Τα λέιζερ εκτελούν μερικές εργασίες καλύτερα και γρηγορότερα από κάποια μηχανολογικά εργαλεία λόγω ορισμένων ασυνήθιστων ιδιοτήτων του ίδιου του φωτός λέιζερ. Σε πρώτο επίπεδο, το φως του λέιζερ είναι εξαιρετικά φωτεινό, τόσο που οι χειριστές λέιζερ φορούν πάντα προστατευτικά γυαλιά. Το φως είναι τόσο έντονο επειδή η ενέργειά του είναι πολύ συγκεντρωμένη: υπάρχει μεγάλος αριθμός φωτονίων σε μια σχετικά μικρή δέσμη.

Το φως λέιζερ είναι επίσης εξαιρετικά κατευθυντικό, ή ευθυγραμμισμένο. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα φωτόνια ταξιδεύουν προς την ίδια κατεύθυνση. Περισσότερο τείνουν να μείνουν μαζί παρά χώρια, όπως τα φωτόνια στο συμβατικό φως. Όσο πιο μακριά ταξιδεύει μια ακτίνα του συμβατικού φωτός, τόσο περισσότερο απλώνεται και αποδυναμώνεται. Αντιθέτως, το ευθυγραμμισμένο φως του λέιζερ μπορεί να καλύψει μια μεγάλη απόσταση χωρίς να χάσει πάρα πολύ ενέργεια και φωτεινότητά. Το συμβατικό φως δεν θα μπορούσε να προκαλέσει αντανάκλαση στον σεληνιακό καθρέφτη και να επιστρέψει πίσω. Τουναντίον, το φως του λέιζερ μπορεί να το κάνει αρκετά εύκολα.

Υπάρχει μια πιο σημαντική ιδιότητα του φωτός λέιζερ. Είναι σύμφωνο. Αυτό σημαίνει ότι τα κύματα του φωτός παρατάσσονται το ένα δίπλα στο άλλο και κινούνται βρισκόμενα σε φάση, σχεδόν όπως ένα σύνταγμα στρατιωτών που βαδίζουν σε μια παρέλαση. Σε αντίθεση, το συμβατικό φως δεν είναι σύμφωνο. Τα κύματά του χάνουν την φάση τους καθώς κινούνται εμπρός, όπως το πλήθος των ανθρώπων που παρακολουθούν την παρέλαση. Επομένως, το φως του λέιζερ είναι εντελώς ιδιαίτερο. Είναι εστιασμένο, κατευθυντικό, και σύμφωνο.

Αυτές οι τρεις ιδιότητες σε συνδυασμό καθιστούν το λέιζερ ένα εξαιρετικά ισχυρό και χρήσιμο εργαλείο όσον αφορά την επεξεργασία υλικών, στον βιομηχανικό χειρισμό μετάλλων, πλαστικών, ξυλείας, κεραμικής, υφάσματος, και άλλων υλικών για την παραγωγή μίας ευρείας ποικιλίας προϊόντων. Ο Breck Hitz, ένας εμπειρογνώμονας στα βιομηχανικά λέιζερ, υποστηρίζει:

«Τα λέιζερ χρησιμοποιούνται για να κόψουν, να τρυπήσουν, να ενώσουν, να επεξεργαστούν με θερμότητα, και να τρυπήσουν τόσο τα μέταλλα όσο και τα μη μεταλλικά υλικά με τρυπάνι. Τα λέιζερ μπορούν να κάνουν μικροσκοπικές τρύπες στις λεπίδες στροβίλων με τρυπάνι γρηγορότερα και οικονομικότερα από τα μηχανικά τρυπάνια. Τα λέιζερ έχουν διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα τεχνικά συμβατικά υλικά. Αρχικά, αντίθετα από τις λεπίδες του πριονιού ή οι λεπίδες μαχαιριών, το λέιζερ δεν γίνεται ποτέ θαμπό. Στη συνέχεια, εφαρμόζει τις περικοπές με την καλύτερη ποιότητα ακρών από τους περισσότερους μηχανικούς κόπτες. Οι άκρες της περικοπής μερών μετάλλων από ένα λέιζερ πρέπει σπάνια να αρχαιοθετηθούν ή να γυαλιστούν επειδή το λέιζερ είθισται να κάνει καθαρές τομές»¹.

Η διάτρηση και το κάψιμο των τρυπών με το φως

Μία δέσμη λέιζερ υπερέχει ενός βιομηχανικού τρυπανιού επειδή μπορεί να εστιαστεί σε ένα μικροσκοπικό φωτεινό σημείο. Φυσικά, το συμβατικό φως μπορεί να εστιαστεί με παρόμοιο τρόπο. Για παράδειγμα, ένα μεγεθυντικό γυαλί κρατημένο ψηλά προς τον ήλιο θα συγκεντρώσει τις ακτίνες του ηλίου σε ένα μικροσκοπικό, πολύ φωτεινό σημείο, ένα σημείο που η θερμότητα είναι τόσο υψηλή που μπορεί να κάψει ένα φύλλο ή να αναφλέξει ένα κομμάτι χαρτιού.

Αν σκεφτούμε το ευθυγραμμισμένο φως του λέιζερ, το οποίο είναι εκατοντάδες φορές πιο κατευθυντικό από το συμβατικό φως. Μπορεί να εστιαστεί για να παράγει μια δέσμη φωτός, πολύ πιο καυτή από την επιφάνεια του Ήλιου, η οποία μπορεί να διεισδύσει μέσα σε μια παχιά μεταλλική ράβδο σε εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου.

Μια από τις σημαντικότερες χρήσεις του τρυπανιού λέιζερ στη βιομηχανία



Αυτοί οι μικροσκοπικοί κύβοι διαμαντιών που χρησιμοποιούνται στις τηλεφωνικές γραμμές έχουν τρυπηθεί με ακτίνες λέιζερ. Τέτοιες μικρές τρύπες δεν θα μπορούσαν να κοπούν στα διαμάντια χωρίς λέιζερ.

εντοπίζεται στην παραγωγή του καλωδίου από χαλκό. Το καλώδιο κατασκευάζεται από το ισχυρό μέταλλο χαλκού σε μια μικρή στρογγυλή τρύπα που ένα λέιζερ έχει τρυπήσει σε ένα διαμάντι. Το σκληρό διαμάντι ενεργεί όπως μια φόρμα, και ο πολύ μαλακότερος χαλκός συμπιέζει έξω το άλλο άκρο υπό τη μορφή καλωδίου. Η παλαιά μέθοδος σχηματισμού τρυπών στα βιομηχανικά διαμάντια με τρυπάνι ήταν πολύ χρονοβόρα και ακριβή. Δεδομένου ότι το μόνο φυσικό υλικό ήταν αρκετά σκληρό ώστε να κόψει μέσω ενός διαμαντιού ένα άλλο διαμάντι, οι εργαζόμενοι έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τα τρυπάνια διαμαντιών. Αλλά τα διαμάντια είναι ακριβά. Επιπλέον, η διαδικασία διάτρησης διαρκούσε αρκετές ώρες, επομένως ένας εργαζόμενος θα μπορούσε να ανοίξει μόνο δύο ή τρεις τρύπες σε μια εργάσιμη ημέρα με τρυπάνι. Αντίθετα, μία ακτίνα λέιζερ δημιουργεί τρύπες στα διαμάντια με την ταχύτητα του φωτός. Ένας εργαζόμενος που

χρησιμοποιεί ένα λέιζερ μπορεί να φτιάξει εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες τρύπες μέσα σε μια ώρα. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιείται για τη διάτρηση τρυπών σε άλλους πολύτιμους λίθους που χρησιμοποιούνται ως κινούμενα μέρη στα ρολόγια.

Παρόλο που ίσως μοιάζει παράδοξο, τα λέιζερ είναι επίσης αποτελεσματικά στο τρύπημα πολύ μαλακών υλικών. Μερικά από αυτά τα υλικά τεντώνονται εύκολα ή σχίζονται με τις συνηθισμένες μεθόδους. Ένα άριστο παράδειγμα είναι η κοινή θηλή των μπουκαλιών των μωρών. Μια ακτίνα λέιζερ καίει τέλεια γύρω από την τρύπα στην κορυφή της θηλής χωρίς να διαταράσσει το περιβάλλον λάστιχο. Ομοίως, τα λέιζερ χρησιμοποιούνται για να ανοίξουν μικροσκοπικές τρύπες στις μαλακές πλαστικές βαλβίδες των δοχείων ψεκασμού (όπως εκείνοι του ψεκασμού τρίχας ή του καθαριστή γυαλιού). Ένα τέτοιο λέιζερ μπορεί να τρυπήσει πάνω από χίλιες τρύπες βαλβίδων σε ένα λεπτό.

Η συγκόλληση και η κοπή με τα λέιζερ

Μια άλλη βιομηχανική εφαρμογή των λέιζερ είναι η συγκόλληση. Το πλεονέκτημα του λέιζερ πέρα από τις κανονικές μεθόδους συγκόλλησης είναι παρόμοιο με το πλεονέκτημά του και σε άλλους τομείς της βιομηχανίας. Το λέιζερ είναι πιο καυτό, πιο γρήγορο, πιο ακριβές και πιο ασφαλές επειδή ο οξυγονοκολλητής δεν χρειάζεται να πλησιάζει κοντά στο καυτό μέταλλο.

Η συγκόλληση με λέιζερ εφαρμόζεται τόσο σε μεγάλη όσο και μικρή κλίμακα. Στη μεγάλη κλίμακα, το ναυτικό των Η.Π.Α. χρησιμοποιεί το λέιζερ για να συγκολλήσει τεράστια μέρη μετάλλων στη ναυπηγική. Οι εμπειρογνώμονες υπολογίζουν ότι εκατομμύρια δολάρια εξοικονομούνται χάρη στη συγκολλητική διαδικασία και ακόμη περισσότερα στη μειωμένη ανάγκη για επισκευές στο αμέσως επόμενο στάδιο. Τέτοια κοινά αντικείμενα, όπως τα αυτοκινητικά βουλώματα σπινθήρων, οι φορητές μπαταρίες, και τα μεταλλικά σιδεράκια για τα δόντια συνήθως συγκολλούνται επίσης με δέσμες λέιζερ.

Σε μικρότερη κλίμακα, τα λέιζερ ενώνουν τα μέρη για τα μικροσκοπικά ηλεκτρικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές, τις αριθμομηχανές, και τα μικρά τηλεοπτικά σετ. Στο παρελθόν, η ένωση αυτών των μικρών μερών πετύχαινε με την συγκόλληση – τήξη μιας μεταλλικής ουσίας που ονομάστηκε ύλη συγκολλήσεως γύρω από τα μέρη ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη ηλεκτρική σύνδεση. Αλλά τα συγκολλητικά εργαλεία δεν μπορούν να κατασκευασθούν σε τόσο μικρές διαστάσεις για να ενώσουν τα πολύ μικροσκοπικά ηλεκτρικά μέρη που παράγονται στις μέρες μας. Επιπλέον, ο χειρισμός των μικρότερων διαθέσιμων συγκολλητικών εργαλείων αποτελεί μία πολύ σημαντική εργασία: παράγει απροσδόκητα αποτελέσματα, και μπορεί να βλάψει τα ευαίσθητα μέρη. Αντίθετα, τέτοιες μικροσκοπικές συγκολλήσεις, με ορισμένες από αυτές να είναι ακόμα πιο μικροσκοπικές, γίνονται εύκολα από την καυτή, λεπτή σαν ξυράφι δέσμη ενός λέιζερ διοξειδίου του άνθρακα.



Ένας τεχνικός χρησιμοποιεί λέιζερ για να κόψει τις τρύπες στο χάλυβα άνθρακα, μία από τις σκληρότερες τεχνητές ουσίες.

Κάθε καλή εργαλειοθήκη έχει ένα σιδηροπρίονο και ένα ψαλίδι: το πριόνι για να κόψει το μέταλλο, το ψαλίδι για να κόψει το ύφασμα. Η εργαλειοθήκη του λέιζερ μπορεί να κάνει και τις δύο εργασίες. Η παραγωγή των λεπίδων του πριονιού από μόνη της είναι ένα άριστο παράδειγμα της χρήσης λέιζερ στην κοπή μετάλλου. Οι παλαιές μέθοδοι της παραγωγής των λεπίδων περιέλαβαν πολλά βήματα, κάθε ένα από τα οποία απαιτούσε κάποιο πρόσωπο για να χειριστεί τις λεπίδες με τα χέρια του/της. Όπως είναι αναμενόμενο, οι τραυματισμοί ήταν κάτι το συνηθισμένο. Αντίθετα, ένα λέιζερ κόβει τη λεπίδα από το μέταλλο μόνο με ένα βήμα. Η ακτίνα και μόνον αυτή αγγίζει το μέταλλο. Επομένως, εφ' όσον ο χειριστής φοράει τα προστατευτικά γυαλιά, δεν υπάρχει καμία πιθανότητα τραυματισμού. Επιπλέον, οι αντανακλαστικές ουσίες όπως το γυαλί μπορούν να κοπούν από ένα λέιζερ εάν οι επιφάνειές τους είναι πρώτα επιστρωμένες με μια σκούρα ουσία. Με αυτόν τον τρόπο το φως του λέιζερ απορροφάται αντί να ανακλάται.

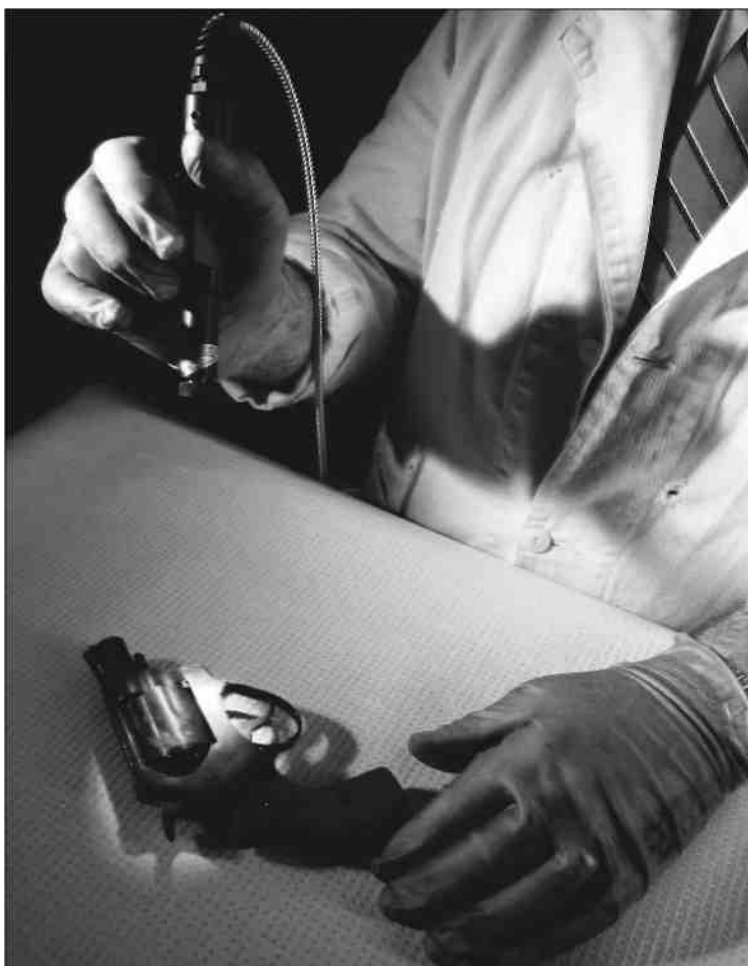
Ένα παράδειγμα της χρήσης του «ψαλιδιού λέιζερ» είναι η κοπή των σχεδίων για τα ενδύματα. Ένα σύστημα λέιζερ κοπής υφάσματος σχεδιάστηκε από την Hughes Aircraft, την επιχείρηση που προσέλαβε τον Theodore Maiman, εφευρέτη του λέιζερ Ρουβιδίου. Το προαναφερθέν σύστημα λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο: τα κομμάτια του υφάσματος σχεδιάζονται σε έναν μεγάλο πίνακα ενώ τα σχέδια εισάγονται σε έναν υπολογιστή, ο οποίος διαλέγει τον καλύτερο τρόπο για να αποτυπωθούν στο ύφασμα. Έπειτα, ο υπολογιστής κατευθύνει την δέσμη λέιζερ για να κόψει τα καθορισμένα σχέδια ακριβώς. Το ύφασμα για εκατοντάδες κοστούμια μπορεί να κοπεί σε μια ώρα, και ως επιπλέον πλεονέκτημα, η θερμότητα της δέσμης προφυλάσσει τις άκρες του υφάσματος από το ξέφτισμα.

Τέτοιου τύπου ψαλίδια λέιζερ μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε μικροσκοπικές διαστάσεις, όχι μόνο στη βιομηχανία αλλά και στη βιολογία. Οι επιστήμονες που μελετούν και προσπαθούν να χειριστούν εμφυτεύματα ή ζωικά κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια δέσμη λέιζερ για να κάνουν μικροσκοπικές αλλαγές σε τέτοια κύτταρα – κατά κάποιο τρόπο ασκούν μικροχειρουργική. Πρόσφατα πειράματα δείχνουν ότι η χρήση των λέιζερ μπορεί επίσης να εξαλείψει ένα σοβαρό εμπόδιο σε τέτοιο μικροσκοπικό χειρισμό, δηλαδή τη δυσκολία να διατηρηθεί ένα κύτταρο σε κατάλληλη θέση ενώ εργάζονται πάνω σε αυτό. Για να ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, τα ψαλίδια λέιζερ συνοδεύονται συχνά από τα «τσιμπιδάκια λέιζερ, όπως επεξηγεί ο υπότροφος του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια Michael Berns:

«Εκείνο το φως που μπορεί να θερμάνει ή να κάψει, να μετρήσει ή να βαθμονομήσει, έχει νόημα. Αλλά η ιδέα του φωτός που δημιουργεί μια δύναμη που μπορεί να κρατήσει και να κινήσει ένα αντικείμενο μπορεί να φανεί τόσο μη ρεαλιστική όσο μια ακτίνα τρακτέρ του Star Trek. Ήδη, το φως διαθέτει ορμή [μια δύναμη προστινής ώθησης] που μπορεί να μεταδοθεί σε έναν στόχο. Οι επακόλουθες [πολύ μικρές] δυνάμεις μειώνονται κάτω από την αισθητήρια συνειδητοποίησή μας όταν, παραδείγματος χάριν, μειώνεται το φως του ήλιου και ανεπαίσθητα ωθείται εναντίον μας. Αλλά αυτές οι δυνάμεις μπορούν να είναι αρκετά μεγάλες ώστε να επηρεάσουν τις βιολογικές διαδικασίες στο υπομοριακό επίπεδο, όπου οι μάζες των αντικειμένων είναι εξαιρετικά μικροσκοπικές. [...] Όταν η γεωμετρία της ρύθμισης των ακτινών φωτός και του στόχου είναι σωστή, η ορμή που μεταδίδεται στο στόχο, τον τραβά στην κατεύθυνση[...] της ακτίνας λέιζερ. Η ακτίνα μπορεί έτσι να κρατήσει τον στόχο στη θέση του. Με την κίνηση της ακτίνας, ο χειριστής λέιζερ μπορεί να μετακινεί το στόχο από μέρος σε μέρος»².

Πολεμώντας το κοινό έγκλημα με τα λέιζερ

Η εργαλειοθήκη λέιζερ μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθεί, μαζί με άλλα επιστημονικά εργαλεία όπως το τεστ DNA, για την πάταξη του κοινού εγκλήματος. Μια ακτίνα λέιζερ μπορεί να ανιχνεύσει ένα αυτοματοποιημένο αρχείο εκατομμυρίων δακτυλικών αποτυπωμάτων εγκληματιών για παράδειγμα, και σε μερικά δευτερόλεπτα να διαλέξει αυτό που ταιριάζει με ένα αποτύπωμα που βρίσκεται στον τόπο του εγκλήματος. Οι ακτίνες λέιζερ μπορούν επίσης να ανιχνεύσουν τα εξαιρετικά μικρά και πολύ παλαιά ίχνη διαπνοής και εκκρίσεων του ανθρώπινου σώματος. Στη δεκαετία του 1990 το FBI έκανε έρευνα γύρω από κάποιον που πίστευαν ότι ήταν πρώην γερμανός Ναζί κατά την διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Ο άνθρωπος αυτός αρνήθηκε την κατηγορία. Έπειτα, όμως το FBI ανακάλυψε μια ταχυδρομική κάρτα γραμμένη από τον Ναζί το 1942, και ένα λέιζερ ήταν σε θέση να βρει ίχνη των σωματικών υγρών του στην κάρτα: το δείγμα ήταν ίδιο με εκείνο του υπόπτου, ο οποίος κρίθηκε ένοχος και φυλακίστηκε.



Εκτός από το χαρακτηρισμό των πυροβόλων όπλων με τους μικροσκοπικούς αριθμούς ταυτότητας, τα λέιζερ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανιχνεύσουν τα δακτυλικά αποτυπώματα στα περιστροφικά και άλλα όπλα.

Ένα ακόμη παράδειγμα των λέιζερ που ενεργούν ως ιδιωτικοί αστυνομικοί έγκειται στο ότι μερικοί άνθρωποι ανακτούν τους κλεμμένους πολύτιμους λίθους χάρη σε ένα σύστημα αποκαλούμενο «ταυτοποίηση λέιζερ». Ένα χαρακτηριστικό σημάδι «ταυτότητας» χαράζεται στον πολύτιμο λίθο από ένα λέιζερ που δημιουργεί μια λεπτή και ακριβή δέσμη. Αυτή η δέσμη, που είναι τόσο μικροσκοπική που μπορεί να δημιουργήσει περισσότερες από διακόσιες τρύπες στο κεφάλι μιας καρφίτσας, χαράζει ή σχεδιάζει μικροσκοπικούς αριθμούς, λέξεις, ονόματα και διευθύνσεις ανθρώπων, ή ολόκληρα μηνύματα σε οποιοδήποτε υλικό, ανεξάρτητα από το πόσο ομαλή ή σκληρή επιφάνεια έχει. Αυτό περιλαμβάνει και πολύτιμους λίθους όπως τα σμαράγδια και τα διαμάντια. Το αποτέλεσμα είναι ένας χαρακτηρισμός ταυτότητας τόσο μικροσκοπικός που κανένας, συμπεριλαμβανομένου ενός κλέφτη, δεν μπορεί να ανιχνεύσει με γυμνό μάτι. Πολλά άλλα πολύτιμα αντικείμενα χαράσσονται πλέον με αυτόν τον τρόπο με ακτίνες λέιζερ.

Σχεδόν καθημερινά, διάφορες νέες χρήσεις ανακαλύπτονται για τις εργαλειοθήκες λέιζερ. Οι συσκευές είναι ακόμα κάπως ακριβές, και άρα δεν βρίσκονται ακόμα σε οικιακές εργαλειοθήκες. Παρ' όλα αυτά, αυτή η κατάσταση αναμένεται να αλλάξει. Δεδομένου ότι η έρευνα λέιζερ συνεχίζεται, θα βρεθεί τρόπος φθηνότερης και απλούστερης παραγωγής αυτών των εργαλείων. Στο άμεσο μέλλον ένα λέιζερ κρεμασμένο επάνω από τον πάγκο εργασίας στα υπόγεια των νοικοκυριών ίσως και να γίνει κοινός τόπος.

Κεφάλαιο 3

Λείζερ στην επικοινωνία και το μάρκετινγκ

Ακριβώς όπως όταν κάποιος μπορεί να διαβάσει και να γράψει θεωρείται εγγράμματος, αντίστοιχα και ένα λείζερ που μπορεί να διαβάσει και να γράψει μπορεί επίσης να θεωρηθεί “εγγράμματο”. Ένας τέτοιος άθλος είναι δυνατός λόγω της σύνδεσης του λείζερ και ενός άλλου σύγχρονου υπερεργαλείου: του υπολογιστή. Οι υπολογιστές είναι σε θέση να επεξεργαστούν χιλιάδες πληροφορίες γρηγορότερα από τα ανθρώπινα όντα. Για παράδειγμα, χιλιάδες χρόνια πριν, ένας επιστήμονας έπρεπε να κάνει όλες τις προσθέσεις και τους πολλαπλασιασμούς στο χέρι για να λύσει ένα πολύπλοκο μαθηματικό πρόβλημα,. Ένα και μόνο πρόβλημα έπαιρνε τρεις μήνες για να λυθεί. Οι σημερινοί υπερυπολογιστές μπορούν να δώσουν την απάντηση στο ίδιο πρόβλημα σε μόνο τρία δευτερόλεπτα. Επιπλέον, οι υπολογιστές επιτρέπουν την επίτευξη όλων των εργασιών που σχετίζονται με τον τομέα του μάρκετινγκ και των επικοινωνιών -από την έρευνα σε σουπερμάρκετ έως την ηλεκτρονική αποστολή εγγράφων και αρχείων μουσικής σε όλη τη χώρα- πολύ πιο γρήγορα και απλά απ' ό, τι με τα παραδοσιακά μέσα.

Εντούτοις, τόσο οι επιστήμονες όσο και οι καταναλωτές είχαν σημαντικό πρόβλημα με τους υπολογιστές. Για να τροφοδοτηθεί με νέες πληροφορίες ο υπολογιστής, ο χειριστής έπρεπε να πληκτρολογήσει τις λέξεις με ένα πληκτρολόγιο. Μόνο οι άνθρωποι μπορούν να δακτυλογραφήσουν τόσο γρήγορα. Υπήρχε ένα παρόμοιο πρόβλημα και σε άλλο σκέλος της υπολογιστικής διαδικασίας. Προκειμένου να είναι αναγνώσιμες οι πληροφορίες που προέρχονταν από τον υπολογιστή, ο ίδιος ο υπολογιστής έπρεπε να διαθέτει ένα πληκτρολόγιο. Ένας υπολογιστής μπορούσε να “γράψει” πολύ γρηγορότερα από ένα άτομο, αλλά η δακτυλογράφηση εξακολουθούσε να είναι μεγάλης διάρκειας. Έτσι παρόλο που ένας υπολογιστής θα μπορούσε να επεξεργαστεί πληροφορίες γρήγορα, σπαταλούνταν χρόνος κατά τα στάδια της εισαγωγής και της εξαγωγής της πληροφορίας.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας ανίχνευσης λείζερ έχει διευκολύνει κατά πολύ αυτό το πρόβλημα. Και η κοινωνία βρίσκεται στη μέση μιας πραγματικής επανάστασης στην προσπάθειά της να εξοικειώσει τους ανθρώπους με την τεχνολογία των λείζερ-υπολογιστών, η οποία αλλάζει τόσο τις επιχειρήσεις όσο και τα νοικοκυριά.

Ο ανιχνευτής λείζερ και οι εκτυπωτές

Ο ανιχνευτής λείζερ είναι μια περίπλοκη συσκευή. Αλλά η βασική αρχή της είναι αρκετά απλή. Στο σκέλος που αφορά στην εισαγωγή, μία μικροσκοπική ακτίνα λείζερ ανιχνεύει πέρα από μια σελίδα του κειμένου, έναν κώδικα φραγμών, μια φωτογραφία, ή

μια άλλη εικόνα που προορίζεται να σκαναριστεί. Καθώς κινείται, η ακτίνα ανακλάται προς έναν αισθητήρα που καταγράφει τα εναλλασσόμενα φόντα άσπρου και μαύρου ή των διάφορων χρωμάτων. Ένας υπολογιστής έχει προγραμματιστεί εκ των πρότερων να αναγνωρίζει αυτά τα σχέδια και τα μεταφράζει σε ηλεκτρικά σήματα.

Στο σκέλος που αφορά στην παραγωγή, όταν ο υπολογιστής έχει έτοιμη την πληροφορία ώστε να τυπωθεί, η ακτίνα λέιζερ επιταχύνει ακόμα μια φορά τη διαδικασία. Ο υπολογιστής «διατάζει» την ακτίνα λέιζερ να διαμορφώσει την έντασή του, δηλαδή να γίνει φωτεινότερη, πιο αμυδρή, κατόπιν φωτεινότερη, και ούτω καθεξής, όπως απαιτείται. Η διαμορφωμένη ακτίνα ανιχνεύεται τώρα πέρα από το φωτοευαίσθητο υλικό, συνήθως σε μια οθόνη τηλεοράσεως ή σε ένα φύλλο εγγράφου, όπως στην περίπτωση ενός εκτυπωτή λέιζερ. Η ακτίνα κυριολεκτικά «γράφει» τις πληροφορίες του υλικού (ή/και τις αποθηκεύει στη μνήμη του υπολογιστή). Ένας εκτυπωτής λέιζερ εκτυπώνει επίσης τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται μέσω ενός υπολογιστή από απευθείας σύνδεσή του με ιστοσελίδα.



Ένα άτομο ανιχνεύει το πρόσωπό του από μια ακτίνα λέιζερ (αριστερά). Μια τηλεοπτική φωτογραφική μηχανή ανιχνεύει την ακτίνα και την τροφοδοτεί σε έναν υπολογιστή, ο οποίος δημιουργεί ένα σχεδιάγραμμα για τη χρήση στα συστήματα αναγνώρισης προσώπου.

Αυτό και παρόμοια συστήματα υπολογιστών λέιζερ χρησιμοποιούνται καθημερινά για να κάνουν μεταφορές χρημάτων. Για παράδειγμα, σχεδόν ο καθένας λαμβάνει μηνιαίους λογαριασμούς (για το ηλεκτρικό, το αέριο, και τις πιστωτικές κάρτες) που έχουν τυπωθεί με λέιζερ, και η μεγάλη πλειοψηφία των ελέγχων μισθοδοτικών καταστάσεων είναι τυπωμένη με τον ίδιο τρόπο. Τέτοιοι εκτυπωτές λέιζερ εφοδιάζουν επίσης τους ανθρώπους με ειδήσεις και πληροφορίες. Όλες οι σημαντικές και ακόμη και οι περισσότερες μικρές τοπικές εφημερίδες χρησιμοποιούν τώρα τα λέιζερ για να φτιάξουν πινακίδες εκτύπωσης. Η ακτίνα λέιζερ χαράζει τις πληροφορίες για το φωτοευαίσθητο πιάτο με σχεδόν τον ίδιο τρόπο που γράφει σε μια οθόνη ή σε ένα χαρτί.

Το λέιζερ στο σούπερ μάρκετ

Η τεχνολογία ανίχνευσης λέιζερ έχει διευκολύνει πολλές παραδοσιακά επαγγέλματα. Το πιο τρανταχτό παράδειγμα είναι οι συσκευές σκαναρίσματος που συναντούμε στα σούπερ μάρκετ. Οι συσκευές αυτές, που κυκλοφόρησαν πρώτα σε μερικά καταστήματα στη δεκαετία του '70, διαβάζουν το bar code (διεθνής κώδικας προϊόντων, ή UPC) που εμφανίζεται σε όλες τις συσκευασίες τροφίμων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το Ινστιτούτο Υπεραγορών στην Ουάσιγκτον, εισήγαγε το bar code το 1973. Με αυτόν, ο υπάλληλος ελέγχων δεν χρειάζοταν πλέον να πιάσει τα κουμπιά για να πληκτρολογήσει την τιμή κάθε προϊόντος. Αυτό όχι μόνο διευκολύνει την εργασία του υπαλλήλου αλλά και μειώνει τις πιθανότητες λάθους. Μια δέσμη φωτός είναι πολύ λιγότερο πιθανό να κάνει λάθος απ'ό,τι κάποιος που είναι αφηρημένος, νευρικός, ή απλώς κουρασμένος. Επιπλέον, ο πελάτης περιμένει στην ουρά και φεύγει από το κατάστημα πολύ γρηγορότερα.

Το σύστημα ανάγνωσης bar code με λέιζερ που διαθέτουν τα σούπερ-μάρκετ λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο: Ένα κιβώτιο δώδεκα ουγγιών των Kellogg's Corn Flakes έχει ένα bar code του οποίου οι λωρίδες αντιπροσωπεύουν τους αριθμούς 381100. Όταν το κιβώτιο τραβιέται πέρα από τον ανιχνευτή, η δέσμη λέιζερ διαβάζει αυτές τις λωρίδες και αναμεταδίδει το μήνυμα στην τράπεζα μνήμης του υπολογιστή. Ο υπολογιστής γνωρίζει (επειδή έχει προγραμματιστεί γι' αυτό) ότι αυτές οι ιδιαίτερες λωρίδες αντιπροσωπεύουν τον αριθμό του προϊόντος 381100. Ο υπολογιστής επίσης ξέρει ότι το προϊόν 381100 είναι τα Kellogg's Corn Flakes, του μεγέθους των δώδεκα-ουγγιών. (Τα μικρότερα ή μεγαλύτερα κιβώτια του ίδιου προϊόντος έχουν παρόμοια αλλά επίσης μοναδικά bar code). Αφού αναγνωρίσει το προϊόν, ο υπολογιστής ανατρέχει στην τιμή, κάτι που επίσης είναι προγραμματισμένο από πριν. Έπειτα, το όνομα του προϊόντος και η τιμή εμφανίζονται στην οθόνη πάνω από το ταμείο. Ο συνολικός παρερχόμενος χρόνος από την ανίχνευση στην ανάγνωση στην οθόνη είναι ένα κλάσμα δευτερολέπτου. Όταν όλα τα προϊόντα του πελάτη ανιχνευθούν, η μηχανή προσθέτει όλες τις επιμέρους τιμές και το σύνολό τους εμφανίζεται στην οθόνη.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του συστήματος bar code είναι ότι βοηθά τα σούπερ μάρκετ με τα περιεχόμενα του καταλόγου. Για παράδειγμα, εάν υποτεθεί ότι υπάρχουν εκατό κιβώτια των νιφάδων καλαμποκιού στα ράφια όταν ανοίγει το κατάστημα, κάθε φορά που πωλείται ένα από αυτά, ο υπολογιστής το καταγράφει. Στο τέλος της ημέρας, ο διευθυντής καταστημάτων ελέγχει τα αρχεία. Εάν ο υπολογιστής δείχνει ότι ογδόντα επτά κιβώτια πωλήθηκαν εκείνη την ημέρα, ο διευθυντής ξέρει ότι το απόθεμα είναι μικρό και κάνει καινούργια παραγγελία άμεσα. Αυτό εξοικονομεί πολύ χρόνο στην καταμέτρηση δοχείων και κιβωτίων των εμπορευμάτων.

Οι ανιχνευτές λέιζερ των σούπερ-μάρκετ χρησιμοποιούν τις περισσότερες φορές λέιζερ ηλίου-νέου που εκπέμπει μια κόκκινη ακτίνα. Πολύ αξιόπιστο, είναι επίσης ένας από τους φθηνότερους τύπους λέιζερ. Αυτό είναι σημαντικό επειδή οι αλυσίδες σούπερ-μάρκετ αγοράζουν εκατοντάδες, συχνά και χιλιάδες συσκευές, χωρίς να μπορούν να αντέξουν οικονομικά τις ακριβότερες εκδόσεις. Η ακτίνα είναι αρκετά ισχυρή να διαβάσει τα bar code αλλά όχι τόσο φωτεινή ώστε να βλάψει τα μάτια κάποιου το

βλέμμα του οποίου θα πέσει επάνω της.

Γραφείο και λέιζερ

Τα bar code, που χρησιμοποιούνται επίσης σε περιοδικά, βιβλία, κάρτες, και στα περισσότερα καταναλωτικά αγαθά, δεν είναι τα μόνα πράγματα που μπορούν να διαβάσουν οι ακτίνες λέιζερ. Τα φωτοτυπικά, ή τα φαξ, χρησιμοποιούν ακτίνες λέιζερ για να διαβάσουν τα έγγραφα, τα οποία διαβιβάζονται έπειτα από το ένα γραφείο ή σπίτι στο άλλο. Αυτές οι τοποθεσίες μπορούν να είναι χιλιάδες μίλια μακριά η μία από την άλλη, και η μόνη προϋπόθεση που τίθεται είναι η κάθε μία τους να διαθέτει ένα μηχάνημα φαξ.

Πολλές μηχανές φαξ χρησιμοποιούν ένα λέιζερ ηλίου-νέου όμοιο με τον τύπο που χρησιμοποιούν τα σούπερ-μάρκετ. Η ακτίνα λέιζερ στο πρώτο γραφείο ανιχνεύει τη σελίδα που θα σταλεί (δηλ. το αρχικό έγγραφο). Οι εικόνες που περιλαμβάνει η ανακλώμενη δέσμη μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια και διαβιβάζονται μέσω καλωδίων ή κεραιών στο μηχάνημα του δεύτερου γραφείου. Εκεί η ενέργεια επανέρχεται στην μορφή εικόνων φωτός, και ένα λέιζερ αντιγράφει αυτές τις εικόνες επάνω σε μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια μετάλλων. Τέλος, οι πληροφορίες μεταφέρονται επάνω στο έγγραφο, και η διαδικασία ολοκληρώνεται. Η όλη διαδικασία διαρκεί περίπου δύο λεπτά ή λιγότερο.

Οι εκτυπωτές λέιζερ, που βρίσκονται σχεδόν σε κάθε γραφείο καθώς επίσης και στην πλειονότητα των νοικοκυριών, λειτουργούν όπως οι μηχανές φαξ λέιζερ. Οι εκτυπωτές χρησιμοποιούν επίσης δέσμες λέιζερ για να αντιγράψουν τις εικόνες στα φωτοευαίσθητα υλικά. Τέτοιοι εκτυπωτές έχουν φέρει επανάσταση στην αγορά εκτύπωσης και αντιγραφής κατά τις προηγούμενες τρεις δεκαετίες επειδή παράγουν πολλά αντίγραφα γρήγορα. Επίσης, τα αντίγραφα είναι ασυνήθιστα ευκρινή και καθαρά. Τέλος, διευκολύνουν ένα ευρύ φάσμα εργασιών εκτύπωσης σε ένα γραφείο ή ένα νοικοκυριό, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής διαφημιστικών φυλλαδίων, γαμήλιων ανακοινώσεων, εκθέσεων, ή ακόμη και ολόκληρων βιβλίων, καθώς επίσης και της εκτύπωσης διευθύνσεων σε φακέλους αλληλογραφίας.

Το φως που μιλά

Μια ιδιότητα του φωτός λέιζερ που το καθιστά ιδανικό για αυτά και άλλα είδη μεταφοράς πληροφορίας και επικοινωνίας είναι ότι μπορεί να μεταφέρει μεγάλο όγκο πληροφοριών. Ο όγκος πληροφοριών που μπορεί να μεταφέρει το φως εξαρτάται από τη συχνότητά του. Φανταστείτε ότι πηγαίνετε στην παραλία συνέχεια επί δύο μέρες. Την πρώτη ημέρα τα ωκεάνια κύματα είναι μεγάλης διάρκειας και σκληρά, το ύψος τους υπολογίζεται κατά μέσο όρο περίπου πενήντα πόδια το καθένα. Τη δεύτερη ημέρα η κατάσταση είναι πολύ διαφορετική, με τα κύματα να είναι τώρα πολύ πιο σύντομα και πιο ενεργητικά, το ύψος τους μόνο περίπου πέντε πόδια. Προφανώς υπάρχουν περισσότερα κύματα (δέκα φορές περισσότερα για την ακρίβεια) που «σκάνε» στην

παραλία ανά λεπτό τη δεύτερη ημέρα απ' ό,τι την πρώτη. Επειδή τα κύματα την δεύτερη ημέρα είναι συχνότερα, συμπεραίνουμε ότι έχουν υψηλότερη συχνότητα.

Τα κύματα των διαφορετικών τύπων ακτινοβολίας (ραδιόφωνο, μικροκύματα, ή φως, παραδείγματος χάριν) συμπεριφέρονται κάπως όπως τα ωκεάνια κύματα. Τα κύματα ακτινοβολίας χαμηλότερης συχνότητας είναι μεγάλης διάρκειας και οκνηρά. Τα κύματα υψηλότερης συχνότητας είναι σύντομα και ενεργητικά. Τα κύματα υψηλότερης συχνότητας είναι σύντομα και ενεργητικά. Το σημαντικό σημείο εδώ για τις επικοινωνίες είναι ότι όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσες περισσότερες πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν. Θεωρήστε ότι το τηλέφωνο διαβιβάζει την ανθρώπινη φωνή σε μια συχνότητα περίπου τριών χιλιάδων κυμάτων, ή κύκλων, ανά δευτερόλεπτο. Αυτός ηχεί όπως ένας μεγάλος αριθμός κυμάτων έως ότου συγκριθεί με ένα τηλεοπτικό σήμα. Η τηλεόραση μεταδίδει σε μια συχνότητα περίπου 108 εκατομμυρίων κύκλων ανά δευτερόλεπτο. Προφανώς πολύ περισσότερες πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν από ένα τηλεοπτικό σήμα απ' ό,τι από ένα τηλεφωνικό σήμα. Στην πραγματικότητα, γι' αυτό το τηλέφωνο μπορεί να μεταδώσει μόνο φωνή, ενώ η τηλεόραση μπορεί να μεταδώσει και φωνή και εικόνα.

Αλλά ακόμη και η συχνότητα των τηλεοπτικών σημάτων είναι μικρή έναντι των ακτινών φωτός. Ορατό φάσμα συχνοτήτων φωτός μεταξύ 400 τρισεκατομμυρίων κύκλων και 800 τρισεκατομμυρίων ανά δευτερόλεπτο. Αυτό σημαίνει ότι το φως έχει την ικανότητα να μεταφέρει περισσότερο από ένα εκατομμύριο φορές τόση πληροφορία όση μεταφέρει η τηλεόραση. Στις επικοινωνίες, ο όγκος πληροφοριών που ανταλλάσσεται είναι ο σημαντικότερος παράγοντας. Δεν προκαλεί απορία το γεγονός ότι το λέιζερ, που χρησιμοποιεί το φως για να διαβιβάσει πληροφορία, είναι τόσο επαναστατικό.

Συχνότητες κυμάτων

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίζονται σε ποικίλες συχνότητες, ή κύματα (κύκλοι), ανά δευτερόλεπτο. Όσο περισσότερα κύματα υπάρχουν ανά δευτερόλεπτο, τόσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, και τόσο περισσότερη πληροφορία μεταφέρεται από τα κύματα. Η συχνότητα των σημάτων της τηλεόρασης, παραδείγματος χάριν, είναι 108 εκατομμύριο κύκλοι ανά δευτερόλεπτο. Το ορατό φως έχει περίπου δέκα εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτήν συχνότητα. Το υπεριώδες φως, ανιχνεύσιμο από τις φωτογραφικές μηχανές ακτίνας X, έχει συχνότητα δέκα φορές μεγαλύτερη του ορατού φωτός.

Αποστολή των σημάτων μέσω αέρα και καλωδίων

Τέτοιες, βασισμένες σε λέιζερ, επικοινωνίες λειτουργούν με δύο βασικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει την άμεση μετάδοση μέσω της ατμόσφαιρας (ή μέσω του διαστήματος). Η ίδια αρχή που επέτρεψε την άμεση μετάδοση μιας ακτίνας

λείζερ σε έναν καθρέφτη στη σελήνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να επικοινωνήσει με αστροναύτες που βρίσκονται σε μια βάση στη σελήνη, παραδείγματος χάριν. Σε αυτήν την περίπτωση η ακτίνα θα μετέφερε τον όγκο των πληροφοριών και δεν θα επέστρεφε πίσω στη γη. Ένας δέκτης στη βάση θα απορροφούσε την ακτίνα και ένας υπολογιστής θα την αποκωδικοποιούσε.

Η ίδια διαδικασία είναι ήδη σε κοινή χρήση σε πολλές πόλεις σε όλο τον πλανήτη. Πολλές επιχειρήσεις έχουν οργανώσει τα συστήματά τους να εκπέμπουν παλμούς λέιζερ από κτίριο σε κτίριο. Μερικές υπηρεσίες πάρκων χρησιμοποιούν επίσης το σύστημα για να επικοινωνήσουν με τους δασοφύλακες που τοποθετούνται σε βάσεις που βρίσκονται σε απομακρυσμένα βουνά, όπου η εγκατάσταση τηλεφωνικών γραμμών θα μπορούσε να είναι πάρα πολύ ακριβή. Ο δασοφύλακας έχει ένα ραδιόφωνο, φυσικά, αλλά εάν οι πληροφορίες που πρέπει να σταλούν είναι μεγάλου όγκου, το λέιζερ είναι η καλύτερη επιλογή. Ένας δασοφύλακας στην κύρια έδρα στέλνει μια δέσμη επικοινωνιών σε έναν δέκτη στη βάση που βρίσκεται στο βουνό. Ένας μικρός υπολογιστής στη βάση αποκωδικοποιεί την δέσμη.

Δυστυχώς, το φως δεν ταξιδεύει καλά μέσω της ατμόσφαιρας. Τα μεμονωμένα μόρια του αέρα τείνουν να απορροφήσουν μερικά από τα φωτόνια καθώς ταξιδεύουν, έτσι όσο μακρύτερα πηγαίνει το φως τόσο πιο δυσδιάκριτο γίνεται. Κατά συνέπεια, οι επιστήμονες έχουν μάθει να παρακάμπτουν την ατμόσφαιρα, με την αποστολή του φωτός λέιζερ μέσω εσωκλειόμενων καλωδίων, που αποτελεί τη βάση της επιστήμης των οπτικών ινών.

Μια ακατέργαστη έκδοση οπτικών ινών εμφανίστηκε το 1934 όταν ένας εφευρέτης, ο Norman R. French, κατοχύρωσε την πατέντα μιας συσκευής που απεκάλεσε «ελαφρύ σωλήνα». Ο French πρότεινε έναν κοίλο σωλήνα φτιαγμένο από κάποιο αντανάκλαστικό υλικό. Εάν κάποιος έριχνε ένα φως στο σωλήνα, οι ακτίνες μπορεί να αναπηδούσαν από την εσωτερική επιφάνεια και να συνέχιζαν μέσα από το σωλήνα.

Ο French δεν σκόπευε να στείλει πληροφορίες με τη συσκευή του. Αντί αυτού προτιμούσε να βρει έναν τρόπο να φέρει το φωτισμό από το ένα δωμάτιο στο άλλο. Αλλά οι επιστήμονες στη δεκαετία του '60 θεώρησαν ότι η ιδέα του ελαφρού σωλήνα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στον τομέα των επικοινωνιών λέιζερ. Γρήγορα συνειδητοποίησαν ότι ο σωλήνας που χρειαζόταν δεν θα μπορούσε να είναι πραγματικά κοίλος επειδή θα περιείχε ακόμα τον αέρα που θα απορροφούσε το φως όπως κάνει στην ατμόσφαιρα. Επίσης, το σήμα θα έχανε ορισμένη από τη δύναμή του επειδή τα μικρά ποσά θα απορροφούνταν από την ίδια την επένδυση. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν ότι οι διαδρομές του φωτός και ο σωλήνας θα έπρεπε να καμφθούν τώρα και έπειτα να αποφύγουν τα εμπόδια (ειδικά με το δεδομένο ότι θα τοποθετούταν υπόγειο). Έπρεπε να βρουν έναν τρόπο οι καμπύλες διαδρομές να μην εμποδίζουν την δέσμη.

Μια σημαντική ανακάλυψη ήρθε το 1966 όταν δύο Βρετανοί ερευνητές, οι Charles Kao και George Hockham, υποστήριξαν ότι λεπτές ίνες γυαλιού ίσως είναι σε θέση να διαβιβάσουν το φως σε κοντινές αποστάσεις. Άλλοι επιστήμονες υιοθέτησαν γρήγορα την ιδέα, και το 1970 ο Robert Maurer των Corning Glass Works, στο Corning

της Νέας Υόρκης, κατασκεύασαν την πρώτη μεγάλης απόστασης οπτική ίνα. Η επιστήμη των οπτικών ινών μόλις είχε γεννηθεί.

Το σύστημα οπτικών ινών χρησιμοποιεί ίνες γυαλιού μόνο κατά ένα πολλοστημόριο μιας ίντσας σε διάμετρο. Οι ίνες, που αποτελούν τον πυρήνα, είναι τοποθετημένες μέσα σε ένα μικρό καλώδιο που είναι καλυμμένο με ένα υλικό γνωστό ως «επένδυση». Αυτό είναι ένας εξαιρετικά ανακλαστικός τύπος γυαλιού που κάνει τα περισσότερα από τα διαδιδόμενα φωτόνια να ανακλαστούν πίσω στον πυρήνα. Η επένδυση αποβάλλει το πρόβλημα της ακτίνας που δεν μπορεί να κινηθεί γύρω από τις καμπύλες. Όσο οι καμπύλες δεν είναι πολύ αιχμηρές, η δέσμη προσπίπτει στην επένδυση διαγώνια και έπειτα συνεχίζει να κινείται. Τέτοια καλώδια χρησιμοποιούνται πλέον για τις τηλεφωνικές συνομιλίες, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και το Διαδίκτυο, το τηλεοπτικό σήμα, και άλλα είδη πληροφοριών. Σύμφωνα με την Εθνική Ακαδημία Μηχανικών:

«Μέχρι το τέλος του 1998, εγκαταστάθηκαν περισσότερα από 215 εκατομμύριο χιλιόμετρα [133 εκατομμύρια μίλια] καλωδίου οπτικών ινών (λείζερ) που εξυπηρετούν τις ανάγκες για επικοινωνία σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι οπτικές ίνες διαβιβάζουν τους οπτικούς παλμούς σε αποστάσεις μέχρι και 13.000 μίλια με τα αντίστοιχα στοιχεία κάθε χρόνο διπλασιάζονται. Στις μέρες μας, οι οπτικές ίνες είναι ο καλύτερος αγωγός για την παράδοση μιας σειράς διαλογικών υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας το συνδυασμό φωνής, δεδομένων, και βίντεο»³.

Λείζερ και Επικοινωνία Οπτικών Ινών

Οι οπτικές ίνες είναι λεπτά σκέλη γυαλιού μέσω των οποίων μια ακτίνα λέιζερ μπορεί να διανύσει πολλά μίλια. Δεδομένου ότι ένα λέιζερ στέλνει σήματα με την μορφή κυμάτων φωτός, μια ενιαία οπτική ίνα μπορεί να φέρει τόσες πληροφορίες όσες και εκατοντάδες βαριών καλωδίων χαλκού, τα οποία μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα. Όταν τα ηλεκτρικά σήματα ταξιδεύουν μέσω των καλωδίων χαλκού, αποδυναμώνονται γρήγορα. Συσκευές αποκαλούμενες «επαναλήπτες» απαιτούνται για κάθε μίλι ώστε να ενισχυθεί το ηλεκτρικό σήμα. Σε ένα σύστημα οπτικών ινών, οι ενισχυτές λέιζερ απαιτούνται μόνο κάθε έξι ή επτά μίλια για να ενισχύσουν το σήμα του φωτός.

Η επιστημονική κοινότητα των οπτικών ινών

Δεδομένου ότι μια δέσμη λέιζερ μπορεί να μεταφέρει υψηλής ποιότητας τηλεοπτικά σήματα, οι περισσότεροι επ' αμοιβήν τηλεοπτικοί πάροχοι εγκαθιστούν γραμμές καλωδιακής τηλεόρασης που χρησιμοποιούν οπτικές ίνες. (Μια εναλλακτική λύση είναι δορυφορικά πιάτα, τα οποία συλλέγουν τα τηλεοπτικά σήματα που

ανακλώνται από τους δορυφόρους). Σε μερικές πόλεις και περιοχές, οι επιχειρήσεις συνδέουν ένα σύνολο νοικοκυριών και/ή επιχειρήσεων σε μικρά δίκτυα. Χρησιμοποιώντας ένα τέτοιο δίκτυο, ένα πρόσωπο μπορεί να αναμεταδώσει μια καθημερινή άσκηση στην τάξη από το καθιστικό του/της και δέκα, είκοσι, ή περισσότεροι συνδρομητές (όσοι πληρώνουν για την υπηρεσία) μπορούν να συντονιστούν και να συμμετέχουν σε αυτήν (την αναμετάδοση) μέσα στην άνεση των σπιτιών ή των γραφείων τους.

Πλεονεκτήματα οπτικών ινών λέιζερ

Ένα από τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών λέιζερ είναι ότι πολλές ίνες μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα καλώδιο. Αυτό σημαίνει ότι μέσα από κάθε καλώδιο διαδίδονται πολλές ακτίνες λέιζερ, και άρα δισεκατομμύρια μικροτεμάχια πληροφοριών. Αυτό καθιστά το οπτικό σύστημα σαφώς ανώτερο από τα περασμένα. Για παράδειγμα, το παλιό τηλεφωνικό καλώδιο χρησιμοποιούσε τα καλώδια για να διαβιβάσει τις συνομιλίες. Προφανώς, για να διαβιβαστούν πολλές συνομιλίες έπρεπε να υπάρξουν πολλά επιμέρους καλώδια σε ένα ενιαίο καλώδιο, το οποίο σήμαινε ότι το τελικό καλώδιο θα ήταν αρκετά παχύ, βαρύ, και δύσκολο να εγκατασταθεί. Επίσης, δεδομένου ότι τα καλώδια μετάλλων έπρεπε να βρίσκονται τόσο κοντά το ένα στο άλλο, τα χωριστά σήματα παρεμπόδιζαν μερικές φορές το ένα το άλλο και παρήγαγαν ηλεκτρικό θόρυβο. Αντίθετα, το οπτικό τηλεφωνικό σύστημα χρησιμοποιεί ένα πολύ λεπτότερο, ελαφρύτερο καλώδιο, του οποίου η εγκατάσταση είναι πολύ πιο εύκολη. Οι ακτίνες του φωτός δεν παρεμποδίζουν η μια την άλλη, επομένως δεν υπάρχει θόρυβος στο σύστημα. Ένα μεγάλο συμβατικό τηλεφωνικό καλώδιο θα μπορούσε να μεταφέρει ταυτόχρονα μόνο μερικές χιλιάδες συνομιλίες. Αντιθέτως, τα καλώδια οπτικών ινών μπορούν να μεταφέρουν εκατομμύρια συνομιλιών συγχρόνως.



Ένα καλώδιο οπτικών ινών(δεξιά) που περιέχει 144 μικροσκοπικές ίνες γυαλιού συγκρίνεται με μια διατομή ενός συμβατικού χάλκινου καλωδίου.

Ορισμένες τοπικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών, της Ιαπωνίας, και μερικών άλλων βιομηχανοποιημένων εθνών προς το παρόν πειραματίζονται με τα συστήματα οπτικών ινών που συνδέουν τα μεμονωμένα σπίτια με τις βιβλιοθήκες και άλλες αποθήκες των πληροφοριών. Όταν ένα πρόσωπο ζητά από τον βιβλιοθηκάριο να έχει πρόσβαση σε ένα βιβλίο, σε ένα άρθρο περιοδικού, ή ακόμα και σε μία ταινία μέσα από τον υπολογιστή της βιβλιοθήκης, το τοπικό καλώδιο φέρνει τις απαιτούμενες πληροφορίες στην οθόνη του σπιτιού του προσώπου αυτού. Δεδομένου ότι η ζήτηση αυξάνεται, τέτοια συστήματα θα γίνουν πιο διαδεδομένα και τελικά τόσο κοινά όσο το τηλέφωνο.

Η επιλογή του λέιζερ για αυτά τα μελλοντικά συστήματα επικοινωνιών είναι αναπόφευκτη επειδή το φως λέιζερ μπορεί να μεταφέρει τεράστιο όγκο πληροφοριών. Εκτιμάται ότι πάνω από 100 εκατομμύρια τηλεοπτικά κανάλια δύνανται να αναμεταδοθούν διαμέσου των συχνοτήτων του φάσματος του ορατού φωτός. Ακόμα κι αν μόνο το ένα δέκατο του ενός τοις εκατό αυτού του συνόλου χρησιμοποιηθεί ποτέ, αυτά μεταφράζεται σε εκατό χιλιάδες κανάλια. Μόνο το φως λέιζερ θα είναι σε θέση να μεταφέρει τόσες πολλές πληροφορίες και με αυτόν τον τρόπο να αλλάξει ριζικά τον τρόπο επικοινωνίας των ανθρώπων.

Κεφάλαιο 4

Στρατιωτικές εφαρμογές των λέιζερ

Ο στρατός των ΗΠΑ άρχισε να ενδιαφέρεται για τα λέιζερ προτού καν κατασκευαστούν οι πρώτες συσκευές. Όταν οι στρατιωτικοί ηγέτες άκουσαν ότι η καινούργια αυτή συσκευή μπορούσε να παράγει υψηλής έντασης ακτίνες φωτός, οραματίστηκαν αμέσως την δημιουργία όπλων που θα λειτουργούν με τις ακτίνες αυτές. Ήλπιζαν ότι αυτά τα όπλα θα έκαναν πολλά πράγματα που τα πυροβόλα όπλα ακτινών έκαναν σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας, συμπεριλαμβανομένης της ανατίναξης δεξαμενών του εχθρού ή ακόμα και της βολής εναντίον αεροπλάνων και δορυφόρων.

Ένα μεγάλο μέρος της πρόωρης έκθεσης του στρατού στην ιδέα του λέιζερ έγινε από τον Gordon Gould, τον πρωτοπόρο του λέιζερ που συνάντησε μεγάλη δυσκολία μέχρι να αναγνωριστεί η δουλειά του. Παρόλο που είχε πρόβλημα το να του δώσουν τη συγκεκριμένη πατέντα, συνέχισε να εργάζεται πάνω στα λέιζερ. Όταν άφησε το Πανεπιστήμιο της Κολούμπια το 1959, εργάστηκε στην Technical Research Group (TRG), μια εταιρεία στην Syosset της Νέας Υόρκης, η οποία διεξήγαγε έρευνα πάνω στις συσκευές ραντάρ, τα βλήματα, και άλλα στρατιωτικά προγράμματα. Ο Gould συνάντησε το έκδηλο ενδιαφέρον της TRG για τα λέιζερ. Η TRG ζήτησε στη συνέχεια από το Υπουργείο Αμύνης των ΗΠΑ τριακόσιες χιλιάδες δολάρια για να κάνουν έρευνα για τα όπλα λέιζερ. Ο στρατός ενθουσιάστηκε από την ιδέα των όπλων με ακτίνες, τόσο που χορήγησε στην εταιρεία σχεδόν ένα εκατομμύριο δολάρια, ποσό τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό που η εταιρεία είχε αρχικά ζητήσει.

Μερικούς μήνες αργότερα όταν ο Maiman δημιούργησε το πρώτο λέιζερ Ρουβιδίου, η επιχείρησή στην οποία εργαζόταν, η Hughes Aircraft, άρχισε να δουλεύει πάνω στα όπλα λέιζερ. Σύντομα, οι διάφοροι κλάδοι του στρατού – στρατός ξηράς, ναυτικό, αεροπορία - έδωσαν χρήματα σε πολλές άλλες επιχειρήσεις για να εξελίξουν τέτοια όπλα. Ανάμεσα στο 1962 και το 1968 ο στρατός ξόδεψε σχεδόν εννέα εκατομμύρια δολάρια αποκλειστικά για την έρευνα επάνω στα λέιζερ.



Ο κ. Spock του Star Trek. Κρατάει ένα πιστόλι φέιζερ, ένα τρομερό πλασματικό όπλο. Οι σύγχρονοι σχεδιαστές όπλων άρχισαν να εκμεταλλεύονται τη δυνατότητα του λέιζερ για την εχθροπραξία

Αλλά θα μπορούσαν τέτοιες ακτίνες θανάτου να κατασκευαστούν πραγματικά; Η απάντηση, τουλάχιστον εκείνη την εποχή, ήταν όχι. Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι τα λέιζερ πράγματι παρήγαγαν πολύ κατευθυντικές ακτίνες φωτός. Αλλά η δημιουργία των όπλων που επιθυμούσε ο στρατός αποδείχθηκε δυσκολότερη από ό, τι είχαν φανταστεί. «Μέχρι τώρα τα λέιζερ έχουν φτιαχτεί για να δημιουργήσουν φτωχά όπλα,»⁴ λέει Breck Hitz, «και πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι οι περιπλοκές εφαρμοσμένης μηχανικής και οι νόμοι της φυσικής μπορούν να τα αποτρέψουν από το να γίνουν ποτέ χρήσιμα γι' αυτόν τον λόγο». Εντούτοις μερικοί ερευνητές είναι πιο αισιόδοξοι για τις προοπτικές των όπλων λέιζερ, και η εντατική έρευνα συνεχίζεται. Παράλληλα, το λέιζερ συνεχίζει να αποδεικνύεται ιδιαίτερα εφαρμόσιμο και χρήσιμο σε άλλους «πολεμοχαρείς» ρόλους όπως η τηλεμέτρηση και η υπόδειξη συγκεκριμένων στόχων.

Μια «στραβή» ενεργειακή αναλογία – συντελεστής απόδοσης όπλων laser

Η κύρια δυσκολία που αντιμετώπισαν οι επιστήμονες προσπαθώντας να κατασκευάσουν όπλα ακτινών λέιζερ είναι η κακή αναλογία μεταξύ της ενέργειας που απαιτείται για να τροφοδοτηθεί το όπλο και του ποσού ενέργειας που παράγει το όπλο. Στην περίπτωση των φορητών πυροβόλων όπλων laser, παραδείγματος χάριν, απαιτείται πάρα πολλή ενέργεια για τόσο μικρές συσκευές. Για να είναι σε θέση να παράγουν αρκετή ενέργεια τέτοια όπλα, θα έπρεπε να είναι τόσο μεγάλα που κανείς δεν θα μπορούσε να τα μεταφέρει. Επίσης, τα ίδια πυροβόλα όπλα θα ανέπτυσσαν υψηλές θερμοκρασίες ώστε να προκαλέσουν σοβαρά εγκαύματα στα χέρια των ανθρώπων που θα τα κρατούσαν (εκτός εάν φορούσαν παχιά προστατευτικά γάντια, τα οποία θα εμπόδιζαν τη λειτουργία του όπλου). Με το πέρασμα των χρόνων, οι ερευνητές επανειλημμένα διαπίστωναν ότι, για το χρόνο και τα χρήματα που απαιτούνται για να τα κατασκευάσουν τέτοιου τύπου όπλα, τα συνηθισμένα τουφέκια θα ήταν αποτελεσματικότερα όπλα απ' ό,τι τα λέιζερ.

Για πολύ καιρό, τα λέιζερ που μπορούσαν να καταρρίψουν αεροπλάνα ή δορυφόρους ήταν πολύ πιο υποσχόμενα. Και αυτή η χρήση των όπλων λέιζερ παραμένει η πλέον επιδιωκόμενη – από δω και στο εξής. Μια συσκευή λέιζερ με αντιβαλλιστική αποστολή θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό, όμως, ενδέχεται να μην αποτελεί εμπόδιο, εάν λάβουμε υπ' όψιν ότι δεν είναι απαραίτητο να είναι φορητή. Περισσότερο προβληματική είναι η φύση του μέσου λέιζερ, τα χημικά συστατικά που παράγουν την ακτίνα λέιζερ. Τα μέσα του λέιζερ, που χρησιμοποιούνταν τη δεκαετία του '60, δεν παρήγαγαν ακτίνες αρκετά ισχυρές να καταρρίψουν τα εχθρικά αεροσκάφη. Αργότερα, οι ερευνητές δοκίμασαν άλλα μέσα όπως μίγμα φθορίου και στοιχείων υδρογόνου. Αυτό παρήγαγε πολλή δύναμη αλλά είχε μερικά σοβαρά προβλήματα. Το μίγμα εκρήγνυται εύκολα και χωρίς προειδοποίηση, και το αέριο εξάτμισης είναι δύσκολο να εξαφανιστεί, σκοτώνοντας έτσι καθέναν που τον εισπνέει. Οι επιστήμονες αντιμετώπισαν πολλά παρεμφερή προβλήματα κατά τη διάρκεια των ετών.

Αποτελεσματικά χτυπήματα με ταχύτητα φωτός

Παρόλα αυτά, οι στρατιωτικοί συνέχισαν να επενδύουν χρήματα στην έρευνα για τα όπλα λέιζερ. Γνώριζαν ότι τέτοια όπλα είχαν κάποια σαφή πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών σφαιρών και των βλημάτων. Κατά πρώτο λόγο, κατά την ρήψη μιας σφαίρας προς έναν κινούμενο στόχο, είναι απαραίτητο να στοχεύσει κάποιος λίγο μπροστά από το στόχο. Αυτό συμβαίνει επειδή ο ίδιος ο στόχος κινείται μπροστά ενώ η σφαίρα αγωνίζεται για να το φτάσει. Δεδομένου ότι η βαρύτητα τραβά τη σφαίρα προς τα κάτω, κάποιος πρέπει επίσης να στοχεύσει λίγο παραπάνω από τον στόχο. Στη μέση μιας μάχης, με όλο τον καπνό, τον θόρυβο, και τη σύγχυση, η ρήψη σφαίρας εναντίον κινούμενου στόχου μπορεί να είναι μία δύσκολη αποστολή.

Αλλά μια ακτίνα λέιζερ κινείται με την ταχύτητα του φωτός. Αυτό σημαίνει ότι η ακτίνα μπορεί να ταξιδέψει ένα μίλι σε μόνο έξι εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου.

Ακόμα κι αν ένα αεροπλάνο ταξίδευε με την ταχύτητα του ήχου, θα κινούταν μόνο κατά το ένα δέκατο έκτο της ίντσας, για όσο χρονικό διάστημα χρειαζόταν ώστε να καλύψει το μίλι η δέσμη του λέιζερ. Οι εμπειρογνώμονες του στρατού συνειδητοποίησαν ότι περισσότερα χτυπήματα θα μπορούσαν να σημειωθούν από τα όπλα λέιζερ απ' ό, τι από τα συνηθισμένα πυροβόλα όπλα και τα βλήματα. Ένα άλλο πιθανό όφελος των όπλων ακτινών είναι ότι θα μπορούσαν να αναπηδήσουν από τους καθρέφτες, ώστε να χρειαστεί να μετακινηθούν μόνο οι καθρέφτες κατά την αλλαγή προς έναν νέο στόχο (αντί της κίνησης ολόκληρου του όπλου). Επίσης, μία ακτίνα λέιζερ παραμένει συγκεντρωμένη και όταν καλύπτει μεγάλες αποστάσεις, έτσι ώστε να είναι σε θέση να χτυπήσουν στόχους που βρίσκονται εκατοντάδες μίλια μακριά.

Το 1973 ο στρατός των ΗΠΑ σημείωσε επιτυχία στην κατάρριψη ενός ιπτάμενου στόχου (ένα τηλεχειριζόμενο αεροπλάνο). Αλλά οι στρατιωτικοί ηγέτες δεν θεώρησαν τη δοκιμή αυτή πλήρως επιτυχημένη. Ο στόχος δεν κινήθηκε τόσο γρήγορα όσο τα εχθρικά αεροσκάφη, και το πρόγραμμα που οδήγησε στη δοκιμή ήταν πολύ ακριβό. Στην πραγματικότητα, τα όπλα λέιζερ θεωρήθηκαν γενικότερα πάρα πολύ ακριβά. Εκείνη την εποχή, η κατασκευή ενός σύγχρονου ταγκ κόστιζε περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια. Οι ειδικοί εκτιμούσαν ότι ένα λέιζερ πεδίων μαχών θα κόστιζε περίπου δέκα εκατομμύρια δολάρια. Αλλά ο στρατός εξακολουθούσε να πιέζει για πειράματα λέιζερ. Μέχρι το 1980 η κυβέρνηση των ΗΠΑ είχε ξοδέψει εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια στην έρευνα λέιζερ. Δυστυχώς, είχαν υπάρξει μερικά μόνο πρακτικά αποτελέσματα. Κοιτάζοντας πίσω, πολλοί ειδικοί πιστεύουν ότι ο στρατός «πέρασε» πάρα πολύ γρήγορα στα λέιζερ. Δεν άφησε αρκετό χρόνο στην ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας προτού απαιτήσει να δει τα αποτελέσματά της.

Αποστασιόμετρα και καταδεικτές βομβών

Παρόλα αυτά, ο στρατός επωφελήθηκε σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των συσκευών λέιζερ, ως προς την χρήση τους στο πεδίο της μάχης. Αυτές οι συσκευές, που βελτιώνουν σημαντικά την ακρίβεια των κανονικών συμβατικών όπλων, περιλαμβάνουν τα αποστασιόμετρα και τους καταδεικτές. Ένα αποστασιόμετρο υπολογίζει την απόσταση, ή την εμβέλεια, από έναν επιθυμητό στόχο μέσω της μέτρησης του χρόνου που χρειάζεται ένας παλμός λέιζερ για το ταξίδι του και πίσω μέχρι τον στόχο. Αυτό το πρακτικό εργαλείο μπορεί να είναι είτε φορητό είτε τοποθετημένο σε ταγκ. Προφανώς, εάν ένας στρατιώτης γνωρίζει την ακριβή απόσταση που τον χωρίζει από τον στόχο του, έχει πολύ περισσότερες πιθανότητες να τον χτυπήσει. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '70 η Hughes Aircraft κατασκεύαζε για τον αμερικάνικο στρατό λέιζερ ανιχνευτές εμβελείας συνολικού κόστους άνω των πενήντα εκατομμυρίων δολαρίων κάθε χρόνο.

Ένας καταδεικτής λέιζερ λειτουργεί με την εκπομπή μιας χαμηλής ισχύος ακτίνας λέιζερ προς τον επιθυμητό στόχο. Έπειτα από τον προσδιορισμό του στόχου, μια βόμβα απελευθερώνεται, είτε από ένα αεροπλάνο είτε από ένα επίγειο βλήμα. Αυτό είναι γνωστό ως «έξυπνη» βόμβα επειδή φέρει έναν αισθητήρα που μπορεί να ανιχνεύσει την ακτίνα λέιζερ και να την χρησιμοποιήσει ώστε να καταστρέψει το στόχο. Ο στρατός ήταν αυτός που πρωτοχρησιμοποίησε τέτοιες συσκευές σε πεδίο μάχης, το 1972 κατά τη

διάρκεια του πολέμου του Βιετνάμ. Πολύ πιο βελτιωμένες εκδοχές τους απεδείχθησαν αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στον Πόλεμο του Περσικού Κόλπου (το 1991) και ειδικά στη δράση αστυνομίας ενάντια στους τρομοκράτες στο Αφγανιστάν (το 2001).

Προσομοιάζοντας συνθήκες του πεδίου μάχης

Τα λέιζερ έχουν επίσης αποδειχθεί επιτυχημένα στην προσομοίωση πεδίου μάχης που οργανώνονται για να δοθεί η δυνατότητα στους στρατιώτες να προετοιμαστούν για την πραγματική μάχη. Πριν από τα λέιζερ, αυτές οι προσομοιώσεις δεν ήταν τόσο ρεαλιστικές όσο θα ήθελαν οι στρατιωτικοί ιθύνοντες. Προφανώς, οι στρατιώτες των αντίπαλων ομάδων δεν θα μπορούσαν να ρίξουν πραγματικά πυρά ο ένας στον άλλον, επομένως οι διαιτητές έπρεπε να αποφασίσουν ποιος ήταν «χτυπημένος» και ποιος όχι. Οι αποφάσεις τους περιελάμβαναν φυσικά και το αντίστοιχο ποσοστό ανθρώπινου λάθους.

Στις λέιζερ προσομοιώσεις μάχης, οι στρατιώτες ρίχνουν πυρά με ειδικά όπλα που εκπέμπουν παλμούς φωτός. Οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι με κάθε έναν στρατιώτη που συμμετέχει στη μάχη. Τέτοιοι αισθητήρες είναι επίσης συνδεδεμένοι με τακ, φορητά, ή οποιαδήποτε άλλα οχήματα που χρησιμοποιούνται στην πλαστή μάχη. Όταν γίνεται η εκπομπή του παλμού φωτός και προσπίπτει σε έναν αισθητήρα ενός «εχθρικού» στρατιώτη, ο αισθητήρας μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό και όλοι μαθαίνουν αμέσως ότι ο στρατιώτης είναι «νεκρός». Ξέρουν τότε ένα τακ ή φορητό έχει καταστραφεί επειδή οι αισθητήρες που τοποθετούνται στα οχήματα εκπέμπουν ένα σύννεφο καπνού όταν τα χτυπούν. Πολλές εταιρείες κατασκευάζουν πλέον τέτοιους προσομοιωτές μάχης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τα στρατεύματα των χωρών σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης.

Υποβρύχιες επικοινωνίες

Μια επιπλέον χρήση του λέιζερ από τον στρατό αφορά τον τομέα των υποβρύχιων επικοινωνιών. Τα υποβρύχια συχνά περιπολούν σε εχθρικά ύδατα, και στο παρελθόν ο μόνος τρόπος με τον οποίο ένας ναύαρχος μπορούσε να πάρει ένα μήνυμα σε ένα υποβρύχιο ήταν μέσω του συνηθισμένου ραδιοφώνου. Αλλά αυτό έχει δύο σοβαρά μειονεκτήματα: Κατ' αρχάς, τα ραδιοκύματα δεν ταξιδεύουν καλά υποβρυχίως και προαπαιτούν μεγάλες κεραίες για να το μεταδώσουν σε μακρινές αποστάσεις. Δεύτερον, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να πάρει το σήμα ο εχθρός, κάτι που αποκαλύπτει αμέσως τη θέση του υποβρυχίου και την θέτει σε κίνδυνο.

Για υποβρύχια χρήση, το λέιζερ είναι αποτελεσματικότερο από το ραδιόφωνο λόγω μιας μοναδικής και σημαντικής ιδιότητας του φωτός λέιζερ: είναι μονοχρωματικό. Αυτό σημαίνει ότι εκπέμπεται μονάχα σε μια συχνότητα. Είναι πολύ διαφορετικό από το συνηθισμένο λευκό φως, το οποίο αποτελείται από όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου.

Για να στείλει ένα μήνυμα σε ένα υποβρύχιο, το ναυτικό χρησιμοποιεί ένα λέιζερ που εκπέμπει μια μονοχρωματική ακτίνα γαλαζοπράσινου φωτός. Αυτό το ιδιαίτερο, γαλαζοπράσινο χρώμα ταξιδεύει εύκολα μέσω του ωκεάνιου ύδατος. Η ακτίνα που φέρει το μήνυμα διαβιβάζεται στον δορυφόρο ο οποίος βρίσκεται σε τροχιά, ψηλά πάνω από τον ωκεανό. Ο δορυφόρος αναμεταδίδει έπειτα την ακτίνα κάτω στο υποβρύχιο, το οποίο είναι εξοπλισμένο με έναν πρόσθετο δέκτη που καταχωρεί μόνο το γαλαζοπράσινο φως. Σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο, ο υπολογιστής του υποβρυχίου αποκωδικοποιεί το σήμα έτσι ώστε το πλήρωμα να μπορεί να διαβάσει το μήνυμα.

Εάν υπάρχει οποιοσδήποτε εχθρός τριγύρω, δεν είναι πολύ πιθανό να ξέρει για την ακτίνα σημάτων, την οποία ο δορυφόρος εκπέμπει για μόνο μερικά εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου. Αυτό δεν είναι αρκετός χρόνος για τις επιφυλακές, ώστε να δουν την ακτίνα με τα γυμνά μάτια τους. Και ακόμα κι αν έχουν έναν δέκτη που ανιχνεύει το φως λέιζερ, αυτός θα πρέπει να συντονιστεί για να λάβει το ακριβές γαλαζοπράσινο χρώμα στην ακτίνα. Ο δέκτης τους πρέπει επίσης να είναι υποβρύχιος και πλησίον του υποβρυχίου, επειδή αυτό βρίσκεται εκεί όπου ο δορυφόρος στοχεύει την ακτίνα. Η πληρότητα αυτών των προϋποθέσεων θα ήταν πολύ δύσκολη για τις επιφυλακές άρα, κατά πάσα πιθανότητα, το υποβρύχιο θα λάβει το μήνυμα και θα παραμείνει μη ανιχνεύσιμο.

Η έρευνα για τα «Star War» συνεχίζεται

Εν τω μεταξύ, ο στρατός των ΗΠΑ δεν σταμάτησε την έρευνα για την εξέλιξη των όπλων ακτινών λέιζερ. Στην πραγματικότητα, η έρευνα για laser εγκατεστημένα πάνω σε δορυφόρους και στους πυραύλους αναπτύχθηκε εντυπωσιακά τη δεκαετία του '80, με την έκκληση του Προέδρου Ronald Reagan για την δημιουργία ενός αμυντικού συστήματος που είναι γνωστό ως «Πόλεμος των άστρων», έπειτα από τη δημοφιλή σειρά ταινιών επιστημονικής φαντασίας που αναφέρονται εκτενώς σε όπλα που προσομοιάζουν σε όπλα λέιζερ. Η βασική ιδέα, που επικυρώθηκε από τον Πρόεδρο George W. Bush όταν ανέλαβε την προεδρία των ΗΠΑ στις αρχές του 2001, έγκειται στο να σταματήσει εχθρικά βλήματα που κινούνται εναντίον των Ηνωμένων Πολιτειών κατά τη διάρκεια ενός πολέμου, με το να τα καταστρέφει ενώ είναι ακόμα ψηλά επάνω από τη γη. Οι αισθητήρες λέιζερ που τοποθετούνται στους δορυφόρους θα ανίχνευαν τα εισερχόμενα βλήματα και θα σχεδίαζαν τις πορείες τους. Τα βλήματα θα πυροβολούνταν έπειτα, είτε από τα όπλα ακτινών είτε από τα «έξυπνα» αμερικανικά βλήματα που κατευθύνονται αυτομάτως μέσα στις ακτίνες των προσδιοριστών.



Αμερικανοί ερευνητές στέκονται δίπλα από ένα υψηλής ενέργειας λέιζερ που σχεδιάστηκε για μοντάρισμα σε έναν δορυφόρο, μέρος του πολεμικού προγράμματος "Star Wars".

Παρά τις μεγάλες δυσκολίες στην παραγωγή τέτοιων όπλων, ένα ποσοστό στρατιωτικών ηγετών είναι αισιόδοξοι ότι τουλάχιστον μια πρακτική εκδοχή μπορεί να δημιουργηθεί. Η αμερικάνικη Πολεμική Αεροπορία, για παράδειγμα, είναι βέβαια ότι η τρέχουσα πρόοδος του αποκαλούμενου αερομεταφερόμενου λέιζερ (ABL) θα οδηγήσει σε ένα λειτουργικό όπλο, σε διάρκεια από τέσσερα έως έξι έτη. «Η εργασία του ABL», αναφέρει ο παρατηρητής στρατιωτικών όπλων John Tirpack, θα είναι να βάλει τους ουρανούς σε τροχιά κοντά στην μπροστινή άκρη μιας περιοχής μάχης, προσέχοντας, με τις υπέρυθρες συσκευές αναζήτησης και ίχνους, την επέλαση του εχθρού. . . βαλλιστικά βλήματα διαδρομής. Μόλις εντοπίσει ένα, η πλατφόρμα ABL – ένας στρατικοποιημένος ναυλωτής 747 γεμάτος με λέιζερ για ανίχνευση, στόχευση και επίθεση - θα “κλειδώσει” το στόχο. Όταν το βλήμα βρεθεί επάνω από τα σύννεφα, το ABL θα στρέψει μια ακτίνα φωτός διαμέτρου 15 ιντσών στο δέρμα του βλήματος. Το δέρμα θα θερμάνει τον μετρητή και τη ρήξη, προκαλώντας έκρηξη των πτητικών υλικών. Τα συντρίμια -και η κεφαλή του πυραύλου βλημάτων - θα πέσουν στο κεφάλι του έθνους που τα λάνσαρε. Αυτό, θεωρείται, αποτρεπτικός παράγοντας για χρήση. . . βαλλιστικών βλημάτων αρχικά. Σαν επιβράβευση, το ABL θα καθορίζει την θέση έναρξης και θα διοχετεύει έπειτα τις πληροφορίες προς τα αεροπλάνα επίθεσης. . . . Τα πληγέντα αεροσκάφη μπορούν να ορμήσουν στην περιοχή έναρξης και να καταστρέψουν άλλα βλήματα στο έδαφος πριν

προλάβει ο εχθρός να έχει τη δυνατότητα να τους βάλει φωτιά ή να τα μετακινήσει προς μια νέα “κρυψώνα”.⁵

Προς το παρόν, το σύστημα “Star Wars” παραμένει το θέμα συζήτησης μεταξύ των επιστημόνων, των πολιτικών, του στρατιωτικού προσωπικού, και του αμερικανικού κοινού. Μερικοί επιστήμονες θεωρούν ότι τα μακροπρόθεσμα οφέλη ενός τέτοιου προγράμματος είναι αμφισβητήσιμα και ότι η δαπάνη που περιλαμβάνεται στην εφαρμογή αυτή είναι πάρα πολύ υψηλή. Άλλοι λένε ότι το πρόγραμμα Star Wars είναι απαραίτητο στον στρατιωτικό σχεδιασμό των ΗΠΑ ενάντια στα εχθρικά έθνη και στις τρομοκρατικές επιθέσεις και είναι αντάξιο επομένως του υψηλού κόστους. Όποιο κι αν είναι το μέλλον των “Star Wars” η συζήτηση αναμένεται να συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια.

Υπάρχει ένα πράγμα για το οποίο ο καθένας μπορεί να είναι βέβαιος. Τα λέιζερ έχουν βρει μια μόνιμη στέγη στα οπλοστάσια των στρατευμάτων όλου του κόσμου, επομένως η έρευνα στη στρατιωτική χρήση των λέιζερ θα συνεχιστεί. Οι πόλεμοι του μέλλοντος, όπως η πολύ επιτυχημένη στρατιωτική επιχείρηση των ΗΠΑ στο Αφγανιστάν, θα διεξαχθούν με πολύ διαφορετικό τρόπο από εκείνους του παρελθόντος. Μια σημαντική διαφορά είναι ότι πολλά είδη συσκευών λέιζερ θα είναι τυποποιημένος εξοπλισμός για μεγάλο αριθμό στρατιωτών, ναυτικών, και πιλότων.

Κεφάλαιο 5

Ιατρικές χρήσεις των λέιζερ

Την πρόιμη περίοδο των λέιζερ προκαλούσε έκπληξη το γεγονός ότι αυτά τα εργαλεία φωτός μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην τομέα της ιατρικής, δεδομένου ότι κανένας δεν είχε σκεφτεί ότι θα ήταν σε θέση να θεραπεύσουν ή να συμβάλλουν στην ευημερία του ανθρώπου. Παρόλα αυτά, οι γιατροί και οι ιατρικοί ερευνητές διέβλεψαν έγκαιρα τις δυνατότητές τους, και οι εφαρμογές των ιατρικών λέιζερ πολλαπλασιάστηκαν με το πέρασμα των ετών. Μεταξύ άλλων, περιλαμβάνονται και η κοπή ανθρώπινου ιστού στις χειρουργικές επεμβάσεις, η αναδιαμόρφωση του κερατοειδούς χιτώνα του ματιού για βελτίωση της όρασης, ο καθαρισμός φραγμένων αρτηριών, η αφαίρεση κοιλοτήτων και λεύκανση των δοντιών, η αφαίρεση ανεπιθύμητων τριχών, ρυτίδων, σημαδιών, και φακίδων καθώς και η αναδιαμόρφωση του πρόσωπου σε πλαστικές διαδικασίες χειρουργικών επεμβάσεων.

Η εμφάνιση του «χειρουργικού νυστεριού λέιζερ»

Οι πρώτοι ερευνητές που πειραματίστηκαν με τα ιατρικά λέιζερ επεσήμαναν ότι υπάρχουν χειρουργικές επεμβάσεις που είναι δύσκολο να γίνουν με το συμβατικό χειρουργικό νυστέρι το οποίο εύκολα μπορεί να αντικατασταθεί απο μια δέσμη λέιζερ. Οι αρχικές δοκιμές έδειξαν ότι μια μικρής διατομής δέσμη λέιζερ διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσε να κόψει τον ανθρώπινο ιστό εύκολα και συνετά. Ο χειρουργός θα μπορούσε να κατευθύνει την ακτίνα από οποιαδήποτε γωνία με τη χρησιμοποίηση ενός καθρέφτη που τοποθετείται σε έναν κινητό μεταλλικό βραχίονα.

Πολλά από τα πλεονεκτήματα της χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ έγιναν γρήγορα εμφανή. Κατ' αρχάς, η ακτίνα φωτός είναι συνεπής, το οποίο σημαίνει ότι εκπέμπει το ίδιο ποσό ενέργειας κάθε δευτερόλεπτο. Έτσι εφ' όσον κινείται εμπρός η ακτίνα, η τομή που δημιουργεί δεν ποικίλλει σε βάθος. Την ίδια στιγμή εκτιμάται ότι κατά την χρησιμοποίηση ενός χειρουργικού νυστεριού, ο γιατρός μπορεί τυχαία να καταστήσει κάποιο επιμέρους σημείο της τομής πάρα πολύ βαθύ. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα του χειρουργικού λέιζερ είναι ότι η υψηλής έντασης δέσμη καυτηριάζει τα ανοικτά τραύματα καθώς προχωράει. (Αυτό δουλεύει καλά κυρίως για τα μικρά τραύματα, όπως εκείνα στο δέρμα. Ο γιατρός πρέπει ακόμα να απομακρύνει το αίμα από τα μεγαλύτερα τραύματα χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους.) Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι ότι τα κύτταρα στον ανθρώπινο ιστό δεν ελέγχουν τη θερμότητα πολύ καλά, έτσι το δέρμα ή οποιοσδήποτε άλλος ιστός κοντά στην τομή λέιζερ δεν καίγεται

και δεν επηρεάζεται από την ακτίνα. Αυτό το πλεονέκτημα της χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ είναι πολύ χρήσιμο όταν πρέπει να δραστηριοποιηθεί ένας γιατρός σε μια μικροσκοπική περιοχή που περιβάλλεται από υγιή ιστό ή όργανα.



Σε αυτήν την φωτογραφία που λήφθηκε κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης ανοικτός-καρδιάς, ένας γιατρός χρησιμοποιεί μια διατρητική μηχανή λέιζερ για να κάνει μικρές τρύπες στο μυ της καρδιάς του ασθενή για να αυξήσει τη ροή αίματος του οργάνου.

Πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι το «χειρουργικό νυστέρι λέιζερ» δεν είναι απαραίτητως το καλύτερο εργαλείο για κάθε λειτουργία. Μερικοί γιατροί θεωρούν ότι ενώ το λέιζερ είναι χρήσιμο σε μερικές καταστάσεις, δεν θα αντικαταστήσει ποτέ ολοκληρωτικά το χειρουργικό νυστέρι. Άλλοι είναι πιο αισιόδοξοι και εκτιμούν ότι, μελλοντικά, τα πιο προηγμένα λέιζερ θα αντικαταστήσουν σταδιακά το χειρουργικό νυστέρι.

Η δεύτερη αυτών των απόψεων μπορεί να αποδειχθεί η πιο ακριβής, για τη χειρουργική χρήση των λέιζερ. Καταρχάς, τα λέιζερ θεωρήθηκαν αποτελεσματικότερα στην επέμβαση περιοχών που είναι εύκολα προσβάσιμες - περιοχές στο εξωτερικό του σώματος, συμπεριλαμβανομένων του δέρματος, του στόματος, της μύτης, των αυτιών, και των ματιών. Αλλά τα τελευταία χρόνια οι γιατροί έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο στην ανάπτυξη των τεχνικών λέιζερ για τη χρήση στην εσωτερική εξερεύνηση και τη χειρουργική επέμβαση. Φυσικά, προκειμένου ο γιατρός να είναι σε θέση να κατευθύνει την ακτίνα λέιζερ, πρέπει να είναι σε θέση να δει εσωτερικά του σώματος. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτό είναι απλά ζήτημα της δημιουργίας μιας τομής και του ανοίγματος της περιοχής που γίνεται η επέμβαση. Αλλά υπάρχουν καταστάσεις στις οποίες αυτό το βήμα μπορεί να αποφευχθεί.

Καθαρίζοντας αρτηρίες με το φως

Για παράδειγμα, τα λέιζερ χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για να καθαρίσουν την πέτρα από τις αρτηρίες των ανθρώπων. Η πέτρα είναι μια σκληρή λιπαρή ουσία που μπορεί να δημιουργηθεί στους εσωτερικούς τοίχους των αρτηριών. Τελικά τα αγγεία μπορούν φράξουν τόσο που το αίμα να μην ρέει κανονικά. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι έμφραγμα ή καρδιακή προσβολή, κάτι που είναι αρκετά σοβαρό και ορισμένες φορές μοιραίο. Η παραδοσιακή μέθοδος για την πλάκα προϋποθέτει άνοιγμα του στήθους και δημιουργία πολλών τομών, μια πολύωρη και ορισμένες φορές επικίνδυνη εγχείριση. Επίσης, είναι ακριβή και η ανάρρωση διαρκεί εβδομάδες.

Μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί η ακτίνα λέιζερ για να αφαιρέσει την πλάκα. Το κλειδί για την διεξαγωγή αυτής της εργασίας είναι η ικανότητα του γιατρού να δει μέσα στην αρτηρία και να κατευθύνει την ακτίνα, ένας ακόμη τομέας στον οποίο οι οπτικές ίνες και τα λέιζερ συνδυάζονται σε ένα σύγχρονο καταπληκτικό εργαλείο. Η οπτική ίνα που έχει συνδεθεί με μια κάμερα μπορεί να παρεμβληθεί σε μια αρτηρία. Αυτά τα στοιχεία απαρτίζουν ένα μικροσκοπικό αισθητήρα που επιτρέπει στο γιατρό και τις νοσηλεύτριες να κοιτάζουν εντός της αρτηρίας ενώ μια δεύτερη ίνα παρεμβάλλεται για να μεταφέρει παλμούς του φωτός που θα διαλύσουν την πλάκα.



Οι χειρουργοί χρησιμοποιούν ένα μικροσκοπικό λέιζερ για να αφαιρέσουν ιστό σε μια επέμβαση χοληδόχου κύστης. Το λέιζερ και μια μικροσκοπική φωτογραφική μηχανή παρεμβάλλονται στον ομφαλό, έτσι καμία κοιλιακή τομή δεν είναι απαραίτητη.

Η τεχνική λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο. Το σύνολο των οπτικών ινών εισάγεται σε ένα αιμοφόρο αγγείο ενός χεριού ή ποδιού και κινείται αργά προς την περιοχή της καρδιάς και των “κλειστών” αρτηριών. Όταν το σύνολο είναι έτοιμο, το

λείζερ “πυροδοτείται” και η πέτρα καταστρέφεται. Έπειτα οι ατμοί εξάτμισης απορροφούνται μέσω ενός μικροσκοπικού κοίλου σωλήνα που εισάγεται μαζί με τις οπτικές ίνες. Όταν η αρτηρία καθαριστεί, ο γιατρός αφαιρεί τις ίνες και το σωλήνα, και η διαδικασία ολοκληρώνεται. Αυτή η ιατρική διαδικασία είναι γνωστή ως αγγειοπλαστική λείζερ. Τα πλεονεκτήματά της είναι πολλά και προφανή. Κατ' αρχάς, δεν απαιτείται καμία τομή (εκτός από μία μικρή που γίνεται στο αγγείο για την εισαγωγή των οπτικών ινών στο αίμα). Υπάρχει επίσης ελάχιστη έως σχεδόν ανύπαρκτη αιμορραγία, και ο ασθενής μπορεί να έχει πλήρη ανάνηψη σε μια ή δύο ημέρες.

Η αγγειοπλαστική λείζερ ενέχει ορισμένους κινδύνους που χρήζουν προσοχής. Κατ' αρχάς, όταν εκτοξεύεται η ακτίνα λείζερ στην πέτρα, ο χειριστής πρέπει να στοχεύσει πολύ προσεκτικά: η παραμικρή αστοχία μπόρεσε να κόψει την αρτηρία και να προκαλέσει σοβαρή αιμορραγία. Το στήθος του ασθενούς τότε θα πρέπει εν τέλει να ανοιχτεί. Ένα άλλο πρόβλημα αφορά στα μικρά κομμάτια των καμένων υπολειμμάτων της πέτρας. Εάν αυτά παρεισφρήσουν στο αίμα, μπορούν να παρεμποδίσουν τη λειτουργία των μικρότερων αιμοφόρων αγγείων προκαλώντας περαιτέρω περιπλοκές. Ευτυχώς, οι συνεχείς τεχνικές πρόοδοι έχουν ελαχιστοποιήσει αυτούς τους κινδύνους, και ο βαθμός επιτυχίας της εφαρμογής της αγγειοπλαστικής λείζερ αυξάνεται κάθε χρόνο.

Τα λείζερ στην Οφθαλμολογία

Μερικές από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις των ιατρικών λείζερ αφορούν στον τομέα της οφθαλμολογίας, της μελέτης της δομής και των ασθενειών του ματιού. Ένας από τους λόγους που οι ακτίνες λείζερ είναι τόσο χρήσιμες στην οφθαλμολογική θεραπεία είναι ότι ο κερατοειδής χιτώνας, το επίστρωμα που καλύπτει το βολβό του ματιού και επιτρέπει στο φως την είσοδο στο εσωτερικό του ματιού, είναι διαφανής. Δεδομένου ότι έχει ως σκοπό να αναγνωρίσει το συνηθισμένο φως, ο κερατοειδής χιτώνας επιτρέπει την είσοδο επίσης στο φως του λείζερ και παραμένει απρόσβλητος από την ακτίνα.

Κατ' αρχάς, το λείζερ είναι πολύ χρήσιμο στην αφαίρεση εξωγενών αιμοφόρων αγγείων που μπορούν να διαμορφωθούν στον αμφιβληστροειδή - η λεπτή, φωτοευαίσθητη μεμβράνη στο πίσω μέρος του βολβού του ματιού. Στον αμφιβληστροειδή σχηματίζονται οι εικόνες των πραγμάτων που διαμορφώνουν την όραση. Βλάβη στον αμφιβληστροειδή μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει τύφλωση, που αποτελεί τη πιο κοινή μορφή οφθαλμικής πάθησης στις Ηνωμένες Πολιτείες ως αποτέλεσμα του διαβήτη (μια ασθένεια που χαρακτηρίζεται από τα υψηλά επίπεδα της ζάχαρης αίματος) όταν, σε μερικές περιπτώσεις, εκατοντάδες πρόσθετα μικροσκοπικά αιμοφόρα αγγεία δημιουργούνται στον αμφιβληστροειδή. Αυτά εμποδίζουν το φως στην επιφάνεια της μεμβράνης, με συνέπεια τη μερική ή συνολική τύφλωση.

Το λείζερ που χρησιμοποιείται συνήθως στην θεραπεία τέτοιων περιστατικών τροφοδοτείται από ένα laser που χρησιμοποιεί αέριο αργό. Ο γιατρός στοχεύει την δέσμη στον κερατοειδή χιτώνα και αφαιρεί το κουβάρι των αιμοφόρων αγγείων που καλύπτει

τον αμφιβληστροειδή. Η διαδικασία διαρκεί μόνο λίγα λεπτά και μπορεί να γίνει ακόμα και στο γραφείο του γιατρού. Το λέιζερ μπορεί επίσης να αποκαταστήσει αποκολλημένο αμφιβληστροειδή - ένα μέρος που έχει ξεκολλήσει από το πίσω μέρος του βολβού του ματιού. Πριν την εμφάνιση των λέιζερ οι αποκολλημένοι αμφιβληστροειδείς έπρεπε να αποκατασταθούν με το χέρι, και επειδή ο αμφιβληστροειδής είναι εξαιρετικά λεπτός, η εκτέλεση της όλης διαδικασίας ήταν ιδιαίτερα δύσκολη. Χρησιμοποιώντας το λέιζερ αργού, ο γιατρός μπορεί πραγματικά «να συγκολλήσει» το σχισμένο αμφιβληστροειδή. Είναι ίσως μια παράξενη σύμπτωση ότι Gordon Gould, ένας από τους αρχικούς εφευρέτες του λέιζερ, αργότερα αποκατέστησε έναν αμφιβληστροειδή του με αυτόν τον τρόπο.

Χρησιμοποιώντας το λέιζερ σε οφθαλμολογικές επεμβάσεις

Το λέιζερ λειτουργεί όπως μια ραπτομηχανή προκειμένου να αποκαταστήσει έναν αποκολλημένο αμφιβληστροειδή, τη μεμβράνη που ενώνει το εσωτερικό του ματιού. Η ακτίνα λέιζερ ρυθμίζεται έτσι ώστε να μπορεί να περάσει ακίνδυνα μέσα από το φακό και να εστιάσει στα μικροσκοπικά σημεία γύρω από τη κατεστραμμένη περιοχή του αμφιβληστροειδούς. Όταν εστιάζεται κάπου, η ακτίνα είναι αρκετά ισχυρή ώστε να «συγκολλήσει» ή να “σφραγίσει” το αποσυνδεδεμένο κομμάτι του αμφιβληστροειδούς ενάντια στον “τοίχο” του βολβού του ματιού.

Μία άλλη κατάσταση που επηρεάζει το ανθρώπινο μάτι είναι το γλαύκωμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη συγκέντρωση υγρού στο μάτι. Κανονικά τα φυσικά υγρά του ματιού φεύγουν με τον καιρό, και το μάτι μένει υγιές. Στα μάτια που εξασθενούν με το γλαύκωμα το υγρό δεν στραγγίζει κατάλληλα, και η συγκέντρωσή του έχει επιπτώσεις στην όραση - μπορεί μερικές φορές να οδηγήσει στη τύφλωση. Σε μερικές περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν φάρμακα για να θεραπεύσουν το γλαύκωμα. Εντούτοις, εάν τα φάρμακα αποτύχουν, πολλοί γιατροί στρέφονται στο λέιζερ για να αποφύγουν τη συμβατική χειρουργική επέμβαση. Το λέιζερ δημιουργεί τρύπα σε ένα προσχεδιασμένο σημείο και το υγρό αποβάλλεται διαμέσου της τρύπας. Για μία ακόμη φορά, η περιγραφείσα διαδικασία μπορεί να εκτελεσθεί στο γραφείο ενός γιατρού αντί σε ένα νοσοκομείο.

Οφθαλμολογική επέμβαση με λέιζερ

Το λέιζερ λειτουργεί όπως μια ραπτική μηχανή για να επισκευάσει έναν αποσυνδεδεμένο αμφιβληστροειδή, τη μεμβράνη του εσωτερικού του ματιού. Η δέσμη λέιζερ ρυθμίζεται έτσι ώστε μπορεί να περάσει ακίνδυνα μέσω του φακού και να εστιάσει στα μικροσκοπικά σημεία γύρω από τη «χαλασμένη» περιοχή του αμφιβληστροειδή. Η ακτίνα έχει την ένταση «να συγκολλήσει» ή να σφραγίσει τον αποσυνδεδεμένο τομέα της πλάτης αμφιβληστροειδών στον τοίχο του βολβού του ματιού.

Ίσως η πιο ενδιαφέρουσα από όλες τις οφθαλμικές εφαρμογές λέιζερ να είναι η επιδιόρθωση του κερατοειδούς χιτώνα του ματιού, μια τεχνική που είναι ευρέως γνωστή ως LASIK (προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων - Laser Assisted In Situ Keratomilensis) Όπως το περιγράφει ο Breck Hitz,

Η ‘συνταγή’ γυαλιών του ασθενούς κυριολεκτικά αναγράφεται στο εσωτερικό του κερατοειδούς χιτώνα μέσω της ακτίνας ενός υπεριώδους λέιζερ [μια συσκευή λέιζερ που παράγει παλμούς υπεριώδους ακτίνας, ή UV, φωτός]. Ένα μικρό μέρος του κερατοειδούς χιτώνα αφαιρείται αρχικά με ένα μαχαίρι ακρίβειας και ένα εσωτερικό κομμάτι του κερατοειδούς χιτώνα εκτίθεται στο υπεριώδες λέιζερ. Αφού χαράσσεται η ‘συνταγή’, το αρχικό κομμάτι του κερατοειδούς επανατοποθετείται πάνω από τον χειρουργικά με laser θεραπευμένο κερατοειδή χιτώνα.⁶



Ένας ασθενής υποβάλλεται στη χειρουργική επέμβαση ματιών που εκτελείται από μια ακτίνα λέιζερ. Εκτός από τη μεταχείριση των αποσυνδεδεμένων αμφιβληστροειδών, τα λέιζερ μπορούν να αφαιρέσουν τους καταρράκτες.

Παρ' όλα αυτά, το LASIK συνοδεύεται από κινδύνους. Οι αλλαγές που επιφέρει στον κερατοειδή χιτώνα είναι μόνιμες, και ο κίνδυνος της απροσδόκητης ζημίας είναι πάντα παρών. Εντούτοις, η διαδικασία γίνεται όλο και περισσότερο δημοφιλής κάθε χρόνο: περίπου ένα εκατομμύριο Αμερικανοί την ακολούθησαν το έτος 2000, και

περίπου τέσσερις χιλιάδες χειρουργοί στις Ηνωμένες Πολιτείες εκπαιδεύθηκαν για είναι σε θέση να την εκτελέσουν.

Αισθητικές χρήσεις των λέιζερ

Τα ιατρικά λέιζερ επίσης ευρέως χρησιμοποιούνται για διάφορους τύπους αισθητικών χειρουργικών επεμβάσεων, συμπεριλαμβανομένης της αφαίρεσης ορισμένων ειδών σημαδιών. Σημάδια εκ γενετής όπως τύπου λιμένας-κρασιού, κοκκινωπές πορφυρές κηλίδες δερμάτων που εμφανίζονται περίπου σε τρία άνα χίλια παιδιά, είναι ένα παράδειγμα. Τέτοια εκ γενετής σημάδια μπορούν να χαρακτηρίσουν οποιοδήποτε μέρος του σώματος αλλά συνηθέστερα βρίσκονται στο πρόσωπο και το λαιμό.



Ένας γιατρός χρησιμοποιεί ένα λέιζερ αργού για να αφαιρέσει έναν λεκέ λιμένας-κρασιού, ένα είδος σημαδιού. Ο ανεπιθύμητος ιστός αφαιρείται ενώ το κανονικό δέρμα παραμένει άθικτο.

Το ιατρικό λέιζερ είναι σε θέση να αφαιρέσει ένα τέτοιο σημάδι που θυμίζει λεκέ από κρασί για τον ίδιο λόγο που ένα στρατιωτικό λέιζερ είναι σε θέση να στείλει ένα μήνυμα σε ένα καταδυόμενο υποβρύχιο. Και τα δύο λέιζερ εκμεταλλεύονται τη μονοχρωματική ποιότητα του φωτός λέιζερ, δηλαδή τη δυνατότητά του να υπάρχει σε ένα συγκεκριμένο χρώμα. Το σημάδι αποτελείται από χιλιάδες μικροσκοπικά ελαττωματικά αιμοφόρα αγγεία που έχουν ένα συγκεκριμένο κοκκινωπό, πορφυρό χρώμα. Το χρώμα αυτό απορροφά πολύ έντονα μια ορισμένη απόχρωση του πράσινου φωτός. Στην πραγματικότητα, γι' αυτό ο λεκές φαίνεται κόκκινος. Απορροφά τις πράσινες και τις υπόλοιπες αποχρώσεις του λευκού φωτός, αλλά στα μάτια των

ανθρώπων “μένει” το κόκκινο.

Για να θεραπευτεί το σημάδι, ο γιατρός ακτινοβολεί την αποχρωματισμένη περιοχή με μια χαμηλής ισχύος δέσμη πράσινου φωτός. Η μάζα των αιμοφόρων αγγείων του σημαδιού απορροφά το ενεργητικό φως λέιζερ και γίνεται τόσο καυτή που τελικά καίγεται. Το περιβάλλον δέρμα έχει διαφορετικό χρώμα από το σημάδι. Επομένως το δέρμα απορροφά μόνο τις μικρές ποσότητες της ακτίνας και παραμένει ανέπαφο. (Φυσικά, οι καμένες περιοχές πρέπει να θεραπευτούν, και κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας εμφανίζονται μερικές φορές κάποια μικρά σημάδια).

Μια παρόμοια μέθοδος ακολουθείται συχνά και με επιτυχία στην αφαίρεση δερματοστιξιών (τατουάζ). Μια δερματοστιξία διαμορφώνεται όταν εκχέονται πολύ ισχυρές χρωστικές ουσίες στο δέρμα ενός ατόμου με βελόνες. Κάποιος, όμως, που έχει κάνει τατουάζ μπορεί αργότερα να αλλάξει γνώμη. Στο παρελθόν, ο μόνος τρόπος να αφαιρεθούν αυτά τα σχέδια ήταν η χειρουργική επέμβαση ή το κάψιμο της δερματοστιξίας με οξύ. Ευτυχώς, το λέιζερ προσφέρει μια εναλλακτική λύση. Η ακτίνα λευκαίνει τις χρωστικές ουσίες στη δερματοστιξία χωρίς αυτό να συνεπάγεται και κάψιμο του περιβάλλοντος δέρματος.

Ένα ακόμη παράδειγμα μιας αισθητικής επέμβασης που υποβοηθάται από λέιζερ είναι η αφαίρεση ανεπιθύμητης τριχοφυΐας. «Το λέιζερ εκπέμπει μια ευγενή ακτίνα φωτός» εξηγεί ο αισθητικός χειρουργός Jeffrey Melton του Σικάγο, η οποία απορροφάται μόνο από το θυλάκιο της τρίχας (αφήνοντας το δέρμα αβλαβές). Το λέιζερ παραδίδει την ενέργεια που απορροφάται από την τρίχα και μετασηματίζεται σε θερμότητα. Η θερμότητα καταστρέφει το θυλάκιο της τρίχας μέσα σε κλάσμα δευτερολέπτου. . . . Η αφαίρεση της τρίχας με λέιζερ ενδείκνυται και για την αφαίρεση τριχοφυΐας από το πρόσωπο και το σώμα . . . Ίσως οι πιο συνήθεις περιοχές για τέτοιου είδους επεμβάσεις να είναι το γυναικείο πρόσωπο”⁷.

Οδοντιατρική υποβοηθούμενη από λέιζερ

Η οδοντιατρική είναι ένας άλλος κλάδος της ιατρικής που έχει ωφεληθεί παρά πολύ από την τεχνολογία λέιζερ. Πράγματι, τα λέιζερ έχουν συχνά αποτρέψει επισκέψεις ανθρώπων σε οδοντιατρικό ιατρείο. Κανένας δεν απολαμβάνει να τού κάνουν τρύπες στη στοματική του κοιλότητα με τρυπάνι, φυσικά. Απαιτείται συνήθως ένα αναισθητικό (ένα παυσίπονο όπως η νοβοκαΐνη) το οποίο προκαλεί μούδιασμα στο στόμα. Επίσης ο ήχος του τρυπανιού μπορεί να είναι ενοχλητικός ή ακόμα και να προκαλέσει άσχημα συναισθήματα σε μερικούς ανθρώπους. Πολλοί οδοντίατροι χρησιμοποιούν πλέον ένα λέιζερ ND-YAG (που χρησιμοποιεί ένα κρύσταλλο ως μέσο λέιζερ) αντί ενός τρυπανιού για τις περισσότερες στοματικές κοιλότητες. Η θεραπεία λέιζερ εκμεταλλεύεται το απλό γεγονός ότι το υλικό που χρησιμοποιείται σε μια κοιλότητα είναι πολύ μαλακότερο από το σμάλτο (το σκληρό μέρος ενός δοντιού). Το λέιζερ τοποθετείται σε μια δύναμη που είναι αρκετά ισχυρή ώστε να αποβάλει τον αποσυντεθειμένο ιστό αλλά όχι αρκετά ισχυρή για να βλάψει το σμάλτο. Όταν, κατά την εγχείρηση μιας πολύ βαθιάς κοιλότητας εμφανίζεται μερικές φορές αιμορραγία, και η ακτίνα λέιζερ “σφραγίζει” τα αιμοφόρα

αγγεία και σταματά την αιμορραγία.

Η συχνότερη ερώτηση που τίθεται σχετικά με την εγχείριση των κοιλοτήτων με λέιζερ συνίσταται στο εάν είναι οδυνηρή. Η απάντηση είναι όχι. Κάθε παλμός φωτός λέιζερ από ένα οδοντικό λέιζερ διαρκεί μόνο τριάντα τρισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου, πολύ λιγότερο δηλαδή από τον χρόνο που χρειάζεται το νεύρο για να προκαλέσει τον πόνο. Με άλλα λόγια, η ακτίνα θα έπρεπε να διαρκέσει 100 εκατομμύριες φορές περισσότερο προκειμένου να προκληθεί οποιαδήποτε ταλαιπωρία. Έτσι αυτό το είδος της επέμβασης δεν απαιτεί κανένα αναισθητικό.

Πλεονεκτήματα των λέιζερ για την οδοντική χειρουργική επέμβαση

Στο απόσπασμα ενός άρθρου στο επιστημονικό περιοδικό *The Dental Clinics of North America*, ο Robert A. Strauss του Medical College της Βιρτζίνια αναφέρει μερικά από τα πλεονεκτήματα των λέιζερ στις στοματικές χειρουργικές επεμβάσεις. Η μειωμένη διόγκωση είναι χαρακτηριστική της χρήσης λέιζερ. Η μειωμένη διόγκωση επιτρέπει την αυξανόμενη ασφάλεια κατά την εκτέλεση της χειρουργικής επέμβασης μέσα στο στόμα [...] και αυξάνει την εμβέλεια της χειρουργικής επέμβασης, τόσο που οι στοματικοί χειρουργοί μπορούν εκτελέσουν ακίνδυνα και χωρίς φόβο την εγχείριση. Αυτή η μορφή επιτρέπει στο χειρουργό διεκπεραιώσει πολλές επεμβάσεις στο γραφείο του χωρίς να είναι απαραίτητη η εισαγωγή σε νοσοκομείο. [...] Ο ιστός που θεραπεύει βελτιώνεται επίσης με τη χρήση του λέιζερ [...] Οι πληγές λέιζερ θεραπεύονται χωρίς γενικά να αφήνουν ιδιαίτερα σημάδια, ένα άλλο ευδιάκριτο πλεονέκτημα.

Υπάρχουν κυριολεκτικά εκατοντάδες άλλες ιατρικές χρήσεις του λέιζερ. Επίσης, οι πολυάριθμες φυσικές καταστάσεις δεν μπορούν να ενισχυθούν από το φως του λέιζερ. Και ακόμη και για εκείνες που ανταποκρίνονται στις θεραπείες λέιζερ, ένας γιατρός ενδέχεται να έχει πολύ καλά επιχειρήματα ώστε να εφαρμόσει διαφορετική μέθοδο σε μια συγκεκριμένη περίπτωση. Το γεγονός είναι ότι, παρόλο που το λέιζερ είναι ένα θαυμάσιο ιατρικό εργαλείο, δεν μπορεί να θεραπεύσει κάθε ασθένεια. Μέχρι σήμερα ο κόσμος έχει δει πιθανώς μόνο ένα μικρό μέρος των δυνατοτήτων του λέιζερ. Σε τελευταία ανάλυση, η ύπαρξη αυτού του υπερεργαλείου απαριθμεί μόνο εξήντα σχεδόν χρόνια ζωής (από το 1960), και, εξετάζοντας τις προόδους που ήδη έχει σημειώσει στον ιατρικό τομέα, το μέλλον πράγματι εμφανίζεται ελπιδοφόρο.

Κεφάλαιο 6

Τα λέιζερ στην ψυχαγωγία

Οι επιστήμονες έχουν βρει πολλές εφαρμογές και χρήσεις των λέιζερ. Αυτές οι συσκευές συνήθως μετρούν, κόβουν, ανοίγουν τρύπες, συγκολλούν, διαβάζουν, γράφουν, στέλνουν μηνύματα, χρησιμοποιούνται εναντίον του κοινού εγκλήματος, υποστηρίζουν τηλεφωνικές συνομιλίες και πραγματοποιούν "λεπτές" οφθαλμολογικές εγχειρήσεις. Επανειλημμένως το λέιζερ έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα εξαιρετικά πρακτικό εργαλείο. Επίσης, τα λέιζερ έχουν εξίσου αποδείξει την χρησιμότητά τους και σε μη πρακτικές εφαρμογές, ειδικά στον τομέα της τέχνης και της ψυχαγωγίας. Πρώτα απ' όλα, μια ακτίνα λέιζερ είναι μία ράβδος φωτός. Και το φως αυτό καθ' αυτό μπορεί να είναι τόσο όμορφο όσο και πρακτικό. Η θέα ενός κόκκινου ηλιοβασιλέματος ή ενός πολύχρωμου ουράνιου τόξου συχνά προκαλεί συναισθήματα χαράς, ρομαντισμού, ακόμα και δέους. Για αιώνες, οι καλλιτέχνες προσπαθούσαν να αναπαράξουν την ομορφιά του φωτός σε πίνακες ζωγραφικής, και οι εφευρέτες παρείχαν στους καλλιτέχνες τεχνικά μέσα όπως η κάμερα, που χρησιμοποιεί το φως για να δημιουργήσει τέχνη η οποία είναι τόσο ψυχαγωγική (όπως στον κινηματογράφο) όσο και όμορφη. Λόγω του ότι το λέιζερ παράγει ένα ιδιαίτερο είδος φωτός, αρκετά έγκαιρα οι άνθρωποι συνειδητοποίησαν τη δυνατότητά του να δημιουργεί ιδιαίτερα είδη τέχνης και ψυχαγωγίας. Στις μέρες μας, τα λέιζερ εμπλέκονται σε σχεδόν όλες τις διαστάσεις αυτών των πεδίων, από "light show" έως ψηφιακούς δίσκους (CD) και ψηφιακούς δίσκους βίντεο (DVD), και ειδικά κινηματογραφικά εφέ.

Θεαματικοί συνδυασμοί Φωτός και Μουσικής

Τη δεκαετία του '60, όταν τα λέιζερ ήταν ακόμα σχετικά καινούργιες συσκευές, οι καλλιτέχνες ξεκίνησαν να τα χρησιμοποιούν για την παραγωγή light paintings. Τα τελευταία ήταν καλλιτεχνικά shows όπου ένας καλλιτέχνης έριχνε δέσμες λέιζερ με διάφορους τρόπους ώστε να δημιουργήσει εντυπωσιακούς οπτικούς σχηματισμούς. Οι δέσμες ανακλάντουσαν από καθρέφτες τοποθετημένους σε καθορισμένες θέσεις ή να είναι αναρτημένες σε κάτοπτρα πάνω στον καλλιτέχνη, ο οποίος μπορούσε να τις κατευθύνει προς τοίχους, γυάλινα αντικείμενα, ή δοχεία γεμάτα με υγρό, με κύριο στόχο την αντανάκλαση. Μία ακόμη παραλλαγή συνίστατο στην κατεύθυνση των ακτινών προς σύννεφα τεχνητής ομίχλης. Συνήθως η τεχνική συνδυαζόταν με μουσική. Τα αποτελέσματα αυτών των παρουσιάσεων ήταν συχνά πολύ εντυπωσιακά, ιδίως τη νύχτα όπου οι ακτίνες φεγγοβόλουν στον μαύρο ουρανό. Δυστυχώς, ελάχιστοι καλλιτέχνες μπορούσαν να ανταποκριθούν οικονομικά στον εξοπλισμό που απαιτούσε

αυτού του τύπου η τεχνική. Επομένως, έγινε περισσότερο σύνηθες σε οργανισμούς να πραγματοποιούν δημοσίως τέτοιου τύπου θεάματα, που κατέληξαν να ονομάζονται "light show" (παράσταση με φως). Η πρώτη δημόσια παράσταση με λέιζερ πραγματοποιήθηκε στο Mills College, στην Oakland της Καλιφόρνια, στις 9 Μαΐου 1969. Η ίδια ομάδα που πραγματοποίησε το σόου στο Mills College, παρουσίασε μια πιο θεαματική εκδοχή το 1970 στο περίπτερο της Pepsi-Cola, στην εμπορική έκθεση EXPO '70, στην Οσάκα της Ιαπωνίας, σε κοινό που ξεπερνούσε τα δύο εκατομμύρια ανθρώπων. Στην παρουσίαση του EXPO '70, οι καλλιτέχνες έστησαν περιστρεφόμενους καθρέπτες και τους συνέδεσαν με καλώδιο με εξοπλισμό που έπαιζε μουσική. Έριξαν τέσσερις χρωματιστές ακτίνες λέιζερ - κόκκινες, κίτρινες, πράσινες και μπλε - στους καθρέπτες. Όταν έπαιζε η μουσική, οι ήχοι περνούσαν από τα καλώδια, αναγκάζοντας τους καθρέπτες να περιστρέφονται σε διαφορετικές ταχύτητες. Παράλληλα, οι καθρέπτες διέχεαν τις ακτίνες στο χώρο σχηματίζοντας περίπλοκα σχέδια, που συχνά εναρμονίζονταν με το ρυθμό της μουσικής. Πολλοί από τους θεατές ανέφεραν ότι ο συνδυασμός του φωτός και της μουσικής ήταν εξαιρετικά όμορφος.



Ένα τεράστιο πλήθος απολαμβάνει μία λέιζερ παρουσίαση προβαλλόμενη επάνω στο γρανίτη της επιφάνειας του βουνού Στόουν κοντά στην Ατλάντα, Γεωργία.

Μία πολύ πιο θεαματική παρουσίαση της τέχνης του λέιζερ έγινε κατά της διάρκεια του δισεκατονταετούς εορτασμού των Η.Π.Α. που έλαβε χώρα στο Μνημείο της Ουάσινγκτον το 1976. Ένα κοινό της τάξης των τεσσάρων εκατομμυρίων ανθρώπων παρακολούθησαν το σόου, και οι ακτίνες ήταν ορατές από απόσταση 20 μιλίων. Άλλοι καλλιτέχνες που ασχολούνταν με το λέιζερ έστησαν δύο μεγάλης κλίμακας παρουσιάσεις το 1980, την μία με αφορμή τον 350ό εορτασμό της πόλης της Βοστώνης και την άλλη για το πάρτυ προς τιμήν της ανάληψης των πολιτικών καθηκόντων του προέδρου Ρόναλντ Ρήγκαν.

Σε αυτά τα μεγάλα λέιζερ σόου, οι δέσμες φωτός θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως το κυρίως θέαμα. Η μουσική υποστήριζε την οπτική παρουσίαση. Αλλά σύντομα έγινε σαφές στους επαγγελματίες του χώρου της μουσικής, ότι και το ακριβώς αντίθετο θα μπορούσε κάλλιστα να λειτουργήσει. Επομένως, τα λέιζερ σόου αποτέλεσαν κοινή πρακτική σε συναυλίες, ειδικά σε ροκ συναυλίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μουσική παρουσίαση αποτελεί το κυρίως θέαμα, ενώ το λέιζερ σόου παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Πολλά γνωστά ροκ συγκροτήματα και άλλοι καλλιτέχνες που ασχολούνται με τη δισκογραφία έχουν φιλοξενήσει τέτοιου τύπου σόου στις συναυλίες τους. Οι “Who” ήταν το πρώτο συγκρότημα που το εφήρμοσε και οι Pink Floyd έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλής για τα λέιζερ σόου τους.

Κατά καιρούς έχουν υπάρξει διάφορα ερωτηματικά σχετικά με την ασφάλεια των λέιζερ σόου κατά τη διάρκεια ροκ συναυλιών. Ορισμένα από τα πρώτα σόου “έριχναν” τις ακτίνες στο κοινό, κάτι το οποίο ήταν ενδεχομένως επικίνδυνο. Οι ακτίνες δεν είναι αρκετά ισχυρές ώστε να δημιουργήσουν δερματικό έγκαυμα στον άνθρωπο, αλλά εάν μία ακτίνα πέσει κατευθείαν στα μάτια ενός ανθρώπου μπορεί να δημιουργήσει μόνιμη τύφλωση. Εξαιτίας αυτού του κινδύνου, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανόνες σχετικά με το πώς τα λέιζερ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συναυλίες.

Οι δίσκοι λέιζερ προκαλούν επανάσταση

Ενώ το λέιζερ συνεχίζει να ενθουσιάζει κόσμο σε μεγάλα σόου, τους διασκεδάζει επίσης, σε κάποιο βαθμό, και στα σπίτια τους. Στα τέλη της δεκαετίας του '70 και στις αρχές της δεκαετίας του '80, άρχισε μία επανάσταση στην τεχνολογία που μπορεί κανείς να δει και να ακούσει. Αρχικά εμφανίστηκε το videodisc player, το οποίο μπορούσε να προβάλλει ταινίες και άλλα παρεμφερή θεάματα σε οθόνη τηλεόρασης. Ο δίσκος ήταν κρυπτογραφημένος με οπτικές πληροφορίες (την ταινία) με τον ίδιο τρόπο που κρυπτογραφούνται οι δίσκοι αποθήκευσης υπολογιστών. Μία ακτίνα λέιζερ “καίει” τα σχέδια σε μία ταινία που καλύπτει το δίσκο και αργότερα ένα μικρό λέιζερ μέσα στη συσκευή (τον player) ανιχνεύει τον δίσκο και αναμεταδίδει την εικόνα στην οθόνη. Η αναπαραχθείσα εικόνα είναι πιο καθαρή και ευδιάκριτη απ’ ό,τι αυτή που παράγεται από μία βιντεοκασέτα.

Δυστυχώς, οι πρώτες συσκευές αναπαραγωγής δίσκων βίντεο που εμφανίστηκαν στην αγορά είχαν πολλά προβλήματα. Σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό τους είχαν προβλήματα κατασκευής και οι καταναλωτές τα επέστρεψαν. Επίσης, οι εταιρείες

κατασκευής δεν δημιούργησαν μία μεγάλη ποικιλία τίτλων κινηματογραφικών ταινιών ώστε να ικανοποιήσουν τους καταναλωτές. Υπήρχαν πολύ περισσότεροι τίτλοι ταινιών σε βιντεοκασέτα και οι ίδιες οι συσκευές αναπαραγωγής βίντεο φαίνονταν περισσότερο αξιόπιστες. Επομένως, οι λέιζερ δίσκοι αναπαραγωγής βίντεο δεν κέρδισαν αμέσως την εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

Όσο οι ειδικοί δούλευαν πάνω στο να αποβάλλουν τα προγραμματιστικά λάθη από την τεχνολογία που αφορούσε τους δίσκους βίντεο, οι ηχητικοί δίσκοι λέιζερ, ευρύτερα γνωστοί ως cd, εισήχθησαν στην αγορά. Αυτοί είχαν άμεση ανταπόκριση από το κοινό και γρήγορα αντικατέστησαν τους παραδοσιακούς δίσκους βινυλίου. Μία αιτία για την επιτυχία του cd ήταν η εξαιρετικής ποιότητας αναπαραγωγή του ήχου. Σε έναν φωνογράφο η βελόνα έρχεται σε άμεση επαφή με τις στροφές που υπάρχουν στην επιφάνεια του δίσκου, και όσο περισσότερο παίζεται ο δίσκος, τόσο περισσότερο φθείρεται. Επιπλέον, ο παραδοσιακός δίσκος βινυλίου μπορεί να συγκρατήσει μόνο συγκεκριμένο όγκο μουσικής πληροφορίας.

Αντιθέτως, σε μία συσκευή αναπαραγωγής cd, μόνο μία ακτίνα λέιζερ αγγίζει την επιφάνεια του δίσκου. Επομένως, εκτός απρόοπτων ατυχημάτων ή κακή χρήση, οι δίσκοι λέιζερ δεν φθείρονται. Επιπλέον, μπορούν να υποστηρίξουν πολύ μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας απ' ό,τι οι συμβατικοί δίσκοι και ο ήχος τους είναι πιο ευδιάκριτος και περισσότερο ρεαλιστικός. Οι υπόλοιπες αιτίες για την επιτυχία των ηχητικών cd είναι οι ίδιες με αυτές της επιτυχίας της βιντεοκασέτας. Οι συσκευές αναπαραγωγής ηχητικών cd απέδειξαν ότι είναι αξιόπιστες. Ελάχιστοι αγοραστές τις επέστρεψαν και οι κατασκευαστές γρήγορα δημιούργησαν δεκάδες χιλιάδες λίστες με τίτλους κινηματογραφικών ταινιών. Στην πραγματικότητα, πολλοί τίτλοι υπήρχαν σε cd που δεν μπορούσαν να βρεθούν σε συμβατικές εγγραφές.

CD Player

Μια πλευρά ενός compact disc έχει ένα αντανακλαστικό επίστρωμα στο οποίο ένα σχέδιο των κοιλωμάτων έχει χαραχτεί. Όπως φαίνεται στη διεύρυνση κατωτέρω, μια ακτίνα λέιζερ απεικονίζει από αυτά τα κοιλώματα επάνω σε μια φωτοευαίσθητη συσκευή αποστολής σημάτων. Η συσκευή αποστολής σημάτων μετατρέπει το σχέδιο των αντανακλάσεων στα ηλεκτρονικά σήματα, τα οποία μετατρέπονται στον ήχο.

Η επιστροφή των λέιζερ δίσκων βίντεο και των dvd

Εν τω μεταξύ, η τεχνολογία των δίσκων βίντεο έκανε σταδιακά την επανεμφάνισή της. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90, οι ερευνητές είχαν εξελίξει σημαντικά την τεχνολογία και είχαν δημιουργήσει πολύ πιο αξιόπιστες συσκευές αναπαραγωγής, με πολύ πιο ευδιάκριτες και ρεαλιστικές τις αναπαραχθείσες από λέιζερ δίσκους εικόνες. Επιπλέον, σε μια προσπάθεια να προσελκύσουν νέους πελάτες, οι

κατασκευαστές προσέφεραν μια ευρύτερη ποικιλία από τίτλους ταινιών και εισήγαγαν την ιδέα των πολυτελών εκδόσεων ταινιών. Οι πολυτελείς εκδόσεις, οι οποίες στις μέρες μας έχουν σχεδόν καθιερωθεί, συχνά περιλαμβάνουν επιπλέον υλικό (σκηνές που παίχτηκαν στο αρχικό φιλμ αλλά χάθηκαν με το πέρασμα των ετών) καθώς και υλικό που αφορά στο πώς γυρίστηκε η ταινία.

Προς το τέλος της δεκαετίας του '90, μία νεότερη, περισσότερο εξελιγμένη εκδοχή του λέιζερ δίσκου βίντεο – ο ψηφιακός δίσκος βίντεο ή, εναλλακτικά, dvd – εμφανίστηκε. Το dvd παράγει μία ευκρινέστερη, πιο σαφή εικόνα απ'ό,τι η συμβατική βιντεοκασέτα ή το λέιζερ cd. Αυτό συμβαίνει επειδή η εικόνα μίας βιντεοκασέτας μπορεί να τεμαχιστεί σε 210 επι μέρους οριζόντιες γραμμές, ενώ μία εικόνα cd έχει 425 γραμμές και μία εικόνα dvd 540 γραμμές. Όσο περισσότερες είναι οι γραμμές, τόσο ευκρινέστερη είναι η εικόνα.⁸

Η τεχνολογία λέιζερ των dvd έγινε εξαιρετικά δημοφιλής σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Έως το τέλος του 2001 υπολογίζεται ότι είχαν πωληθεί περίπου 22 εκατομμύρια συσκευές αναπαραγωγής dvd. Το ίδιο έτος η ταινία Shrek σημείωσε ρεκόρ πωλήσεων της τάξεως των 2.5 εκατομμυρίων dvd, το οποίο σύντομα ξεπεράστηκε από την ταινία How the Grinch stole Christmas, με πωλήσεις της τάξεως των 3 εκατομμυρίων.

Η εμφάνιση των ολογραφικών εικόνων

Μία άλλη μορφή τέχνης και ψυχαγωγίας με φως λέιζερ ονομάζεται ολογραφία, ένας ιδιαίτερος τύπος φωτογραφίας που δημιουργεί τρισδιάστατες εικόνες. Αντιθέτως, μία συμβατική κάμερα παράγει εικόνες που είναι μόνο δύο διαστάσεων. Η ολογραφία άρχισε να εξελίσσεται στα τέλη της δεκαετίας του '40, αρκετά πριν την εμφάνιση των λέιζερ. Η βασική ιδέα ήταν να προσπίπτουν δύο ξεχωριστές ακτίνες φωτός σε ένα φωτοευαίσθητο κομμάτι φωτογραφικού φιλμ. Η μία ακτίνα ανακλάται από το αντικείμενο που φωτογραφίζεται ενώ η άλλη διαδίδεται ακολουθώντας διαφορετικό μονοπάτι, και οι δύο ακτίνες μαζί κατέληγαν στο κομμάτι του φωτογραφικού φιλμ την ίδια στιγμή. Άπαξ και εκτίθετο στο φως, το φιλμ αυτό καθ'αυτό γινόταν ολόγραμμα. Αργότερα, όταν ένα άτομο “έριχνε” μία τρίτη ακτίνα στο ολόγραμμα, μία τρισδιάστατη εικόνα του αντικειμένου υποτίθεται ότι γινόταν ορατή.

Η ιδέα είχε θεωρητική εξήγηση, αλλά ήταν πολύ δύσκολο να κατασκευαστεί ένα μοντέλο εργασίας. Ένα πρόβλημα ήταν ότι το φως θα έπρεπε να ήταν σύμφωνο. Ένα επιπλέον πρόβλημα ήταν ότι και οι δύο ακτίνες έπρεπε να είναι μονοχρωματικές. Η παραγωγή δύο ίδιων ακτίνων με τέτοιες ιδιότητες ήταν αδύνατον εκείνη την εποχή. Οι ερευνητές δοκίμασαν όλα τα είδη πηγών φωτός αλλά κανένα δεν δούλεψε ιδιαίτερα καλά, και η πρόοδος στην ολογραφία ήταν αργή σε όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του '50.

Αργότερα, στα 1960, ο Theodore Maiman κατασκεύασε το λέιζέρ Ρουβιδίου και η ολογραφία έλαβε μία ξαφνική ώθηση. Οι ερευνητές είχαν τώρα μία πηγή φωτός που

ήταν καθαρή, συνεκτική, και μονοχρωματική. Βρήκαν ότι μπορούσαν να παράγουν δύο πανομοιότυπες ακτίνες λέιζερ με το να περνούν τη μία ακτίνα λέιζερ μέσω μιας συσκευής που λέγεται θραύστης ακτίνων. Αυτές οι ακτίνες ανακλώντουσαν από μία σειρά καθρεφτών για να φτάσουν στο φωτογραφικό φιλμ.

Ολογραφία

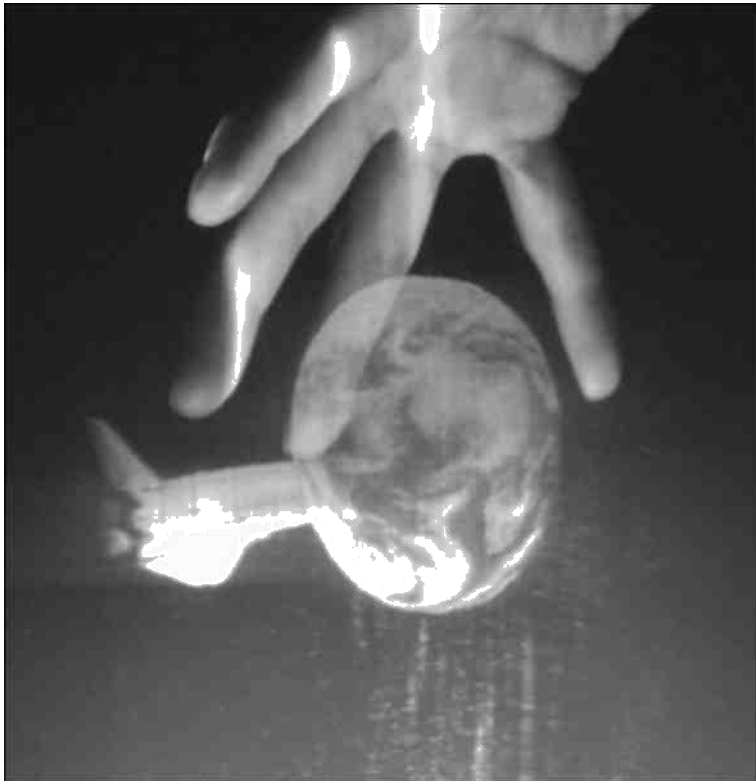
Τα ολογράμματα είναι φωτογραφίες που φαίνονται τρισδιάστατες. Τα αντικείμενα σε ένα ολόγραμμα εμφανίζονται να κινούνται όταν παρατηρούνται από τις διαφορετικές γωνίες. Ένα ολόγραμμα δημιουργείται κατευθύνοντας μια ακτίνα λέιζερ στο αντικείμενο που πρόκειται να φωτογραφηθεί. Μεταξύ του λέιζερ και του αντικειμένου, εντούτοις, είναι ένας επιστρωμένος με ασήμι καθρέφτης, ή ένας διαχωριστής δέσμης, οι οποίοι χωρίζουν την ακτίνα λέιζερ σε δύο. Μια από τις ακτίνες, αποκαλούμενη ακτίνα αναφοράς, απεικονίζεται άμεσα από τον καθρέφτη στο φωτογραφικό πιάτο. Η άλλη ακτίνα γνωστή ως η ακτίνα αντικειμένου, πρώτα διαπερνά ένα κάτοπτρο. Κατόπιν ανακλάται από το αντικείμενο και προσπίπτει πάνω στην φωτογραφική πλάκα. Η συμβολή αυτών των δύο ακτίνων όταν συναντιούνται στο φωτογραφικό film προκαλεί την τρισδιάστατη φύση του ολογράμματος.

Σχεδόν όλοι πιθανώς να έχουν δει ένα ολόγραμμα. Οι τρισδιάστατες εικόνες στις πιστωτικές κάρτες είναι ολογράμματα, όπως είναι και πολλοί τρισδιάστατοι χαρακτήρες και αντικείμενα που βρίσκονται σε βιντεοπαιχνίδια. Μερικές φορές αυτές οι εικόνες μοιάζουν τόσο πραγματικές που ο θεατής φτάνει να θέλει να τις ακουμπήσει, αλλά και μόνο για να συνειδητοποιήσει ότι είναι ψευδαίσθηση.

Παρόλα αυτά, ορισμένα τεχνικά προβλήματα με την ολογραφία εξακολουθούν να υπάρχουν. Αντικείμενα που είναι πολύ μεγάλα δεν μπορούν να φωτογραφηθούν πολύ καλά. Και επειδή το μονοχρωματικό φως πρέπει να χρησιμοποιηθεί, οι παραχθείσες φωτογραφίες είναι σε ένα χρώμα. Ο μόνος τρόπος να δημιουργηθούν πολύχρωμες φωτογραφίες είναι συνδυάζοντας πολλές διαφορετικές χρωματιστές ακτίνες λέιζερ, κάτι που είναι πολύ δύσκολο να γίνει. Οι φωτογραφίες που γίνονται με αυτόν τον τρόπο δεν φαίνονται εντελώς φυσικές. Επίσης, τα μόρια αέρα απορροφούν κάποιο από το φως και κάνουν τις φωτογραφίες να φαίνονται κοκκώδεις. Αλλά, οι επιστήμονες δουλεύουν επ' αυτού, ώστε να ξεπεραστούν τέτοιου είδους προβλήματα.

Οι καλλιτέχνες έχουν προσπαθήσει να δουλέψουν με ολογράμματα αλλά, όπως και με τα λέιζερ, ο εξοπλισμός είναι ακριβός. Μία πιο πρακτική, σχετική με την τέχνη, χρήση της ολογραφίας είναι στο να εξετάζει παλιούς πίνακες. Όταν ένα παλιό αριστοτέχνημα φωτογραφίζεται για να δημιουργηθεί ένα ολόγραμμα, οι ειδικοί μπορούν να εντοπίσουν ποιά σημεία του πίνακα έχουν ανάγκη αποκατάστασης.

Αυτό το ολόγραμμα, μια τρισδιάστατη εικόνα που δημιουργήθηκε με τη διάθλαση του φωτός λέιζερ μέσω μιας ακτίνας, παρουσιάζει μια διαστημική διαδρομή που θέτει τη Γη σε τροχιά



Μαγικός λέιζερ κινηματογράφος

Επίσης, μία ακόμη χρήση των λέιζερ στον τομέα της ψυχαγωγίας είναι η παραγωγή ειδικών εφέ στις ταινίες. Πολλές εταιρείες που παράγουν αυτά τα εφέ (που αναφέρονται συνήθως ως “οίκοι των ειδικών εφέ”) χρησιμοποιούν λέιζερ κάνοντας χρήση υψηλής ποιότητας τεχνικής ώστε να βοηθήσουν τον εξοπλισμό τους στα να παράξει πιο αληθοφανή χρώματα. Η πρώτη ταινία που χρησιμοποίησε λέιζερ για να εκτυπώσει εικόνες κατευθείαν στο φιλμ ήταν το Young Sherlock Holmes, που βγήκε στους κινηματογράφους το 1985. Η Industrial Light and Magic (ILM), ίσως η πιο διάσημη εταιρεία παραγωγής ειδικών εφέ, δημιούργησε τα εφέ της ταινίας. Σε μία σκηνή “ζωντανεύει” ένας ζωγραφισμένος πάνω σε εκκλησιαστικό βιτρώ ιπότης. Ο ιπότης πηδάει από ένα παράθυρο και κυνηγάει έναν παπά έξω από την εκκλησία.

Το εφέ δημιουργήθηκε με τον ακόλουθο τρόπο: οι καλλιτέχνες της ILM ζωγράρισαν τον ιπότη πάνω σε μία οθόνη τηλεόρασης χρησιμοποιώντας ένα ειδικό στυλό που χρησιμοποιούσε ηλεκτρισμό αντί μελανιού ή μπογιάς. Η εικόνα ήταν αποθηκευμένη σε έναν υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος με την οθόνη. Μετά, οι καλλιτέχνες προγραμμάτισαν τον υπολογιστή να αναδιατάξει την εικόνα ώστε να μπορεί να παρατηρηθεί από πολλές διαφορετικές οπτικές γωνίες. Έπειτα ο υπολογιστής δημιούργησε φωτογραφίες για καθεμιά από τις διαφορετικές κινήσεις που θα έκανε ο ιπότης στην συγκεκριμένη σκηνή. Όταν οι καλλιτέχνες ρύθμισαν τον υπολογιστή να παίζει όλες αυτές τις εικόνες γρήγορα, ο ιπότης παρουσιάζοταν να κινείται στην οθόνη του υπολογιστή.

Στο τελευταίο και πιο σημαντικό βήμα, οι καλλιτέχνες μετέφεραν τις εικόνες του ιπότη από τον υπολογιστή στο φωτογραφικό φιλμ. Δεδομένου ότι είχαν ήδη εργαστεί για τον σχεδιασμό παρόμοιων εφέ σε προηγούμενες ταινίες, εν προκειμένω οι καλλιτέχνες απλά φωτογράρισαν τις εικόνες κατευθείαν από την οθόνη του υπολογιστή. Αλλά η φωτογραφία που προβάλλεται πάνω σε οθόνη υπολογιστή δεν είναι τόσο ευκρινής και καθαρή όσο θα ήθελαν οι δημιουργοί της ταινίας, οπότε οι καλλιτέχνες της ILM αποφάσισαν να συνδέσουν τον υπολογιστή σε λέιζερ. Ο υπολογιστής κατήυθνε το λέιζερ ώστε να μεταφέρει, ή να “ζωγραφίσει” τις αποθηκευμένες εικόνες του ιπότη

μέσα στο κενό φιλμ. Η εικόνα του ιππότη φαινόταν τώρα πιο λεπτομερής, και τα χρώματα ήταν πολύ πιο ζωντανά. Αργότερα, αυτό το κομμάτι του φιλμ με τον κινούμενο ιππότη συνδυάστηκε με το ξεχωριστό μήκος του φιλμ που αφορούσε τον ιερέα στην εκκλησία. Στην τελική εκδοχή που παρουσιάστηκε στις κινηματογραφικές αίθουσες, ο ιππότης έμοιαζε κυριολεκτικά να περπατάει μέσα στην εκκλησία.

Πολλές μεταγενέστερες ταινίες υιοθέτησαν αυτήν καθώς και άλλες τεχνικές λέιζερ. Η ταινία *Jurassic Park 3*, για παράδειγμα, χρησιμοποίησε λέιζερ για να δημιουργήσει υπολογιστικά μοντέλα δεινοσαύρων που παθαίνουν “αμόκ” στην ταινία. Αρχικά, οι τεχνικοί δημιούργησαν μία μακέτα δεινοσαύρου. Έπειτα έριξαν μία ακτίνα λέιζερ πάνω στην επιφάνεια της μακέτας και η ακτίνα μετέφερε με υψηλή λεπτομέρεια την εικόνα στον υπολογιστή. Αργότερα, οι σχεδιαστές χρησιμοποίησαν υψηλών προδιαγραφών υπολογιστικά προγράμματα animation ώστε να δώσουν υπόσταση στις εικόνες του υπολογιστή.

Αυτά τα παραδείγματα περιγράφουν την χρήση των λέιζερ πίσω από τις κάμερες. Αλλά τί γίνεται αναφορικά με τα λέιζερ στην οθόνη; Όσο παράδοξο κι αν ακούγεται, όταν οι κινηματογραφιστές θέλουν να απεικονίσουν μία ακτίνα λέιζερ στην οθόνη, δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν πραγματική ακτίνα λέιζερ. Για παράδειγμα, αντίθετα με την κοινή αντίληψη ότι τα ξίφη από λέιζερ που χρησιμοποιούσε ο Luke Skywalker και οι υπόλοιποι χαρακτήρες στις ταινίες *Star War* δεν ήταν καθόλου λέιζερ.

Υπάρχει μία πληθώρα αιτιών ως προς το γιατί αυτές οι ακτίνες λέιζερ δεν είναι πραγματικές. Αρχικά, οι αληθινές συσκευές λέιζερ δεν μπορούν να παράξουν ακτίνες μήκους μόνο τριών ποδιών. Αντίθετα, οι ακτίνες μπορούν να συνεχίσουν να διαχέονται και να προκαλούν βλάβες σε έπιπλα, τοίχους και σώματα αθώων θεατών. Επίσης, η επενέργεια δύο ακτινών που πέφτουν η μία πάνω στην άλλη όπως δύο μεταλλικά συμβατικά ξίφη, είναι εντελώς φανταστική. Οι πραγματικές ακτίνες λέιζερ απλά περνούν η μία διαμέσου της άλλης, μία εικόνα που θα έκανε μία κινηματογραφική μάχη να φαίνεται αμήχανη και περισσότερο κωμική παρά δραματική. Το πλέον εμφανές πρόβλημα με την χρήση πραγματικών λέιζερ, θα μπορούσε να είναι ο κίνδυνος που προκαλεί η λάμψη των ακτινών. Οι ηθοποιοί και τα περισσότερα μέλη του κινηματογραφικού πληρώματος θα τυφλώνονταν μέσα σε διάστημα μίας ώρας. Επομένως, προς στιγμήν, η απεικόνιση των ακτινών λέιζερ σε μία ταινία πρέπει να πραγματοποιείται με περισσότερο παραδοσιακά είδη ειδικών εφέ.

Παρόλα αυτά, τα πραγματικά λέιζερ έχουν προσθέσει μία καινούρια, οπτικά ενδιαφέρουσα διάσταση στον κόσμο της ψυχαγωγίας. Τα επόμενα χρόνια είναι βέβαιο ότι οι επιστήμονες και οι καλλιτέχνες θα συνεχίσουν να συνδυάζουν τα ταλέντα τους ώστε να παράγουν πολλές εφευρετικές και δραματικές νέες φόρμες ψυχαγωγίας, βασισμένης σε λέιζερ.

Κεφάλαιο 7

Το μέλλον του λείζερ

Η σύγχρονη τεχνολογία εξελίσσεται τόσο γρήγορα που ο μέσος άνθρωπος απλώς δεν μπορεί να την παρακολουθήσει. Ακόμα και μερικοί επιστήμονες αγνοούν περιστασιακά ανακαλύψεις που γίνονται σε άλλα επιστημονικά πεδία. Βοηθούν στην ανακάλυψη καινούργιας γνώσης, πυροδοτώντας εκ νέου την έκρηξή της, ενόσω, με την εξέλιξη των επικοινωνιών, συμβάλλουν στην εξάπλωσή της σε όσους την αποζητούν.

Κανείς δεν μπορεί να προβλέψει ποιές νέες και άγνωστες – στο ευρύ κοινό - ανακαλύψεις θα στιγματίσουν τον επόμενο αιώνα της επιστήμης. Αυτές οι ανακαλύψεις θα αλλάξουν αναμφίβολα τον κόσμο με τρόπους που δεν μπορεί κανείς να φανταστεί. Τί μπορεί να συλλάβει κάποιος είναι πιθανοί τρόποι με τους οποίους η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο προσεχές μέλλον. Στην περίπτωση του λείζερ, μπορούμε να αναλογιστούμε ποιες μελέτες βρίσκονται τώρα σε εξελισσόμενο στάδιο και ποιες άλλες έχουν άμεση εφαρμογή, σύμφωνα με τους ειδικούς.

Ρεαλιστικές εικόνες σε Σπίτια και Γραφεία

Πολλοί ειδικοί αναμένουν ότι η πρόοδος στους οπτικούς υπολογιστές θα οδηγήσουν για παράδειγμα στην επακόλουθη τελειοποίηση της ολογραφίας. Σύμφωνα με κάποιες εκτιμήσεις, μέσα σε είκοσι χρόνια, οι τρισδιάστατες ολογραφικές ταινίες θα αποτελούν κοινό τόπο. Θα είναι σα να παρακολουθούμε παλιομοδίτικες τρισδιάστατες ταινίες, με μόνη διαφορά την μη αναγκαιότητα των ειδικών γυαλιών. Ακόμα και η ολογραφική τηλεόραση θα έχει πιθανώς εξελιχθεί, παρόλο που θα είναι πολύ δύσκολο να φτιαχτεί δεδομένου ότι η δημιουργία μίας ολογραφικής εικόνας απαιτεί πολύ μεγάλο όγκο πληροφοριών. Η μετάδοση της πληροφορίας ενός μόνο ολογράμματος σε ένα σπίτι, απαιτεί ένα καλώδιο με την ικανότητα πεντακοσίων τηλεοπτικών καναλιών. Μόλις το ολόγραμμα φτάσει στο σαλόνι κάποιου, η ίδια η τηλεόραση θα πρέπει να μπορεί να προβάλλει το ολόγραμμα, και αυτό απαιτεί μία οθόνη με παραπάνω από χίλιες φορές δυνατότητα απόδοσης της λεπτομέρειας απ' ό, τι οι σύγχρονες τηλεοπτικές οθόνες.

Αλλά πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι αυτά τα προβλήματα θα λυθούν. Εάν γίνει αυτό, περισσότερη ψυχαγωγία μπορεί να εισχωρήσει στα σπίτια των ανθρώπων. Όταν χτυπάει το τηλέφωνο, για παράδειγμα, η προβαλλόμενη εικόνα του καλούντος μπορεί να εμφανίζεται στον χώρο, μία ψευδαίσθηση που θα μπορούσε να φαίνεται απολύτως πραγματική (εκτός, φυσικά, εάν το πρόσωπο που δέχεται την κλήση είναι σε θέση να περπατήσει διαμέσου της εικόνας του καλούντος). Άπαξ και τελειοποιηθεί, αυτή η απίστευτη τεχνολογία δεν θα περιοριστεί μόνο στις τηλεφωνικές κλήσεις. Θα διενεργούνται επαγγελματικές συναντήσεις στις οποίες μόνο λίγοι ή ακόμη και κανείς από τους συμμετέχοντες δεν θα βρίσκεται πραγματικά στον τόπο της συνάντησης.

Αντίστοιχα, το ολόγραμμα ενός καθηγητή μπορεί να είναι σε θέση να εμφανίζεται στο υπνοδωμάτιο ενός μαθητή ο οποίος είναι στο σπίτι του, άρρωστος.

Φυσικά, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με αδόκιμο τρόπο. Για παράδειγμα, μια δυσφημισμένη κυβέρνηση ή οργανισμός θα μπορούσε να εγκαταστήσει μυστικά μία ολογραφική κάμερα στο σπίτι κάποιου, και μετά να τον κατασκοπεύει με το να παρακολουθεί ένα τρισδιάστατο ολόγραμμα των κινήσεών του. Τέλος, αυτό θα μπορούσε να είναι μια δυσάρεστη κατάσταση. Είναι προτιμότερο, εάν μία τέτοια τεχνολογία γίνει κοινός τόπος, να αναπτυχθούν δικλείδες ασφαλείας ώστε να αποθαρρυνθούν τέτοιες παραβιάσεις της ιδιωτικής ζωής του ατόμου.

Κάνοντας μια βόλτα στα μαγαζιά με Ηλεκτρονικά Είδη;

Εξελιγμένες συσκευές βασισμένες στην λέιζερ τεχνολογία μπορούν επίσης να μετατρέψουν συνηθισμένους ανθρώπους σε εικονική βόλτα σε μαγαζιά με ηλεκτρονικά είδη. Το γεγονός ότι η ακτίνα ενός λέιζερ μπορεί να εστιαστεί σε ένα μικροσκοπικό σημείο, τής έχει δώσει ήδη την ικανότητα να δημιουργεί δίσκους ώστε να αποθηκεύει μεγάλο όγκο πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων και βίντεο δίσκων ή ακουστικών δίσκων υψηλής ποιότητας. Οι ερευνητές εργάζονται πάνω στο να επεκτείνουν αυτήν την αρχή ώστε να συρρικνωθεί το μέγεθος των ηλεκτρονικών συσκευών, με σκοπό να μπορούν να μεταφερθούν ή ακόμη και να μπορούν να “φορευθούν” από έναν μέσο άνθρωπο. Ένας πολύ μικρός δίσκος προγραμματισμένος με δισεκατομμύρια στοιχεία πληροφορίας θα γίνει ο πυρήνας κάθε συσκευής. Οι ίδιες οι συσκευές θα πρέπει να τροποποιηθούν ώστε να δουλεύουν με οπτικές ίνες ή με κάποιο άλλο σύστημα που να αποβάλλει τα συμβατικά μεταλλικά καλώδια και κυκλώματα. Αυτό θα επιτρέψει στις συσκευές να είναι εξαιρετικά μικρές.

Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μία πολύ μικρή μονάδα, που θα μπορεί πιθανότατα να ενσωματωθεί σε ένα συμβατικό ρολόι ή να κουβαλιέται σε μία τσέπη ή τσάντα. Μία τέτοια μονάδα θα περιλαμβάνει τηλέφωνο, τηλεόραση, ραδιόφωνο, μαγνητόφωνο, και ασύρματο αναμεταδότη για σύνδεση στο Διαδίκτυο. Αντί της χρήσης μίας ογκώδους οθόνης μόνιτορ, ένα μικροσκοπικό λέιζερ μέσα σε μία μονάδα, θα προβάλλει εικόνες από την τηλεόραση, από συσκευή αναπαραγωγής βίντεο, ή από το ίντερνετ πάνω σε μία λευκή επιφάνεια, με τη μορφή ενός ολογράμματος λέιζερ. Ένα τέτοιο γκάτζετ θα είναι ο πρόδρομος του “μηχανήματος τριπλής εγγραφής”, η συσκευή του μέλλοντος που επιτρέπει στους χαρακτήρες του Star Trek να συγκεντρώνονται, να έχουν πρόσβαση και να αναλύουν όλων των ειδών τις πληροφορίες.



Ένας γιατρός αφαιρεί έναν όγκο εγκεφάλου στοχεύοντας μια ακτίνα λέιζερ στον όγκο. Ο εκτεθειμένος εγκέφαλος είναι ορατός στις περιβάλλουσες οθόνες οργάνων ελέγχου.

Εγκέφαλοι και μάτια σαν καινούργια

Μία ακόμη συσκευή Star Trek χρησιμοποιεί ακτίνες φωτός για να θεραπεύει πληγές, σπασμένα κόκκαλα και εσωτερικά τραύματα. Σε παρόμοιο πνεύμα, οι γιατροί έχουν ήδη ξεκινήσει να χρησιμοποιούν λέιζερ σε χειρουργικές επεμβάσεις εγκεφάλου για διαδικασίες όπως το κάψιμο όγκων που έχουν σχηματιστεί μέσα στο κρανίο. Ορισμένοι ερευνητές ελπίζουν ότι πολλοί άλλοι τύποι λεπτών επεμβάσεων εγκεφάλου θα μπορούν να πραγματοποιηθούν με τα λέιζερ. Κάποιες τέτοιες θεραπείες μπορεί να χρησιμοποιούν χαμηλής έντασης φως λέιζερ για να προκαλέσουν χημικές αντιδράσεις σε επιλεγμένους τομείς του ιστού του εγκεφάλου, αντιδράσεις που μπορεί να βοηθήσουν στον έλεγχο συγκεκριμένων διανοητικών διαταραχών.

Το μέλλον των λέιζερ στην οφθαλμολογική χειρουργική υπόσχεται ήδη να επιφέρει έναν κόσμο στον οποίο κανείς δεν χρειάζεται γυαλιά μυωπίας ή φακούς επαφής. Αναδιαμορφώνοντας τον κερατοειδή χιτώνα με το λέιζερ είναι πλέον κοινή ιατρική πρακτική. Αλλά μόνο σε λίγα χρόνια οι γιατροί θα είναι σε θέση να πάνε παρακάτω και να αναδιαμορφώσουν πλήρως τον ανθρώπινο οφθαλμό χρησιμοποιώντας ακτίνες λέιζερ. Μία ακτίνα θα μπορεί με ακρίβεια να μετρήσει το μάτι σε τρεις διαστάσεις ώστε να επισημάνει οποιοδήποτε πρόβλημα και να τροφοδοτήσει στον υπολογιστή με τις πληροφορίες οι οποίες θα δείξουν ακριβώς πώς ο οφθαλμός θα πρέπει να αναδιαμορφωθεί. Οι γιατροί, θα χρησιμοποιήσουν τότε διαφορετική ακτίνα για να “κόψουν” την κόρη του ματιού σε ποικίλα στρατηγικά σημεία και άλλη ακτίνα για να

επανενώσουν τις τομές. Τελικά, η κόρη του ματιού θα έχει σχηματιστεί σωστά και η όραση του ατόμου θα έχει αποκατασταθεί πλήρως.

Το όραμα της απεριόριστης ενέργειας

Μία πιο φιλόδοξη και μεγαλεπήβολη μελλοντική χρήση του λέιζερ είναι η παραγωγή ενέργειας, κυρίως στη μορφή ηλεκτρισμού για τροφοδότηση κατοικιών, εργοστασίων, γραφείων και μηχανών. Οι σύγχρονες πηγές ενέργειας είναι η υδραυλική, η καύση άνθρακα, γκαζιού και λαδιού, καθώς και οι πυρηνικοί αντιδραστήρες. Αλλά όλες αυτές οι μέθοδοι ενδέχεται να μην είναι αρκετές για να υποστηρίξουν τις ενεργειακές ανάγκες του μέλλοντος. Ο πληθυσμός της γης συνεχίζει να αυξάνεται ταχύτατα, και περισσότεροι άνθρωποι προβάλλουν απαιτήσεις για περισσότερη ενέργεια. Επιπρόσθετα, η υδραυλική ισχύς απαιτεί κτιριακές εγκαταστάσεις δίπλα σε ποτάμια ή σε φράγματα. Και υπάρχουν αρκετές τέτοιες περιοχές, με τις περισσότερες να μην είναι πολύ κοντά σε κατοικήσιμες περιοχές. Εν τω μεταξύ, οι προμήθειες σε άνθρακα, γκάζι και λάδι έχουν αρχίσει να εξαντλούνται, και οι πυρηνικοί αντιδραστήρες μπορεί να έχουν διαρροή ραδιενέργειας, δημιουργώντας έτσι δημόσιο κίνδυνο. Η διάθεση εξαντλούμενων πυρηνικών υλικών αποτελεί επίσης μεγάλο πρόβλημα. Δεν χρειάζεται, επομένως, να αναρωτηθούμε γιατί δεν υπάρχουν πια καινούργιες πυρηνικές εγκαταστάσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Το λέιζερ, από την άλλη μεριά, υπόσχεται να “ανοίξει” νέες και προφανώς ανεξάντλητες πηγές ενέργειας για τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Η παραγωγή ενέργειας από λέιζερ θα πάρει δύο μορφές, με την πρώτη να είναι ένας ηλιακά τροφοδοτούμενος δορυφόρος. Ο δορυφόρος θα βρίσκεται σε μία ειδική τροχιακή θέση όπου θα μείνει για πάντα πάνω από ένα σταθερό σημείο στην επιφάνεια της γης. Άπαξ και ο δορυφόρος είναι σε θέση, θα αρχίσει να μαζεύει ενέργεια από το ηλιακό φως. Η ενέργεια θα ενεργοποιήσει ένα μεγάλο λέιζερ που θα κατευθύνει την ακτίνα πίσω στη γη όπου ο παραλήπτης θα τη συλλέξει και θα τη μετατρέψει σε ηλεκτρισμό. Εάν αρκετοί από αυτούς τους δορυφόρους μπορέσουν να τεθούν σε τροχιά, ένα μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών της γης, θα μπορέσει να εξοικονομηθεί.

Μία μερίδα ανθρώπων πιστεύει ότι μία τέτοια ακτίνα μπορεί να στοχεύσει σε λάθος κατεύθυνση και να προκαλέσει θανάτους και καταστροφές. Πράγματι, ο στρατός έχει ακολουθήσει αυτήν την μέθοδο για την παραγωγή όπλων ακτινών. Αλλά θα βρεθούν τρόποι να προσαρμοστεί η ισχύς της ακτίνας ώστε να μην προκληθεί καταστροφή. Ο χρόνος και το χρήμα που θα χρειαστεί για να τεθούν αυτοί οι δορυφόροι σε τροχιά θα αξίζουν τον κόπο, δεδομένου ότι το ηλιακό φως είναι ελεύθερο. Και, δεδομένου ότι ο ήλιος αναμένεται να λάμπει για πολλά δισεκατομμύρια ακόμη χρόνια, το ηλιακό φως είναι επίσης σχεδόν ανεξάντλητο.

Η ισχύς του ατόμου

Ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο τα λέιζερ θα παράγουν ενέργεια είναι με το να διευκολύνουν την πυρηνική σύντηξη, διαδικασία που κάνει τον ήλιο και τα άστρα να

λάμπουν. Η σύντηξη είναι η μία από τις δύο διαδικασίες οι οποίες αναφέρονται ως ατομικές (η άλλη είναι η πυρηνική σχάση). Και οι δύο αυτές διαδικασίες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς από τους επιστήμονες στη δημιουργία ατομικών βομβών (Η διάσπαση παράγει την ατομική βόμβα και η τήξη παράγει τη βόμβα υδρογόνου).

Η πυρηνική σχάση συμβαίνει όταν ένα υπο-ατομικό μόριο, όπως το νετρόνιο, χτυπά στο κέντρο, ή στον πυρήνα, ενός ατόμου. Ο πυρήνας διασπάται σε σωματίδια, δημιουργώντας μία έκρηξη ενέργειας. Αυτά τα σωματίδια έπειτα χτυπούν άλλα άτομα, η διαδικασία επιταχύνεται και όσο περισσότερα άτομα διασπώνται δημιουργείται μία αλυσιδωτή αντίδραση, που απελευθερώνει μεγάλο ποσό ενέργειας υπό μορφή θερμότητας και φωτός. Αυτή η μεγάλη απελευθέρωση ενέργειας κατέστρεψε τις πόλεις Χιροσίμα και Ναγκασάκι στην Ιαπωνία το 1945. Αυτοί οι βομβαρδισμοί, που σκότωσαν εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπους, σήμαναν το τέλος του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου. Αργότερα, οι επιστήμονες έμαθαν πώς να προκαλούν διάσπαση σε μικρότερη κλίμακα. Από τη στιγμή που μπόρεσαν να ελέγξουν την διαδικασία, την απεκάλεσαν ελεγχόμενη αντίδραση. Οι ελεγχόμενες αντιδράσεις δημιουργήθηκαν σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ισχύος, όπου η παραγόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό. Αλλά τέτοιες αντιδράσεις εκπέμπουν μεγάλο όγκο επικίνδυνης ραδιενέργειας, κάτι το οποίο έκανε τους επιστήμονες να στραφούν στην ανεύρεση άλλων, ασφαλέστερων πηγών ενέργειας.

Η άλλη πυρηνική διαδικασία, η σύντηξη, συμβαίνει όταν δύο ξεχωριστά άτομα αναγκάζονται να γίνουν ένα. Η δομή των ατόμων καταρρέει και ένα νέο, βαρύτερο άτομο σχηματίζεται. Κατά τη διαδικασία, μεγάλος όγκος ενέργειας απελευθερώνεται με τη μορφή υποπροϊόντος. Στον ήλιο και σε άλλα άστρα, τα άτομα υδρογόνου τήκονται και τείνουν να μετατραπούν σε άτομα ηλίου, ενώ απελευθερώνεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας ή φωτός. Ένα σπουδαίο όφελος της ελεγχόμενης σύντηξης για την παραγωγή ενέργειας είναι ότι η διαδικασία είναι σχετικά καθαρή και ασφαλής. ό,τι είναι απαραίτητο για καύσιμη ύλη είναι ένα μικρό ποσό υδρογόνου, το οποίο μπορεί να βρεθεί σε συνηθισμένο θαλασσινό νερό. Επομένως, η καύσιμη ύλη είναι φθηνή και η προμήθειά της σχεδόν ανεξάντλητη. Επιπλέον, η διαδικασία δεν διακινδυνεύει τη διαρροή επικίνδυνης ραδιενέργειας, αντίθετα με την διάσπαση.

Λείζερ και πυρηνική τήξη

Οι περισσότεροι πυρηνικοί επιστήμονες θεωρούν ότι στο μέλλον η πυρηνική ενέργεια θα παρασχεθεί από την σύντηξη, μια πυρηνική αντίδραση στην οποία δύο άτομα συνδυάζονται. Αλλά η έναρξη μιας αντίδρασης σύντηξης απαιτεί μια τεράστια δύναμη. Πολλοί επιστήμονες σκέφτονται ότι οι «αλυσίδες λείζερ» μπορούν να παρέχουν εκείνη την δύναμη. Μια αλυσίδα λείζερ αποτελείται από διάφορους ενισχυτές λείζερ πέρα από 100 πόδια μακρύτες, η οποία ενισχύει την ισχύ των ακτίνων λείζερ. Οι μεγάλης ισχύος ακτίνες κατευθύνονται μέσω διαχωριστών ακτίνων και επάνω στους καθρέφτες έτσι ώστε διάφορες ακτίνες χτυπούν έναν μικροσκοπικό σβόλο καυσίμων από όλες τις πλευρές συμμετρικά. Αυτό προκαλεί μια έκρηξη αρκετά ισχυρή να προκαλέσει μια αντίδραση

Οι επιστήμονες δεν έχουν ακόμα μπορέσει να παράξουν αντιδράσεις σύντηξης κάποιας συνέπειας. Αυτό συμβαίνει επειδή η σύντηξη απαιτεί μεγάλο ποσό ενέργειας απλά και μόνο για να ξεκινήσει η διαδικασία. (Στον ήλιο, ο διεγέρτης είναι η υπερβολική ζέση στο εσωτερικό του ίδιου του άστρου. Ο διεγέρτης που προκαλεί ανάφλεξη σε μία βόμβα υδρογόνου είναι μια ατομική βόμβα).

Το λέιζερ μπορεί να διασφαλίσει έναν τρόπο να διεξαχθεί ασφαλώς η αντίδραση σύντηξης. Τα πειράματα με λέιζερ και σύντηξη ξεκίνησαν στα τέλη της δεκαετίας του '60, αλλά η εξέλιξή τους δεν ήταν ιδιαίτερα γρήγορη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μία σημαντική εξέλιξη σημειώθηκε τον Αύγουστο του 2001 όταν Ιάπωνες και Άγγλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν επιτυχώς ακτίνες λέιζερ για να συνθλίψουν έναν σβόλο πυρηνικού καυσίμου. Η ακτίνα, που ανέπτυξε θερμοκρασίες δέκα εκατομμυρίων εκατονταβάθμιων βαθμών, εστίασε στον σβόλο δημιουργώντας τεράστια πίεση – περίπου δέκα εκατομμύρια φορές περισσότερη από την πίεση της ατμόσφαιρας στη γη. Η πίεση έκανε τον σβόλο να εκραγεί εσωτερικά και να απελευθερώσει ενέργεια.



Εικοσιτέσσερα λέιζερ τακτοποιούνται για ένα πείραμα πυρηνικής τήξης. Η ελεγχόμενη τήξη δεν έχει τελειοποιηθεί ακόμα, αλλά τα λέιζερ μπορεί να είναι αρωγός σε εκείνη την σημαντική νέα τεχνολογία lasers.

Η ενέργεια που γεννήθηκε σε αυτό το πείραμα δεν είναι αρκετή για να τροφοδοτήσει μηχανές και σπίτια, επομένως η εμφάνιση μεγάλης κλίμακας ελεγχόμενης σύντηξης βρίσκεται ακόμα στο μέλλον. Παρόλα αυτά, εξελισσόμενα λέιζερ μπορεί να φέρουν αυτό το μέλλον πολύ πιο άμεσα απ' ό, τι μπορεί να συλλάβει η ανθρώπινη φαντασία – ίσως σε μόνο μερικές δεκαετίες και όχι αιώνες, όπως κάποτε είχε προβλεφθεί.

Αναζητώντας τον ΕΤ

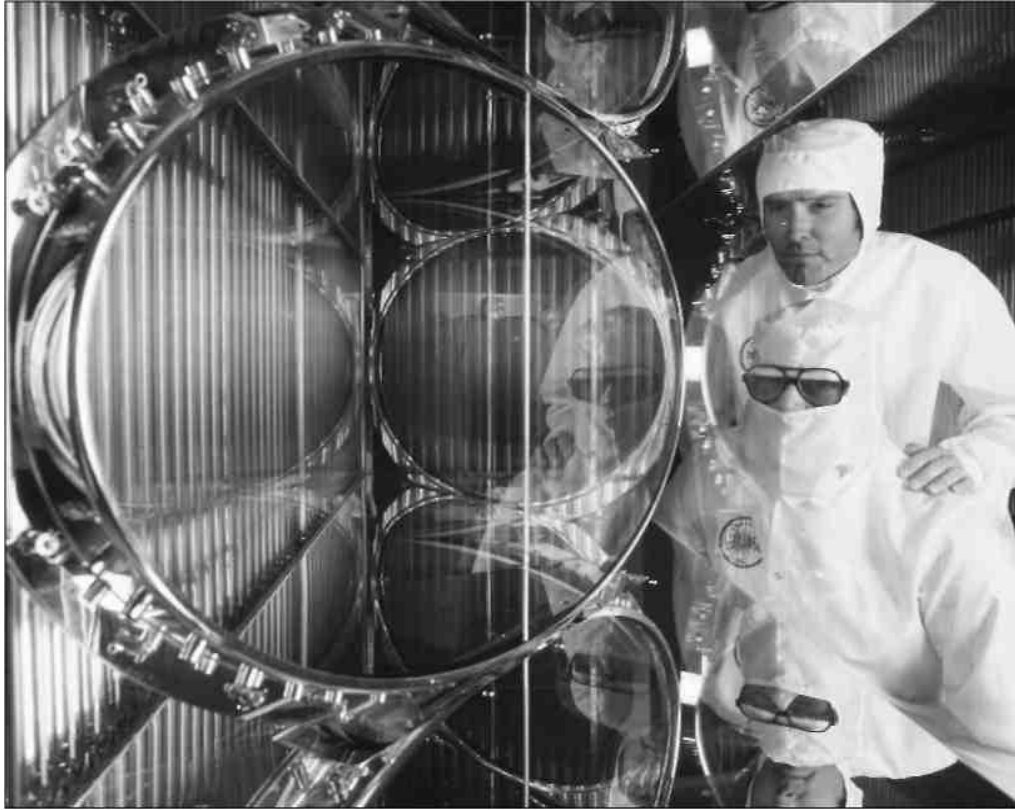
Μία ακόμα πιο μελλοντική χρήση για τα προηγμένα λέιζερ είναι η εξόντωση εξωγήινων πολιτισμών σε πλανήτες που βρίσκονται σε τροχιά μακρινών αστερισμών. Η ιδέα των λέιζερ που προειδοποιούν τους εξωγήινους για την ανθρώπινη παρουσία δεν είναι καινούργια. Αλλά μόνο πρόσφατα δημιουργήθηκε το λέιζερ με την υψηλή ισχύ που απαιτούνταν για τον σκοπό αυτό. Σύμφωνα με τον δημοσιογράφο επιστημονικών θεμάτων Seth Shostak:

“Οι επιστήμονες του Lawrence Livermore National Laboratory της Καλιφόρνια, δημιούργησαν ένα λέιζερ ικανό να απελευθερώνει παλμούς laser με μία ισχύ της τάξεως των χιλίων τρισεκατομμυρίων watt, παρόλο που οι παλμοί είναι σύντομοι: η διάρκειά τους είναι ένα τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου. Ονομάζεται Nova και δεν έχει να κάνει σε τίποτα με τον καταδεικτή laser του δασκάλου σας!!!. Φανταστείτε... να στοχεύεις σε ένα σύστημα αστεροειδών που βρίσκεται πενήντα έτη φωτός μακριά... Κάθε παλμός... θα παραδώσει τελικά δέκα περίπου φωτόνια φωτός ανά τετραγωνικό μέτρο επάνω στους πλανήτες του γειτονικού συστήματος αστεροειδών... Κατά τη διάρκεια του κύκλου εκπομπής του λέιζερ, ο ήλιος επισκιάζεται από έναν παράγοντα τριάντα χιλιάδων”.⁹

Ο διαστρικός λέιζερ επικοινωνητής λειτουργεί, φυσικά, και με τους δύο τρόπους. Οι επιστήμονες της γης μπορεί να είναι σε θέση να εντοπίσουν υψηλούς ενεργειακά λέιζερ παλμούς που στέλνονται από τους εξωγήινους ομολόγους τους. Ειδικά σχεδιασμένοι ανιχνευτές φωτός στη γη θα μπορούσαν ενδεχομένως να εντοπίσουν τα φωτόνια ενός εξωγήινου λέιζερ, αποδεικνύοντας ότι υπάρχει εξωγήινος πολιτισμός και θέλει να ανοίξει διάλογο.

Ο κόσμος αλλάζει

Το 1905, όταν ο Άλμπερτ Αινστάιν περιέγραψε την τότε άγνωστη διαδικασία της εκπομπής του διεγερμένου φωτονίου, αυτός και άλλοι επιστήμονες δεν προέβλεψαν την εφεύρεση ενός λέιζερ και τον απίστευτο αριθμό των χρήσεών του. Όπως έχει συμβεί τόσες φορές στην ιστορία της επιστήμης, η ιδέα ενός ανθρώπου πήρε τέτοιες διαστάσεις που άλλαξε ριζικά τον κόσμο. Και αυτή η αλλαγή σίγουρα θα συνεχιστεί.



Οι τεχνικοί επιθεωρούν το εσωτερικό του λέιζερ Nova, που κατασκευάστηκε από το εθνικό εργαστήριο Lawrence Livermore. Όταν ενεργοποιείται, η ακτίνα είναι χιλιάδες φορές φωτεινότερη από τον ήλιο.

Από τον εικοστό πρώτο αιώνα και έπειτα, το λέιζερ υπόσχεται να συμβάλλει στην πρόοδο του ανθρώπινου πολιτισμού. Αυτό το υπερ-εργαλείο θα βάλει τα θεμέλια για την εξέλιξη της γνώσης και θα βοηθήσει ώστε να είναι προσβάσιμη στο ευρύ κοινό. Το λέιζερ θα ρίξει φως σε ένα πολύπλοκο κόσμο όπου κυριαρχούν οι υπολογιστές, σε έναν κόσμο όπου η τεχνολογία επιτρέπει σε άντρες και γυναίκες να ζουν απίστευτα παραγωγικές και ευτυχισμένες ζωές. Πράγματι, το λέιζερ μπορεί κάποια μέρα να τιθασεύσει τη φωτιά των άστρων ώστε να δώσει στην ανθρωπότητα καθαρή, ασφαλή και άφθονη ενέργεια για τις επόμενες γενιές. Επίσης, ώστε να τους παράσχει πρόσβαση σε γνώση που αφορά την εξωγήινη ύπαρξη, κάτι που θα μπορούσε να αλλάξει τον κόσμο με τρόπους που δεν μπορούμε να συλλάβουμε.

Σημειώσεις

Chapter 2: Lasers in Science and Industry

1. Breck Hitz et al., *Introduction to Laser Technology*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001, p. 3.
2. Michael Berns, “Laser Scissors and Tweezers,” *Scientific American*, April 1998. www.sciam.com, p. 5.

Chapter 3: Lasers in Communication and Marketing

3. National Academy of Engineers, “Laser and Fiber Optics,” December 2000. www.greatachievements.org, p. 18.

Chapter 4: Military Applications of Lasers

4. Hitz et al., *Introduction to Laser Technology*, p. 5.
5. John A. Tirpack, “Military Lasers High and Low,” *Air Force Magazine*, September 1999. www.afa.org, pp. 1–2.

Chapter 5: Medical Uses of Lasers

6. Hitz et al., *Introduction to Laser Technology*, p. 252.
7. Jeffrey Melton, “Laser Hair Removal,” University of Chicago, Department of Dermatology, accessed November 27, 2001. www.drnelton.com, p. 6.

Chapter 6: Lasers in Entertainment

8. Rich D’Ambrise, “A Closer Look at DVD,” Maxell Corporation of America, accessed December 6, 2001. www.cd-info.com, p. 1.

Chapter 7: The Future of the Laser

9. Seth Shostak, “In Search of Aliens,” *Space.com*, June 14, 2001. www.space.com, pp. 1–2.

Για περαιτέρω ανάγνωση

Βιβλία

Mary V. Fox, *Lasers*. Tarrytown, NY: Benchmark Books, 1996. Aimed at young readers, this is a good general introduction to the subject.

Nina Morgan, *Lasers*. New York: Raintree/Steck Vaughn, 1997. The author explains in general terms how lasers work and discusses a number of the modern applications of the technology.

Αναφορές διαδικτύου

Erik Baard, "Tool Time in Space: Drilling with Lasers and Ultrasound," *Space.com*, September 19, 2001. www.space.com. Tells how scientists plan to study and mine asteroids and comets by drilling into them with lasers.

Ron Kurtus, "Lasers," *School for Champions*, October 6, 1999. www.school-for-champions.com. A brief but informative tutorial about how lasers work.

Katie Pennicott, "Lasers Illuminate the Flight of the Bumblebee," *Physics Web*, October 16, 2001. <http://physicsweb.org>. How lasers cleverly measured the strokes of a bee's wings, showing scientists the unique way these insects fly.

Seth Shostak, "In Search of Aliens," *Space.com*, June 14, 2001. www.space.com. Discusses the real possibility of communicating with alien civilizations by using laser beams, which can carry huge amounts of information.

John Watson, "Lasers," University of Aberdeen, Engineering Department, January 8, 1997. <http://vcs.abdn.ac.uk>. A thorough but understandable explanation of how lasers work.

Matthew Weschler, "How Lasers Work," *Marshall Brain's How Stuff Works*, accessed November 27, 2001. www.howstuffworks.com. Explains the basics of the atom, how atoms relate to lasers, and the different types of lasers.

Έργα που αναφέρονται

Βιβλία

Robert A. Convissar, ed., *The Dental Clinics of North America: Lasers and Light Amplification in Dentistry*. Philadelphia: W.B. Saunders, 2000. A collection of detailed, scholarly essays on various aspects of laser-based dental procedures.

Jeff Hecht, *City of Light: The Story of Fiber Optics*. New York: Oxford University Press, 1999. An excellent summary of fiber-optics technology.

Breck Hitz et al., *Introduction to Laser Technology*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001. An advanced technical overview of lasers, including how they work and the configuration and uses of different types of lasers.

Clifford L. Lawrence, *The Laser Book—A New Technology of Light*. New York: Prentice-Hall, 1986. Though dated in some of its details, this remains a useful general introduction to lasers.

John F. Ready, *Industrial Applications of Lasers*. San Diego: Academic Press, 1997. A detailed, scholarly discussion of laser use in welding, drilling, cutting, surface treatment, holography, fiber optics, and more.

Thomas G. Smith, *Industrial Light and Magic: The Art of Special Effects*. New York: Ballantine Books, 1991. An excellent synopsis of special effects for movies created by the leading special effects house in Hollywood.

Myron L. Wolbarsht, *Laser Applications in Medicine and Biology*. London: Plenum, 2000. A detailed, scholarly discussion of the use of laser technology for surgery and biological research.

Περιοδικά

- C. Booth, "Cosmetic Surgery: Light Makes Right," *Time*, October 11, 1999. Discusses using laser beams to eliminate wrinkles and perform other kinds of cosmetic surgery.
- R.J. Newman, "The New Space Race," *U.S. News & World Report*, November 8, 1999. How advanced high-power lasers will fit into the "Star Wars" missile defenses proposed by some U.S. leaders.
- R. Saltus, "Zap! Clearer Vision, Healthier Teeth," *Good Housekeeping*, October 1998. A brief overview of the use of lasers in eye surgery and dentistry.
- R.F. Service, "Lighting the Way to a Quantum Computer," *Science*, June 29, 2001. The possibility of computers that will run via photons or pulses of laser light is discussed here.
- B.A. Smith, "The Laser Kills Short-Range Missile," *Aviation Week and Space Technology*, June 12, 2000. New advances in military lasers.
- C. Trumble, "Fiber Optics sans the Fiber," *Smart Computing*, August 2000. Possible creation of fiber-optic technology using air borne, rather than cable-borne, lasers.

Αναφορές διαδικτύου

- American Society of Plastic Surgeons, "Lasers in Plastic Surgery," *Plastic Surgery Information Service*, accessed November 27, 2001. www.plasticsurgery.org. An overview of the basic techniques of plastic surgery using laser beams, including "resurfacing" to eliminate wrinkles.
- Tim Beardsley, "Making Light Work," *Scientific American*, August 1997. www.sciam.com. Explains how lasers can be used to make precision metal parts.
- Michael Berns, "Laser Scissors and Tweezers," *Scientific American*, April 1998. www.sciam.com. Tells how scientists use lasers both to hold microscopic objects and to manipulate them.

- Ching-Wu Chu, "Laser," *Microsoft Encarta*, 2001. <http://encarta.msn.com>. A general synopsis of laser operation and applications.
- Rich D'Ambrise, "A Closer Look at DVD," Maxell Corporation of America, accessed December 6, 2001. www.cd-info.com. A straightforward explanation of the difference between CD and DVD technology, both of which employ lasers.
- Andrew Gannon, "Lasers Split the Atom," *Focus*, January 21, 2000. <http://focus.aps.org>. Explains recent breakthroughs that will allow scientists to use lasers in conducting new kinds of nuclear physics experiments.
- Corey Grice, "Lasers Beat Bandwidth Bottleneck," *ZDNet News*, February 22, 2001. www.zdnet.com. Discusses efforts to use lasers to increase the amount of information carried by optical wireless technology.
- David Harris, "All About Lasers," *About: The Human Internet*, accessed November 27, 2001. <http://physics.about.com>. A very lucid explanation of the workings of lasers, supplemented by several colorful, informative diagrams by the author.
- Murray McFadden, "Laser Eye Surgery," *LASIK & PRK Today*, October 23, 2000. www.prk.com. Lists a wide range of sources providing information on the latest developments in laser eye surgery.
- Jeffrey Melton, "Freckle Removal by Laser" and "Laser Hair Removal," University of Chicago, Department of Dermatology, accessed November 27, 2001. www.drmelton.com. Two among several articles posted by the University of Chicago explaining various medical/cosmetic uses of lasers.
- National Academy of Engineers, "Laser and Fiber Optics," December 2000. www.greatachievements.org. An easy-to-read general synopsis of the history and present uses of laser fiber optics.
- Dieter Schuocker, "Lasers: An Overview," *Nonconventional Processing, Forming, and Laser Technology*, accessed December 3, 2001. www.argelas.org. A general, scholarly synopsis of laser construction and operation.

J.P. Talbot, "Lasers in the Movies Reality Check: Science vs. Science Fiction," *Laser Stars*, accessed December 5, 2001. <http://home.achilles.net>. An informative examination of frequent misconceptions about lasers due to their often inaccurate depiction in science fiction films.

John A. Tirpack, "Military Lasers High and Low," *Air Force Magazine*, September 1999. www.afa.org. A clearly written overview of proposed airborne laser weapons.

David Voss, "Upstream: Silicon Lasers," *Technology Review*, June 2001. www.techreview.com. Talks about new uses of lasers in silicon chip technology for computers and other devices.

David R. Whitehouse, "Understanding CO2 Lasers," Raytheon Advanced Laser Development Center, accessed November 27, 2001. www.laserk.com. A fairly detailed summary of the CO2 laser and its operation.

Credits Εικόνων

Φωτογραφία εξώφυλλου: © Bob Krist/CORBIS

© Bettmann/CORBIS, 9, 15, 20, 39, 42

© Jonathan Blair/CORBIS, 27

© Crown Copyright/Health & Safety
Laboratory/PhotoResearchers, Inc., 33

© Digital image © 1996 CORBIS; Original image courtesy
ofNASA/CORBIS,23

© Hulton/Archive by Getty Images, 14, 29
Chris Jouan, 17, 19, 24, 25, 36, 38, 52, 61, 62, 70

© Ed Kashi/CORBIS, 31
Library of Congress, 11, 12

© NIH/Photo Researchers, Inc., 54

© Charles O'Rear/CORBIS, 59

© Antonia Reeve/Photo Researchers, Inc., 50

© Roger Ressmeyer/CORBIS, 47, 64, 68, 71, 73

© Dr. Rob Stepney/Aumer/Photo Researchers, Inc, 55

© Geoff Tompkinson/Photo Researchers, Inc., 51

Σχετικά με τον συγγραφέα

Έκτος από τους επευφημημένους τόμους του σχετικά με τους αρχαίους πολιτισμούς, ο ιστορικός Don Nardo έχει εκδώσει αρκετά βιβλία για σημαντικά σύγχρονα επιστημονικά ανακαλύψεις και θέματα νέων ανθρώπων, μεταξύ των οποίων: «*Η αρχή των ειδών: Η Θεωρία του Δαρβίνου της εξέλιξης*», «*Μικρόβια*», «*Άτομα*», «*Η εξάλειψη των Δεινοσαύρων*» και «*Κλωνοποιώντας*». Ο κύριος Nardo ζει με την γυναίκα του Christine στη Μασαχουσέτη.