



Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων
Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας

Από το MASER στο FEL: Μισός αιώνας Βιοϊατρικών Εφαρμογών του LASER

Β. Σπυρόπουλος

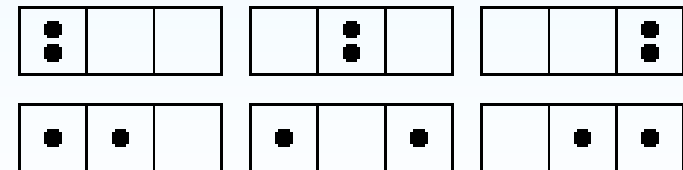
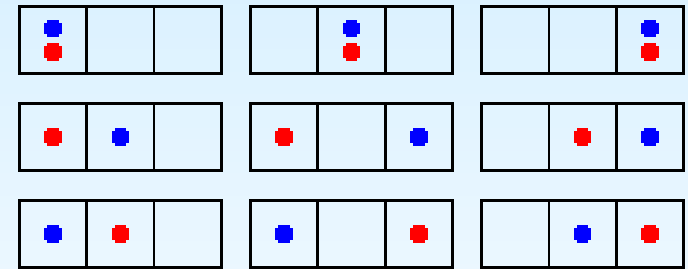
**Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων
ΤΕΙ Αθήνας**



Το ιστορικό υπόβαθρο του LASER

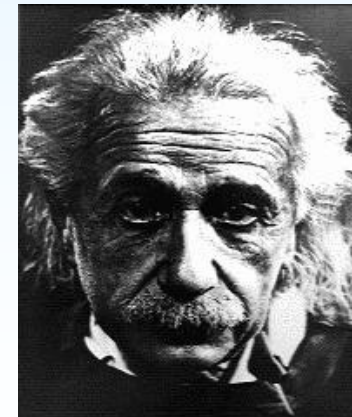
Η προϊστορία...

- Το 1924 ο Einstein έλαβε μια εργασία [*Planck's Law and the Hypothesis of Light Quanta, 1924*] από τον Ινδό Φυσικό S. N. Bose που περιέγραφε το φως, ως **αέριο που αποτελείται από φωτόνια**.
- Στην ημι-κλασσική στατιστική, δύο διακριτά σωματίδια, π.χ. οι **κόκκινες** και **μπλε** σφαίρες, μπορούν να καταλάβουν τρεις καταστάσεις με εννέα διαφορετικούς τρόπους, και υπάρχουν **3 πιθανότητες στις 9** να βρεθούν τα σωματίδια στην ίδια κατάσταση.
- Εάν αυτά τα σωματίδια ήταν **μη διακριτά**, όπως τα φωτόνια, θα υπήρχαν λιγότερες δυνατότητες, και αυτό ενισχύει την πιθανότητα σε **3 πιθανότητες σε 6** της εύρεσης των φωτονίων στην ίδια κατάσταση.



... και η γέννηση των «μποζονίων»

- Δεν υπάρχει καμία Ε/Μ δύναμη ή Έλξη που περιλαμβάνεται σε αυτό το φαινόμενο, αυτό είναι απλώς μια **στατιστική κατανομή** (στατιστική Bose-Einstein), η οποία αναγκάζει τα φωτόνια να προτιμούν **«να ταξιδεύουν μαζί»**.
- Ο Dirac εισήγαγε αργότερα τον όρο **«μποζόνια»** για τα σωματίδια που «υπακούουν» σε αυτές τις στατιστικές.
- Αυτή η **«ιδιότητα»** των φωτονίων, που εκφράστηκε μαθηματικά από τους Bose και Einstein, έθεσε τα θεωρητικά θεμέλια για την ανάπτυξη του LASER, σαράντα τρία χρόνια αργότερα!



Το MASER

- Ο Einstein είχε προβλέψει το φαινόμενο της υποκινημένης εκπομπής [*Zur Quantentheorie der Strahlung, (1916), Physikalische Gesellschaft Zürich, Mitteilungen 18, Seite 47-62*] με το οποίο ένα φωτόνιο αλληλεπιδρά με ένα διεγερμένο μόριο ή άτομο και προκαλεί την εκπομπή ενός δεύτερου φωτονίου που έχει την ίδια **συχνότητα, φάση, πόλωση και κατεύθυνση**.
- Στις αρχές της δεκαετίας του '50, ο Charles Townes και οι συνεργάτες του στο Columbia, και οι Basov και Prokhorov στην ΕΣΣΔ, εφηύραν το MASER (**Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation**).
- Τα MASERs ήταν οι πρώτες συσκευές που χρησιμοποίησαν την **υποκινημένη εκπομπή**, για να ενισχύσουν τα φωτόνια, σε αυτήν την περίπτωση μικροκύματα.
- Αυτά τα πρώτα MASERs, αποτελούνταν από τα αεριώδη συστήματα **με τέσσερα επίπεδα ενέργειας** που χρησιμοποιούν την αμμωνία ως ενεργό μέσο, και μπορούσαν συνεχώς να διατηρούν μια αντιστροφή πληθυσμών και ταλάντωση.

Ο Townes και το «Οπτικό MASER»

- Προς το τέλος της δεκαετίας του '50, ο **Charles Townes** (Bell Telephone Laboratories, NJ) έστρεψε την προσοχή του στην πρόκληση της χρησιμοποίησης της υποκινημένης εκπομπής, για την **ενίσχυση των μικρότερου μήκους κύματος ορατών φωτονίων**.
- Αυτός και ο **Arthur Schawlow** έγραψαν ένα μεγάλο θεωρητικό paper στο *Physical Review* το 1958 περιγράφοντας με μεγάλη λεπτομέρεια τις αρχές του LASER, που ο Townes μεταγλώττισε σε **«Οπτικό MASER»**, και υπέβαλαν την ίδια χρονιά μια αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας που ίδιο έτος.
- Η Εργασία των Townes και Schawlow προκάλεσε ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον και ανταγωνισμό για την κατασκευή του πρώτου **LASER**.



Η θεωρητική εργασία των Charles Townes και Arthur Schawlow στο “Physical Review” το 1958

Infrared and Optical Masers

A. L. SCHAWLOW AND C. H. TOWNES*
Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey
(Received August 26, 1958)

The extension of maser techniques to the infrared and optical region is considered. It is shown that by using a resonant cavity of centimeter dimensions, having many resonant modes, maser oscillation at these wavelengths can be achieved by pumping with reasonable amounts of incoherent light. For wavelengths much shorter than those of the ultraviolet region, maser-type amplification appears to be quite impractical. Although use of a multimode cavity is suggested, a single mode may be selected by making only the end walls highly reflecting, and defining a suitably small angular aperture. Then extremely monochromatic and coherent light is produced. The design principles are illustrated by reference to a system using potassium vapor.

INTRODUCTION

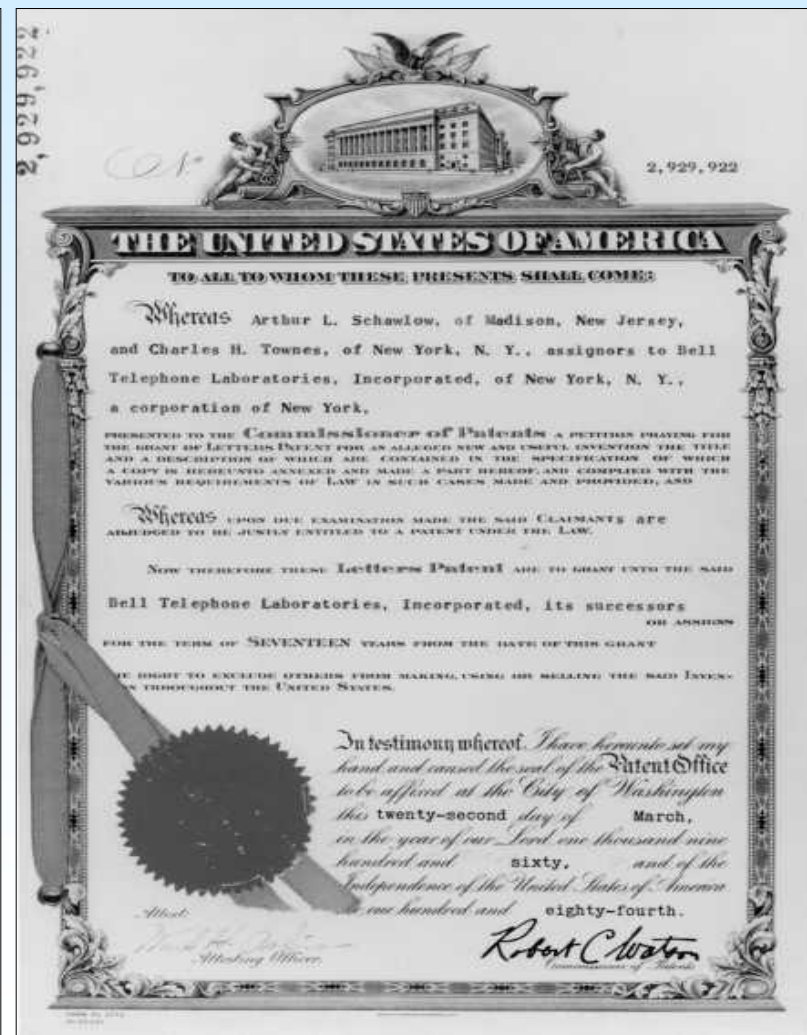
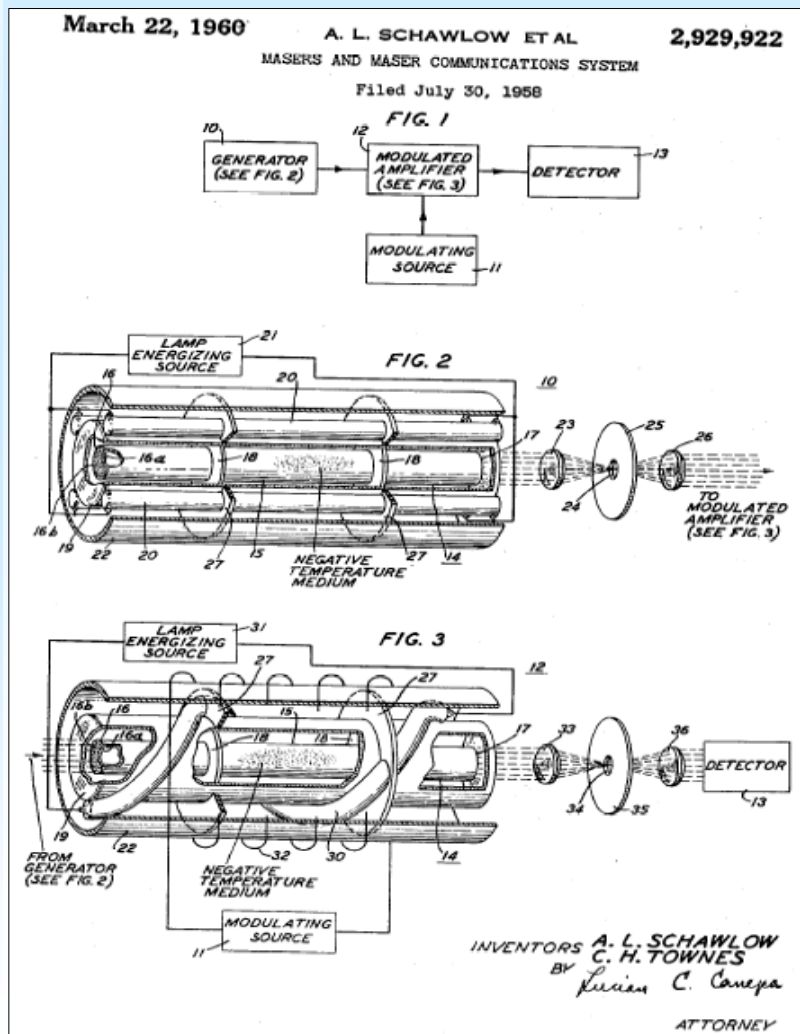
AMPLIFIERS and oscillators using atomic and molecular processes, as do the various varieties of masers,¹⁻⁴ may in principle be extended far beyond the range of frequencies which have been generated electronically, and into the infrared, the optical region, or beyond. Such techniques give the attractive promise of coherent amplification at these high frequencies and of generation of very monochromatic radiation. In the infrared region in particular, the generation of reasonably intense and monochromatic radiation would allow the possibility of spectroscopy at very much higher resolution than is now possible. As one attempts to extend maser operation towards very short wavelengths, a number of new aspects and problems arise, which require a quantitative reorientation of theoretical discussions and considerable modification of the experimental techniques.

CHARACTERISTICS OF MASERS FOR MICROWAVE FREQUENCIES

For comparison, we shall consider first the characteristics of masers operating in the normal microwave range. Here an unstable ensemble of atomic or molecular systems is introduced into a cavity which would normally have one resonant mode near the frequency which corresponds to radiative transitions of these systems. In some cases, such an ensemble may be located in a wave guide rather than in a cavity but again there would be characteristically one or a very few modes of propagation allowed by the wave guide in the frequency range of interest. The condition of oscillation for n atomic systems excited with random phase and located in a cavity of appropriate frequency may be written (see references 1 and 2)

$$n \geq hV\Delta\nu / (4\pi\mu^2Q_c), \quad (1)$$


Η αίτηση και το Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας των Schawlow-Townes



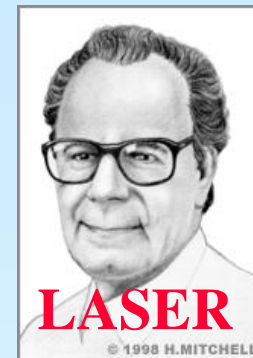
MASER-LASER: Το βραβείο Nobel Φυσικής 1964...



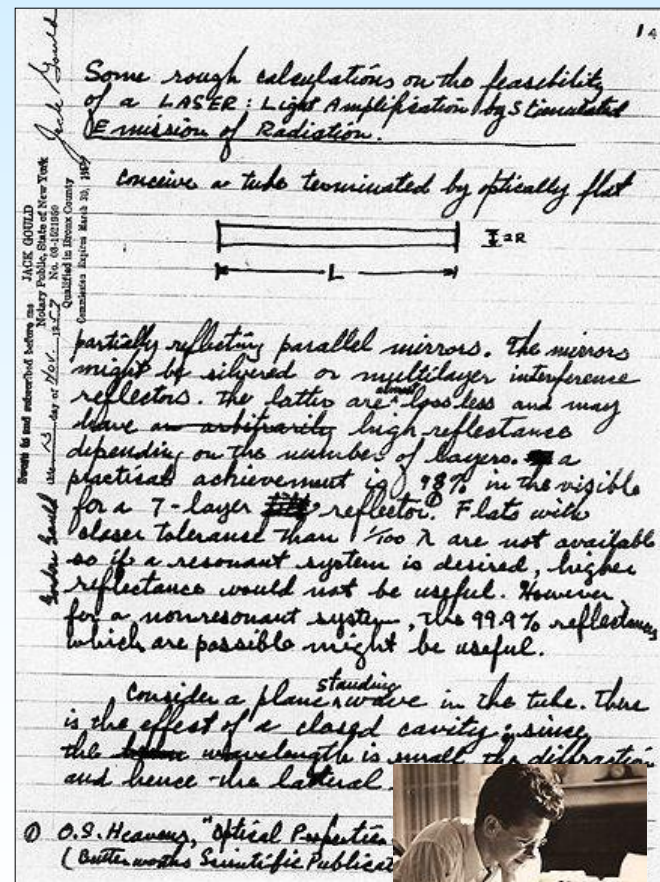
"for **fundamental work** in the field of **quantum electronics**, which has led to the construction of oscillators and amplifiers based on the **MASER-LASER principle**"

		
Charles Hard Townes	Nicolay Gennadiyevich Basov	Aleksandr Mikhailovich Prokhorov
🕒 1/2 of the prize	🕒 1/4 of the prize	🕒 1/4 of the prize
USA	USSR	USSR
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, MA, USA	P.N. Lebedev Physical Institute Moscow, USSR	P.N. Lebedev Physical Institute Moscow, USSR
b. 1915	b. 1922 d. 2001	b. 1916 d. 2002

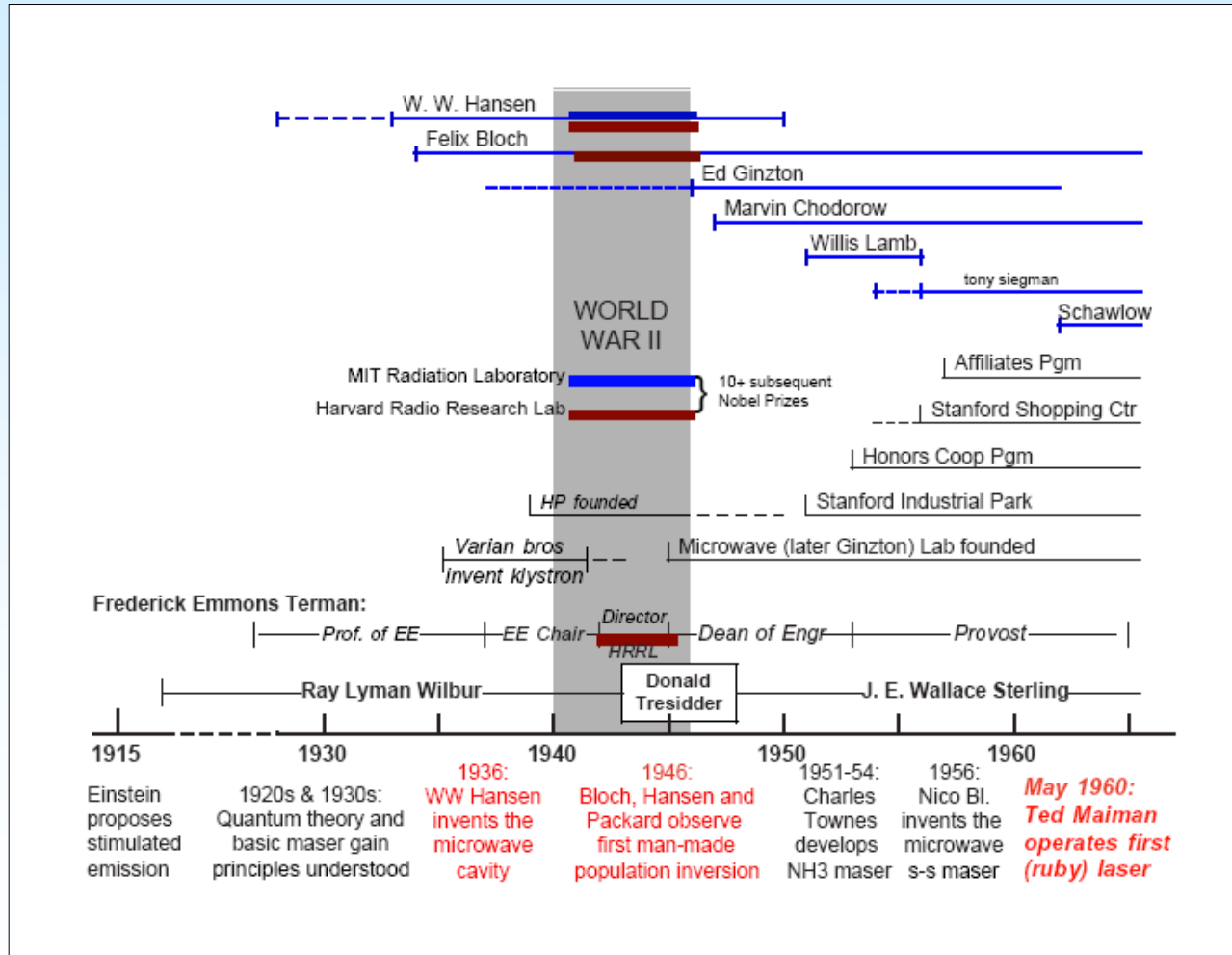
...εντούτοις υπήρχε και ο Gordon Gould



- Ο Gordon Gould, ένας μεταπτυχιακός σπουδαστής στο πανεπιστήμιο Κολούμπια της Νέας Υόρκη, ανέπτυξε μια θεωρία παρόμοια με αυτήν Schawlow και Townes.
- Την έγραψε σε ένα σημειωματάριο, αλλά **ως συνέπεια κακών νομικών συμβουλών**, θεώρησε ότι έπρεπε να κατασκευάσει ένα πρωτότυπο προτού να μπορέσει να κάνει αίτηση για ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.
- Έτσι έκανε την αίτηση για το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του εννέα μήνες αργότερα από τους Schawlow και Townes.
- Μετά από 30 χρόνια δικαστικής διαμάχης με το **US Patent and Trademark Office** του πιστώθηκε **μόνον** η δημιουργία του όρου «**LASER**».



Συνοψίζοντας την προϊστορία του LASER

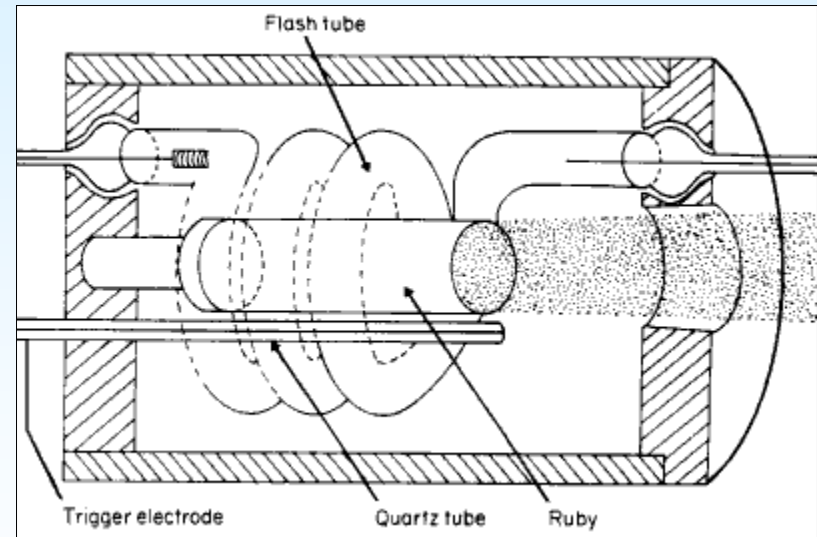




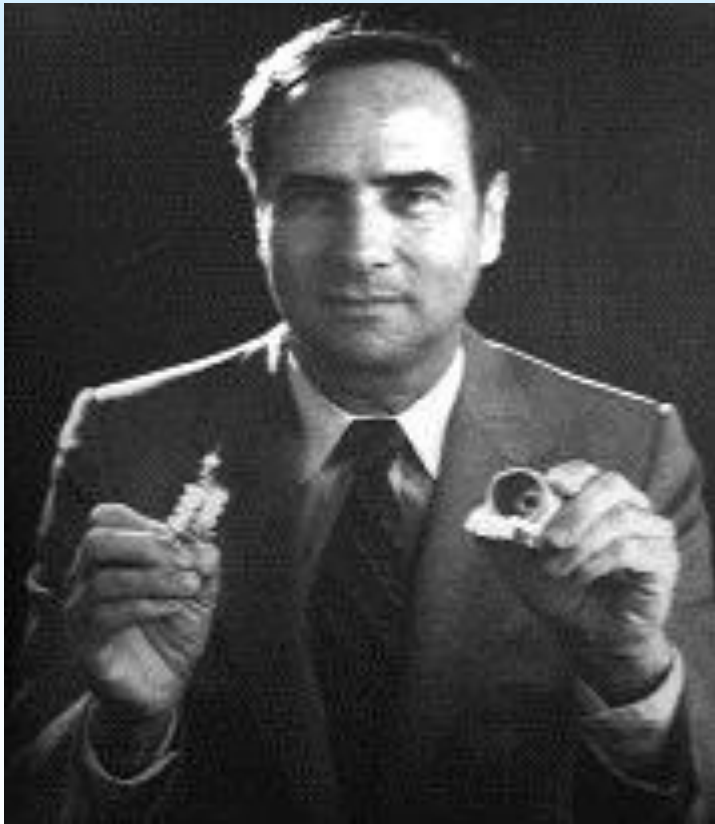
50 έτη συνεχούς καινοτομίας σχετικής με το LASER

Η γέννηση ενός λειτουργούντος LASER

- Στις 16 Μαΐου 1960, εργαζόμενος στα **Hughes Research Laboratories in Malibu, California**, ο **Theodore Maiman** και οι συνάδελφοί του **C. K. Asawa** και **I. J. D'Haenens** έθεσαν σε λειτουργία μια πρωτότυπη συσκευή, ελπίζοντας για το καλύτερο.
- Η συσκευή ήταν επαναστατική, απλή και κομψή: ένας ισχυρός **κουλουριασμένος λαμπτήρας flash** που περιβάλλει μια **συνθετική, μονοκρυσταλλική ράβδο ρουμπινιού**.
- Ο λαμπρός παλλόμενος λαμπτήρας **διέγειρε τα ιόντα χρωμίου στο ρουμπίνι**, το οποίο **εξέπεμπε έπειτα έναν φωτεινό παλμό φθορισμού κόκκινου φωτός**.



Το πρώτο LASER που αναπτύχθηκε από τον Theodore Maiman



Theodore Maiman was twice nominated for the Nobel Prize

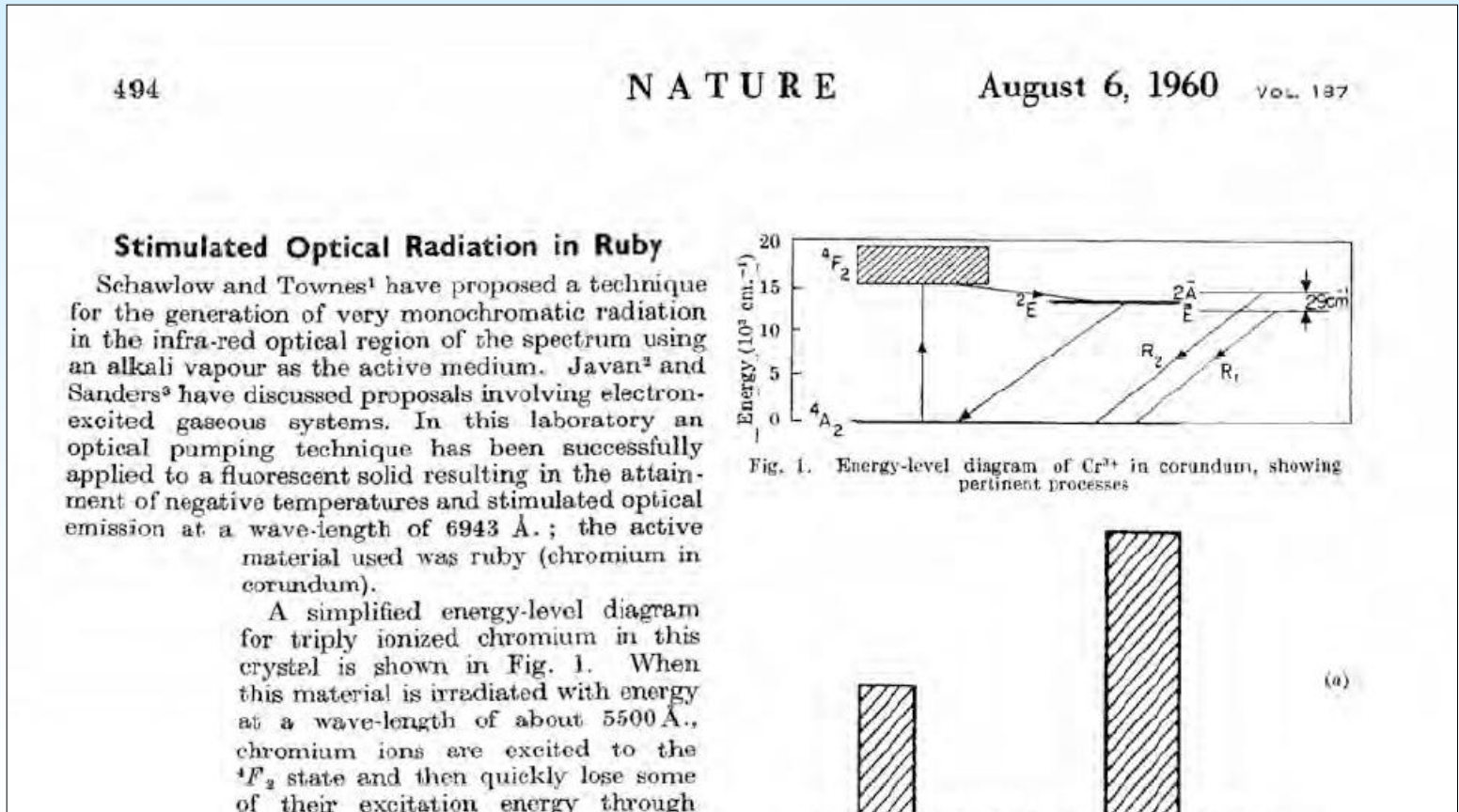
- Κοιτώντας προσεκτικότερα έγινε αντιληπτή μια αποκαλυπτική αναλαμπή σύμφωνης ακτινοβολίας επικαθήμενη της κανονικής ακτινοβολίας φθορισμού.
- Η ομάδα είχε μόλις δημιουργήσει το πρώτο **LASER** που λειτουργούσε.



Η ομάδα του Maiman κέρδισε το στοίχημα!

- Η ομάδα του Maiman κέρδισε τον «αγώνα δρόμου» και έγραψε στη συνέχεια μια σύντομη Εργασία περιγράφοντας το πρώτο LASER, που **υποβλήθηκε και απορρίφθηκε (!)** από ένα εξέχον περιοδικό Φυσικής.
- Εντούτοις, **μια πιο σύντομη εκδοχή** έγινε αποδεκτή και δημοσιεύθηκε στις 6 Αυγούστου 1960 στο *Nature*.
- Η επιτυχία του Maiman πέρασε αρχικά **σχεδόν απαρατήρητη** μεταξύ του ευρέως κοινού, και δεν έτυχε αναγνώρισης ακόμη και **εντός της επιστημονικής κοινότητας**.
- Τις πρώτες ημέρες, το LASER χαρακτηρίστηκε ως **«λύση σε αναζήτηση ενός προβλήματος»**, επειδή κανένας δεν είχε καταδείξει κάποιες **χρήσιμες εφαρμογές**, έξω από την επιστημονική έρευνα.

Η Εργασία του Theodore Maiman στο «Nature» που περιγράφεται το πρώτο LASER





Το Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας που απενεμήθη στο Theodore Maiman για την κατασκευή του πρώτου LASER

BEST AVAILABLE COPY

United States Patent Office

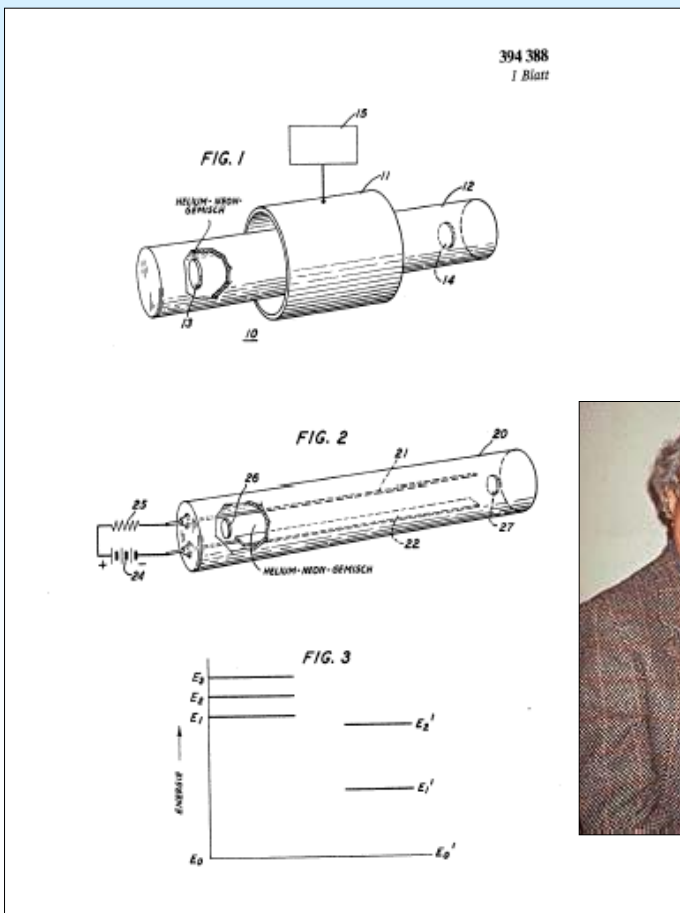
3,353,115
Patented Nov. 14, 1967

<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">3,353,115 RUBY LASER SYSTEMS Theodore H. Maiman, Los Angeles, Calif., assignor to Hughes Aircraft Company, Culver City, Calif., a corporation of Delaware Continuation of application Ser. No. 102,698, Apr. 13, 1961. This application Nov. 29, 1965, Ser. No. 516,830 2 Claims. (Cl. 331—94.5)</p> <p>This application is a continuation of my copending application Ser. No. 102,698 entitled, Laser Systems, filed Apr. 13, 1961, now abandoned.</p> <p>This invention relates to the generation, amplification, and utilization of electromagnetic waves in the infrared, visible and ultraviolet portion of the spectrum, and more specifically to lasers and laser systems. A laser, the term being an acronym for light amplification by stimulated emission of radiation, is a device capable of generating or amplifying coherent light. The principle of operation is similar to that of a maser and is therefore also referred to as an optical maser.</p> <p>Much effort has been expended in the fields of electronics and physics in attempts to generate or amplify coherent light. Such an achievement, it was known, would make available a vast new region of the electromagnetic spectrum for a multitude of purposes including communications and metrology (measurements) applications. Such coherent light would have the properties of being monochromatic and of having its component waves propagating in phase with each other. Thus, as at radio or microwave frequencies, a great deal of energy could be concentrated at or extremely near to a single frequency</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p>emission and a coherent wave propagating through the medium. In addition, the frequency of operation of any given gas laser may be effectively tuned only by Stark or Zeeman effects which can provide a tuning range of only approximately 5×10^{10} cycles per second. Further, the construction of a gas cell is extremely critical in that the end plates must be highly reflective and perfectly parallel so that the many reflections required because of the low density gaseous material will be accomplished.</p> <p>It is therefore an object of the present invention to provide an operable, low noise, efficient laser.</p> <p>It is another object to provide a laser which is mechanically stable and of noncritical construction.</p> <p>It is another object to provide a laser which operates at room temperature or cryogenic temperatures for additional simplicity and even greater flexibility in design parameters.</p> <p>It is another object to provide a laser which does not require critical vacuum or vapor pressure techniques and which operates in a medium of high dielectric constant.</p> <p>It is another object to provide a laser capable of much higher power handling.</p> <p>It is another object to provide a laser which is tunable over approximately a 5×10^{11} cycles per second range.</p> <p>It is another object to provide an optical radar system utilizing the advantages of a laser.</p> <p>Briefly, these and other objects are achieved in accordance with the present invention in a system including a solid state negative temperature medium.</p> <p>In one example a segment of solid state active laser material such as a cylindrical ruby (Al_2O_3 doped with Cr_2O_3) rod with reflecting coating at each end is coaxially disposed in a helical flash lamp. White light or predomi-</p>
--	---


Οι δύο αξιώσεις του διπλώματος ευρεσιτεχνίας του T. Maiman για την κατασκευή του πρώτου LASER

9	3,353,115	10
<p>against the minute amount of optical noise at the operating frequency.</p> <p>There has thus been disclosed a laser system in which the active laser substance is solid state and which provides coherent monochromatic amplification and generation of electromagnetic wave energy in the optical or visible spectrum. The invention is effectively an efficient device which is mechanically stable and which may be operated at room temperature without complex vacuum or vapor pressure techniques. The invention as disclosed also is capable of tuning over a 5×10^{11} cycles per second range and may handle high powers for practical optical radar and communications utilization. In addition, because it provides light which can be focused extremely precisely, the laser opens new possibilities in the investigation of basic properties of mater, as well as in medicine where objects or very minute portions thereof can be selectively sterilized or vaporized.</p> <p>What is claimed is:</p> <p>1. A three energy level laser comprising:</p> <p>a ruby having atoms exhibiting a first energy level corresponding to a ground atomic state, a substantially discrete second energy level above said ground state and third energy levels defining a relatively broadband absorption third region extending above said second level;</p> <p>a pumping source of broadband light energy optically coupled to said ruby for illuminating it and exciting atoms thereof to exhibit excitation at said third energy levels from whence they decay without substantial radiation loss to said discrete second energy level so as to establish a population inversion between said discrete second energy level and said ground state;</p> <p>interferometer means optically coupled to said ruby and tuned to the frequency corresponding to that of the energy difference between said second energy level and said first energy level for reflecting light energy of said frequency repeatedly through portions of said ruby to generate a coherent light beam;</p>	<p>5</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>20</p> <p>25</p> <p>30</p> <p>35</p> <p>40</p>	<p>and coupling means for extracting the monochromatic coherent light beam from said ruby.</p> <p>2. A three energy level ruby laser system, comprising: a ruby having atoms exhibiting a first energy level corresponding to a ground atomic state, a substantially discrete second energy level above said ground state and third energy levels defining a relatively broadband absorption third region extending above said second level;</p> <p>broadband optical pumping means directly coupled to said ruby for exciting atoms of said ruby from said first energy level to said third energy levels from which radiationless energy transition of said atoms takes place to said second energy level to establish a population inversion between said second energy level and said ground state; and</p> <p>light-resonating means coupled to and forming a regenerative optical path through said ruby to stimulate radiant energy transitions of said atoms from said second energy level toward said ground state to produce a coherent monochromatic light beam having a frequency substantially corresponding to the energy difference between said ground state and said second energy level.</p> <p style="text-align: center;">References Cited</p> <p style="text-align: center;">UNITED STATES PATENTS</p> <p>2,929,922 3/1960 Schawlow et al. 331—94.5</p> <p style="text-align: center;">OTHER REFERENCES</p> <p>Townes et al.: "Infrared and Optical Masers," <i>Physical Review</i>, vol. 112, No. 6, Dec. 15, 1958, pp. 1940—1949.</p> <p>Wieder: "Solid State, High-Intensity Monochromatic Light Sources," <i>The Review of Scientific Instruments</i>, vol. 30, No. 1, November 1959, pp. 995—996.</p> <p>JEWELL H. PEDERSEN, <i>Primary Examiner</i>.</p> <p>RONALD L. WILBERT, <i>Examiner</i>.</p>

1960: Αναπτύσσεται το Helium-Neon (HeNe) LASER από τον Ali Javan στο Bell Laboratories




Nr. 394 388
1 Blatt



PATENTSCHRIFT

Nr. 394 388

Nr. 394 388



SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: **21 f, 90**
Int. Cl.: **H 01 s**
Geschutznummer: 1499761
Anmeldungsdatum: 27. Dezember 1961, 15% Uhr
Priorität: USA, 28. Dezember 1960 (79062)
Patent erteilt: 30. Juni 1965
Patentschrift veröffentlicht: 30. November 1965

HAUPTPATENT

Western Electric Company, Incorporated, New York (USA)

Laser


William Ralph Bennett, Jr., und Ali Javan, Berkeley Heights (N. J., USA), sind als Erfinder genannt worden

Die Erfindung bezieht sich auf einen Laser, bei dem ein Gasgemisch dient.

Arten von Lasern verwenden ein gasförmiges Medium, bei welchem eine Inversion der Populations in dem Gasgemisch durch Übertragung von Molekülen eines Gases auf ein anderes Stoßmechanismus erfolgt. Bei einem Laser kann das aktive Medium ein Gasgemisch aus zwei Gasen A und B sein, wobei Gas A so gewählt wird, daß es ein metastabiles Niveau E_1 oberhalb des Grundzustandes E_0 besitzt, in dem Zustand E_1 gehobenes E_1 längere Zeit, etwa in der Größenordnung von 10^{-8} bis 10^{-6} Sekunden, verbleiben, bevor es in den Grundzustand E_0 übergeht. Das Gas B wird so gewählt, daß es ein Niveau E_2 hat, dessen Niveau dem des Zustandes E_1 entspricht, sowie mindestens ein Zustand E_2' zwischen dem Niveau E_1 und dem Niveau E_1' zugehörigen Grundzustand E_0' . Wenn das Gasgemisch angeregt wird, dann werden die Atome des Gases A auf das Niveau E_1 angeregt, wobei die Atome des Gases B auf das Niveau E_2 angeregt werden. Infolgedessen kollidieren die Atome des Gases A mit den Atomen des Gases B, wodurch die Atome des Gases B auf das Niveau E_2' angeregt werden.

Da eine solche Stoßanregung nur zwischen kollidierenden Atomen eintreten kann, deren Energieniveaus sich nahe entsprechen, wie die Niveaus E_1 und E_2' , erhöht von den Zuständen des Gases B nur der Zustand E_2' einen wesentlichen Zuwachs der Population durch Stoßprozesse. Durch diese selektive Anregung des Niveaus E_2' kann eine Umkehrung der Population zwischen diesem Niveau E_2' und dem Niveau E_1' eintreten, solange die Zerfallgeschwindigkeiten der Niveaus E_2' und E_1' angemessen sind. Dadurch wird es möglich, die Emission einer Strahlung der Frequenz $(E_2' - E_1')/h$ anzuregen, wobei h die Plancksche Konstante darstellt. Wenn diese Frequenz im sichtbaren Gebiet liegt, wie man dies durch geeignete Wahl der zwei Gase erreichen kann, ergibt sich ein Laser. Es ist festgestellt worden, daß verschiedene Vorgänge mit dem gewünschten konkurrieren können, wodurch dessen Wirkungsgrad herabgesetzt wird. Insbesondere wurde gefunden, daß die durch die Ionisierung des Gases A laufend erzeugten energiebehafteten Elektronen die wirksame Bildung der gewünschten Umkehrung der Population verhindern, indem sie entweder Reaktionen fördern, welche die Population des Niveaus E_1' erhöhen oder indem sie Reaktionen beschleunigen, die den Gleichgewichtszustand wiederherzustellen bestrebt sind. Zum Beispiel sucht die Kollision solcher Elektronen mit nichtionisierten Atomen des Gases B einige dieser Atome auf den Zustand E_1' zu heben und dadurch die gewünschte Umkehr der Population umzustricken.

Der erfindungsgemäße Laser ist dadurch gekennzeichnet, daß ein gasförmiges Medium vorgesehen ist, welches mindestens ein erstes Gas mit einem metastabilen Energieniveau oberhalb des Grundzustandes und mindestens ein zweites Gas mit zwei Energieniveaus oberhalb des Grundzustandes enthält, wobei der Abstand des höheren dieser beiden Niveaus vom

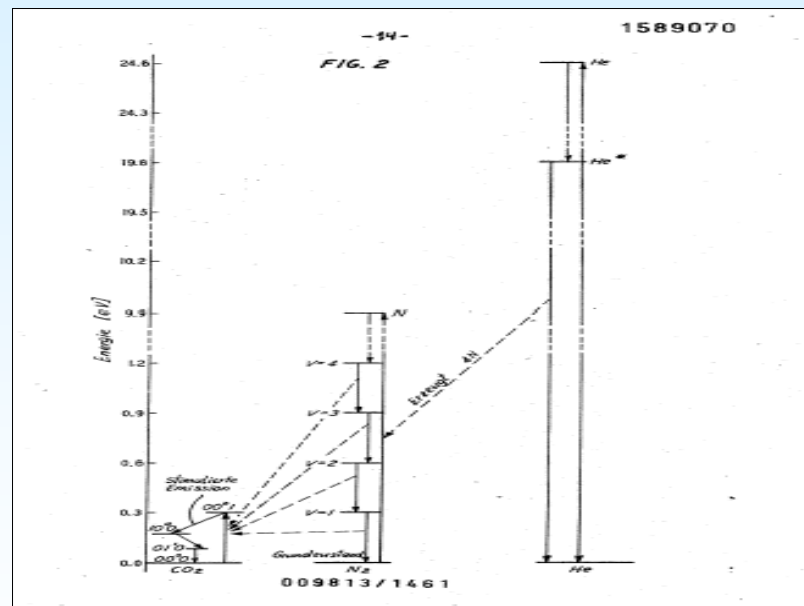
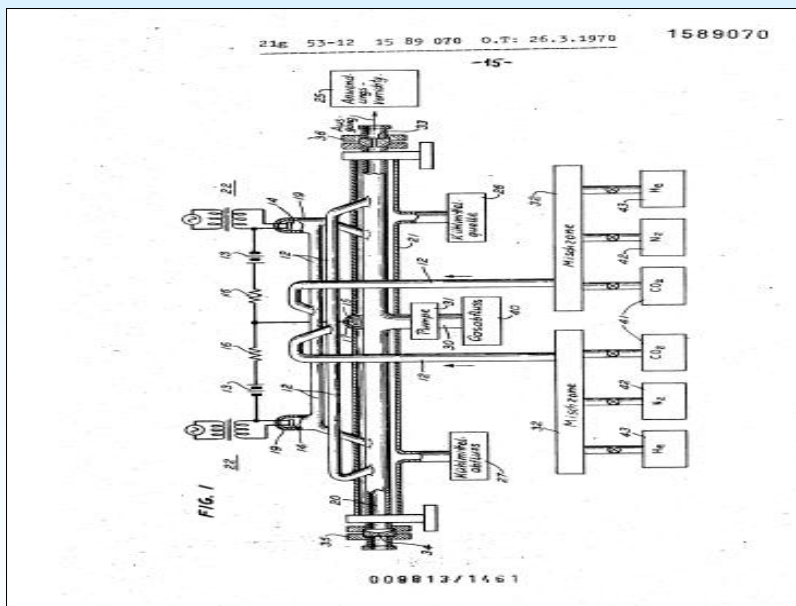


1964: Ο Kumar Patel εφηύρε το CO₂ LASER στο Bell Laboratories



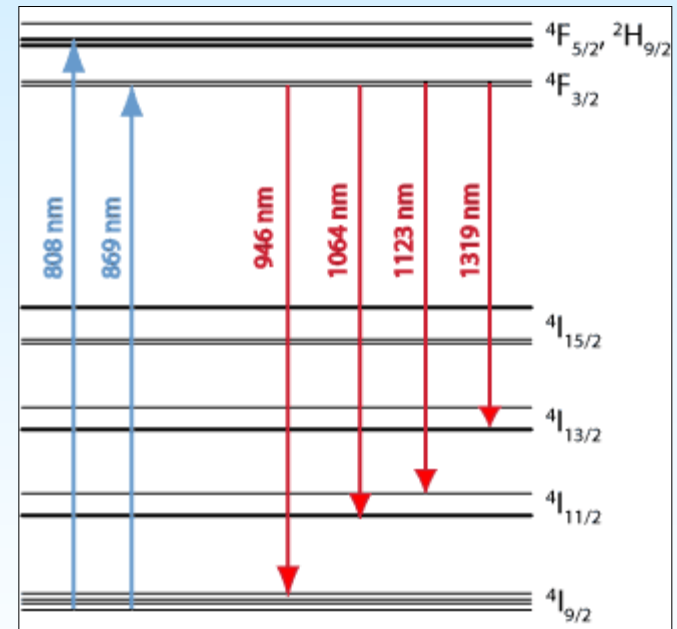
- Το LASER CO₂ (9.4 & 10.6 μm) ήταν ένα από τα πρώτα LASER αερίου που αναπτύχθηκαν και είναι ακόμα ένα από το πιο χρήσιμα .
- Τα CO₂ LASERs χρησιμοποιούν ένα μίγμα Διοξειδίου του Άνθρακα, Αζώτου, και Ηλίου.
- Είναι LASERs «συνεχών κυμάτων» (CW) υψηλής ισχύος, και η απόδοση ισχύος εξόδου φθάνει το 20%.

Σχέδια από το Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας του Kumar Patel για το CO₂ LASER DE1589070A1 (14/10/65)



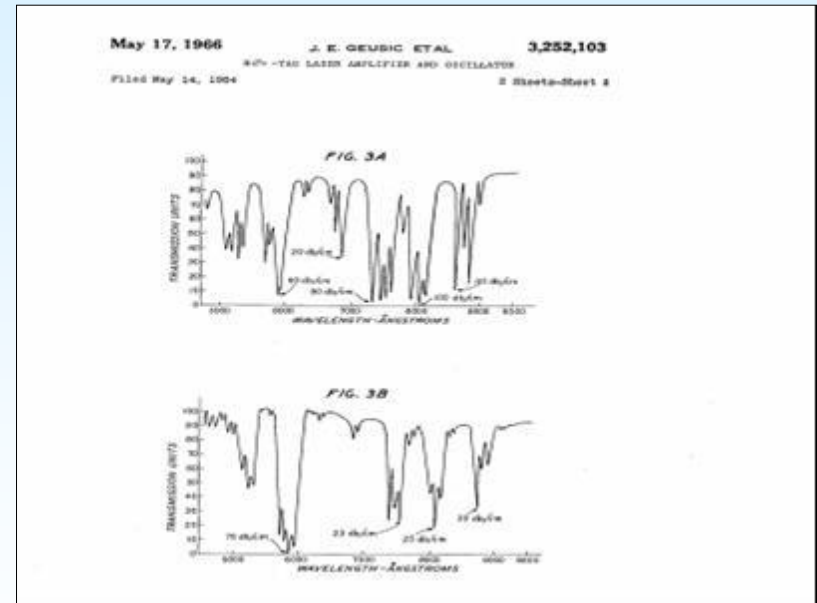
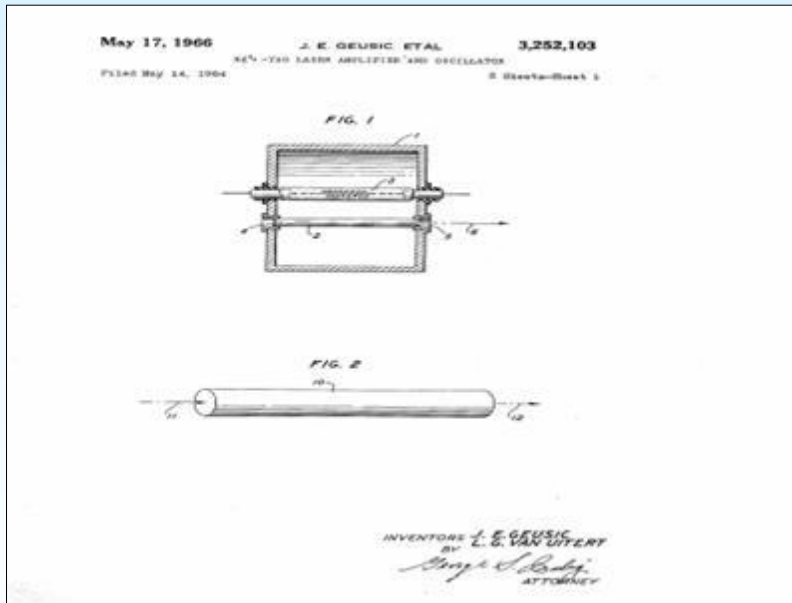
1964: Ο J.E. Geusic εφηύρε το Nd³⁺:YAG (Yttrium Aluminum Garnet) LASER

- Το Nd: YAG LASER παρουσιάστηκε από τους Geusic et al. στο Bell Laboratories το 1964.
- Τα Nd:YAG LASERs εκπέμπουν τυπικά σε μήκος κύματος 1064 nm, στο Υπέρυθρο.
- Υπάρχουν μεταβάσεις και στα 940, 1120, 1320, and 1440 nm.
- Τα Nd:YAG LASERs λειτουργούν και ως παλμικά και ως συνεχή.

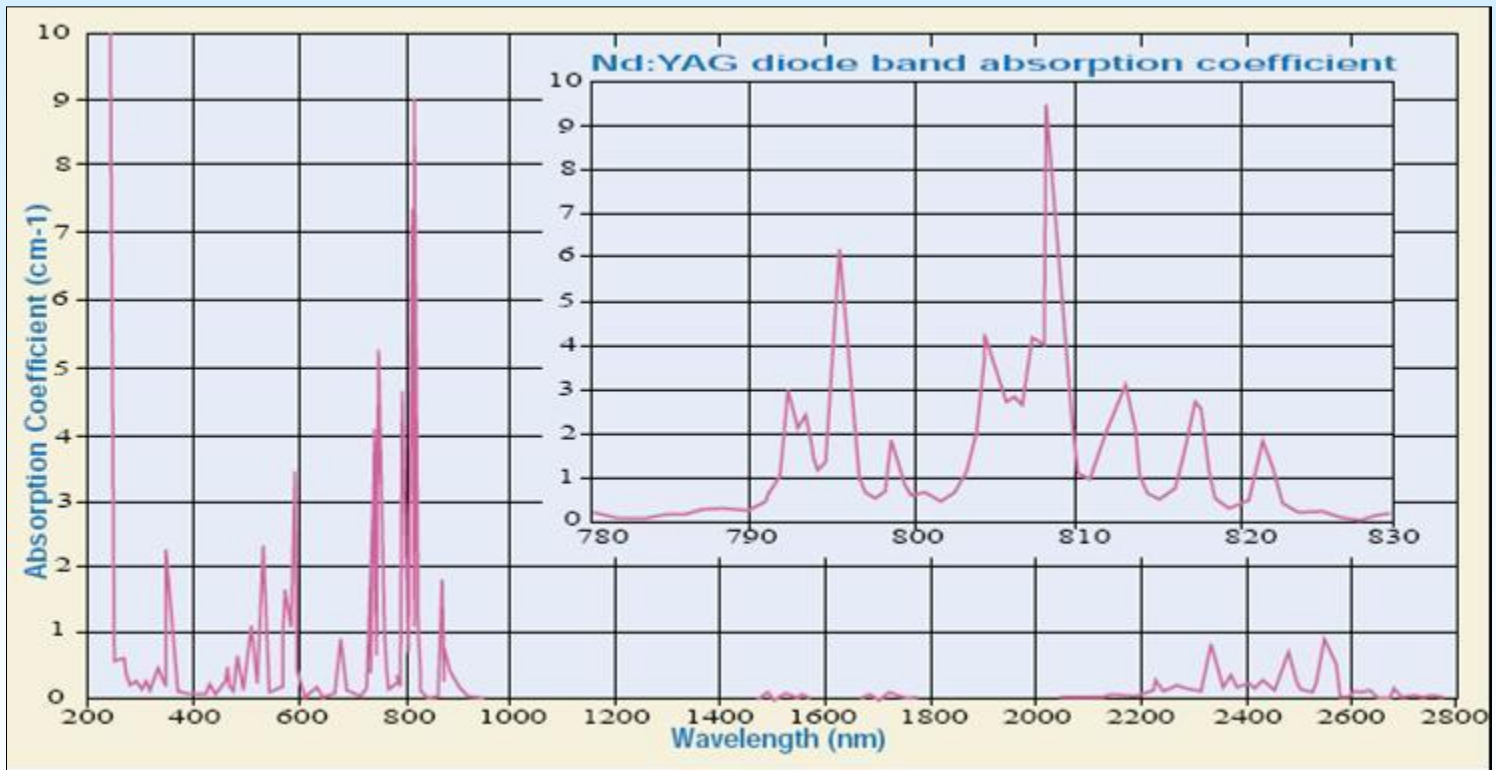


Geusic, J.E., Marcos, H.M, and Van Uitert, L.G.: "LASER oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium and gadolinium garnets". *Applied Physics Letters* **4** 10, 182-184 (1964)].

Σχέδια από το Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας US3252103A του J.E. Geusic για το Nd³⁺:YAG LASER (14/05/64)



Ο συντελεστής απορρόφησης για το Nd³⁺ σε YAG μεταξύ του κατωφλίου αποκοπής UV και των ζωνών απορρόφησης ύδατος στο μέσο Υπέρυθρο (M-IR)



⁴F_{5/2} absorption coefficient for the Nd-ion in the highly efficient diode-pumping region. The peak Nd absorption line for this region is 808.6 nm.

1970: Η ομάδα του Nikolai Basov στο Ινστιτούτο Lebedev στη Μόσχα εφηύρε το Excimer LASER

- Το πρώτο Excimer LASER δημιουργήθηκε το 1970 από τους Nikolai Basov, V. A. Danilychev και Yu. M. Popov, στο Lebedev Physical Institute στη Μόσχα, χρησιμοποιώντας ένα διμερές (Xe_2) διεγερόμενο από μια δέσμη ηλεκτρονίων για να δώσει εκπομπή στα 172 nm.
- Μια βελτίωση (NRL, Northrop RTC, Avco Everett RL, & Sandia Lab.) το 1975 υπήρξε η χρήση αλογονομένων ευγενών αερίων (αρχικά XeBr).

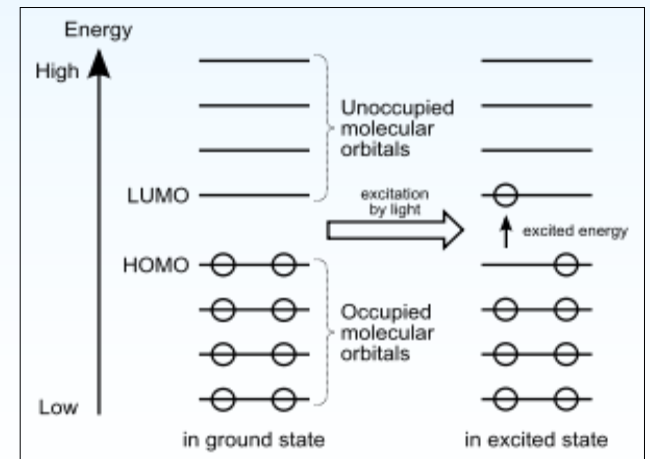
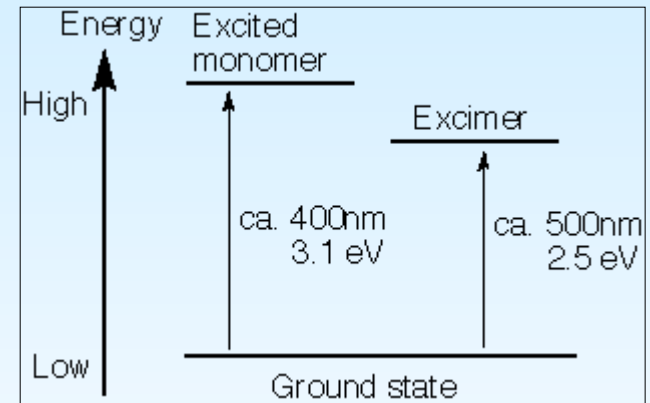
Excimer	λ
Ar_2^*	126 nm
Kr_2^*	146 nm
F_2	157 nm
Xe_2^*	172 & 175 nm
ArF	193 nm
KrF	248 nm
XeBr	282 nm
XeCl	308 nm
XeF	351 nm
KrCl	222 nm
Cl_2	259 nm
N_2	337 nm

Τι είναι το excimer LASER?

- Το **excimer LASER** (ή **exciplex LASER**) είναι μια μορφή **υπεριώδους LASER** που χρησιμοποιείται συνήθως στις χειρουργικές επεμβάσεις των ματιών και την κατασκευή ημιαγωγών.
- Ο όρος «excimer» είναι η σύντμηση του “**excited dimer**”, ενώ ο όρος «exciplex» είναι η σύντμηση του “**excited complex**”.
- Ένα excimer LASER χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά έναν συνδυασμό ενός **Αδρανούς αερίου** (Αργόν, Κρυπτόν, ή Ξένον) και ενός **Αλογόνου** (Βρώμιο, Φθόριο ή Χλώριο).
- Υπό κατάλληλους ηλεκτρικής διέγερσης, δημιουργείται ένα **ψευδομόριο excimer** (ή σε περίπτωση **αλογονιδίων ευγενών αερίων, exciplex**), το οποίο μπορεί μόνο να υπάρξει σε μια διηγερμένη κατάσταση μπορεί να δώσει έναυσμα για **LASER στην υπεριώδη σειρά**.

Οι φυσικές αρχές του excimer LASER

- Υπάρχει ένα ενεργειακό χάσμα μεταξύ του υψηλότερου κατειλημμένου μοριακού τροχιακού (**highest occupied molecular orbital HOMO**) και χαμηλότερου μη κατειλημμένου μοριακού τροχιακού (**lowest unoccupied molecular orbital LUMO**), το HOMO/LUMO χάσμα.
- Εάν το μόριο απορροφά φως του οποίου ενέργεια είναι μεγαλύτερη από αυτό το χάσμα, ένα ηλεκτρόνιο στο **HOMO** μπορεί να διεγερθεί στο **LUMO**, αποκαλούμενο **διηγερμένη στάθμη του μορίου**.
- Τα **Excimers** διαμορφώνονται μόνο όταν μια από τις συνιστώσες του διμερούς, είναι στη **διηγερμένη στάθμη**.
- Όταν τα **excimers** επιστρέφουν στη βασική κατάσταση, οι συνιστώσες τους χωρίζουν, απωθούνται συχνά μεταξύ τους, και το λ της εκπομπής του είναι μεγαλύτερο από αυτό της **διηγερμένης εκπομπής** του μονομερούς.



Οι ιδιότητες του excimer LASER

- Το UV φως από ένα excimer LASER απορροφάται καλώς από τα βιολογικά υλικά και τις οργανικές ενώσεις.
- Το excimer LASER προσθέτει αρκετή ενέργεια για να διασπάσει τους μοριακούς δεσμούς του επιφανειακού ιστού, που αποσυντίθεται αποτελεσματικά στον αέρα, με έναν στενά ελεγχόμενο τρόπο, μέσω βαθμιαίας αφαίρεσής του.
- Κατά συνέπεια τα excimer LASERs έχουν τη χρήσιμη ιδιότητα ότι μπορούν να αφαιρέσουν εξαιρετικά τα λεπτά στρώματα του υλικού επιφάνειας, με σχεδόν καμία θέρμανση ή αλλαγή στο υπόλοιπο του υλικού, που αφήνεται άθικτου.
- Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν τα excimer LASERs κατάλληλες διατάξεις επεξεργασίας οργανικών υλικών (πολυμερών και πλαστικών) και διεξαγωγής λεπτών χειρουργικών επεμβάσεων, όπως η χειρουργική επέμβαση LASIK ματιών.

Οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές του LASER

- Με τη πάροδο του χρόνου αναπτύχθηκαν **νέα, συμπαγέστερα, αξιόπιστα και αποδοτικά LASER** και οι εφαρμογές τους πολλαπλασιάστηκαν.
- Το 1974 οι **ανιχνευτές γραμμωτών κωδίκων (bar-codes)** στα Supermarket αποτέλεσαν την πρώτη μαζική εφαρμογή του LASER.
- Το **LASER-disc video player**, που προωθήθηκε το 1978, χρησιμοποίησε ένα He-Ne gas LASER.
- Τα **LASER δίοδων**, διαθέσιμα το 1982, οδήγησαν στο **compact audio CD player**, που κατέστη η πρώτη **ευρύτατα διαδεδομένη εξοπλισμένη με LASER καταναλωτική συσκευή**.
- Σήμερα, οι πολλαπλές πηγές LASER που εκπέμπουν από το βαθύ μπλε μέχρι το μέσο υπέρυθρο, βρίσκονται σε **blue ray disk players, LASER printers, και fiber optic modems** στα σπίτια σε όλο τον κόσμο.
- Τα LASER εμπλέκονται **σε πολλές πτυχές της ζωής**, από τις επικοινωνίες στον περιβαλλοντικό έλεγχο, από την κατασκευή στην ιατρική, από την ψυχαγωγία στην επιστημονική έρευνα.



Τα LASER και οι Τηλεπικοινωνίες

- Η μοναδική χωρική και χρονική συνοχή της δέσμης LASER την καθιστούν ιδανική για τις Τηλεπικοινωνίες.
- Τη δεκαετία του 1970, αναπτύσσονται τα **LASER-based fiber optic telecommunication systems** που επαναστατικοποιούν τις Τηλεπικοινωνίες και διευκολύνουν την έκρηξη του Διαδικτύου.
- Ο συνδυασμός **LASER and optical fiber** αντικαθιστά τα «δίκτυα χάλκινου καλωδίου».
- Ο **Charles K. Kao** θεωρείται ο «Πατέρας των Τηλεπικοινωνιών μέσω Fiber Optic» και μοιράζεται το Βραβείο Nobel 2009 στη Φυσική για την συνεισφορά του στον τομέα αυτόν.

Οι μοναδικές ιδιότητες του LASER

- Η χωρική συνοχή του LASER επιτρέπουν **υψηλές εντάσεις** όταν εστιάζεται, καθιστώντας το ιδανικό για την **διάτρηση υλικών** ή ως **χειρουργικό νυστέρι ακρίβειας**.
- Τα LASER είναι σε θέση να παράγει **μεγάλες, ελέγξιμες ποσότητες οπτικής ενέργειας** και **σε επαρκείς εντάσεις**, ώστε να προκαλούν μόνιμες αλλαγές στα υλικά.
- Αυτή η νέα μορφή βιομηχανικής ενέργειας έχει οδηγήσει σε ένα **ευρύ φάσμα των βασισμένων σε LASER διαδικασιών κατασκευής**, όπως η κοπή, η συγκόλληση, η επεξεργασία επιφάνειας, η κάμψη, ο καθαρισμός, η γρήγορη διαμόρφωση πρωτοτύπου κ.λ.π.
- Από τα αυτοκίνητα στα κινητά τηλέφωνα κυττάρων, στα chips μνήμης υπολογιστών, στις υψηλής ευκρίνειας TV, στον ιματισμό υψηλού σχεδιασμού και στα ξεφλουδισμένα φιστίκια, **είναι δύσκολο να βρεθεί ένα προϊόν που δεν αγγίχτηκε με κάποιο τρόπο από ένα LASER**.
- Τα φωτεινά χρώματα των λέιζερ, πολύτιμα στη βιομηχανία ψυχαγωγίας, παρέχουν επίσης στους επιστήμονες ένα κατ' εξοχήν ερευνητικό εργαλείο.
- Το LASER έχει οδηγήσει σε αναρίθμητες σημαντικές ανακαλύψεις στη Φυσική, στη Χημεία, στη Βιολογία, στη Γεωφυσική, και στην Αστροφυσική.



LASERs Αερίων

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	Pump source	Applications and notes
Helium-neon LASER	632.8 nm (543.5 nm, 593.9 nm, 611.8 nm, 1.1523 μm, 1.52 μm, 3.3913 μm)	Electrical discharge	Interferometry, holography, spectroscopy, barcode scanning, alignment, optical demonstrations.
Argon LASER	454.6 nm, 488.0 nm, 514.5 nm (351 nm, 363.8, 457.9 nm, 465.8 nm, 476.5 nm, 472.7 nm, 528.7 nm, also frequency doubled to provide 244 nm, 257 nm)	Electrical discharge	Retinal phototherapy (for diabetes), lithography, confocal microscopy, spectroscopy pumping other LASERs.
Krypton LASER	416 nm, 530.9 nm, 568.2 nm, 647.1 nm, 676.4 nm, 752.5 nm, 799.3 nm	Electrical discharge	Scientific research, mixed with argon to create "white-light" LASERs, light shows.
Xenon ion LASER	Many lines throughout visible spectrum extending into the UV and IR.	Electrical discharge	Scientific research.
Nitrogen LASER	337.1 nm	Electrical discharge	Pumping of dye LASERs, measuring air pollution, scientific research. Nitrogen LASERs can operate super radiantly (without a resonator cavity). Amateur LASER construction. See TEA LASER
Carbon dioxide LASER	10.6 μm, (9.4 μm)	Transverse (high power) or longitudinal (low power) electrical discharge	Material processing (cutting, welding, etc.), surgery.
Carbon monoxide LASER	2.6 to 4 μm, 4.8 to 8.3 μm	Electrical discharge	Material processing (engraving, welding, etc.), photo acoustic spectroscopy.
Excimer LASER	193 nm (ArF), 248 nm (KrF), 308 nm (XeCl), 353 nm (NeF)	Excimer recombination via electrical discharge	Ultraviolet lithography for semiconductor manufacturing, LASER surgery, LASIK.

Χημικά LASERs

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	Pump source	Applications and notes
Hydrogen fluoride LASER	2.7 to 2.9 μm for Hydrogen fluoride (<80% Atmospheric transmittance)	Chemical reaction in a burning jet of ethylene and nitrogen trifluoride (NF ₃)	Used in research for LASER weaponry by the U.S. DOD, operated in continuous wave mode, can have power in the megawatt range.
Deuterium fluoride LASER	~3800 nm (3.6 to 4.2 μm) (~90% Atmospheric transmittance)	chemical reaction	MIRACL, Pulsed Energy Projectile & Tactical High Energy LASER
COIL (Chemical oxygen-iodine LASER)	1.315 μm (<70% Atmospheric transmittance)	Chemical reaction in a jet of singlet delta oxygen and iodine	LASER weaponry, scientific and materials research, LASER used in the U.S. military's Airborne LASER, operated in continuous wave mode, can have power in the megawatt range.
Agil (All gas-phase iodine LASER)	1.315 μm (<70% Atmospheric transmittance)	Chemical reaction of chlorine atoms with gaseous hydrazoic acid, resulting in excited molecules of nitrogen chloride, which then pass their energy to the iodine atoms.	Scientific, weaponry, aerospace.

LASERs Χρωστικών Ουσιών

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	Pump source	Applications and notes
Dye LASERs	390-435 nm (Stilbene), 460-515 nm (Coumarin 102), 570-640 nm (Rhodamine 6G), many others	Other LASER, flashlamp	Research, spectroscopy, birthmark removal, isotope separation. The tuning range of the LASER depends on which dye is used.



LASERs Ατμών Μετάλλων

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	Pump source	Applications and notes
Helium-cadmium (HeCd) metal-vapor LASER	441 nm	Electrical discharge in metal vapor mixed with helium buffer gas.	Printing and typesetting applications, fluorescence excitation examination (i.e. in U.S. paper currency printing), scientific research.
Helium-mercury (HeHg) metal-vapor LASER	563 nm		Rare, scientific research, amateur LASER construction.
Helium-selenium (HeSe) metal-vapor LASER	325 nm		Rare, scientific research, amateur LASER construction.
Helium-silver (HeAg) metal-vapor LASER	567 nm		Scientific research
Strontium Vapor LASER	615 nm		Scientific research
Neon-copper (NeCu) metal-vapor LASER[2]	up to 24 wavelengths between red and UV	Electrical discharge in metal vapor mixed with neon buffer gas.	Scientific research
Copper vapor LASER	224.3 nm	Electrical discharge.	Dermatological uses, high speed photography, pump for dye LASERs.
Gold vapor LASER	224.3 nm	Pump source	Rare, dermatological and photodynamic therapy uses

LASERs Στερεάς Κατάστασης

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	LASER gain medium and type	Operation wavelength (s)
Ruby LASER	694.3 nm	Ytterbium:2O ₃ (glass or ceramics) LASER	1.03 μm
Nd:YAG LASER	1.064 μm, (1.32 μm)	Ytterbium doped glass LASER (rod, plate/chip, and fiber)	1. μm
Er:YAG LASER	2.94 μm	Holmium YAG (Ho:YAG) LASER	2.1 μm
Neodymium YLF (Nd:YLiF) solid-state LASER	1.047 and 1.053 μm	Cerium doped lithium strontium or calcium) aluminum fluoride (Ce:LiSAF, Ce:LiCAF)	~280 to 316 nm
Neodymium doped Yttrium orthovanadate(Nd:YVO ₄)	1.064 μm	Promethium 147 doped phosphate glass (147Pm+3:Glass) solid-state LASER	933 nm, 1098 nm
Neodymium doped yttrium calcium ox borate Nd:YCa ₄ O(BO ₃) ₃ or Nd:YCOB	~1.060 μm (~530 nm at second harmonic)	Chromium doped chrysoberyl (alexandrite) LASER	Typically tuned in the range of 700 to 820 nm
Neodymium glass (Nd:Glass) LASER	~1.062 μm (Silicate glass),~1.054 μm (Phosphate glass)	Erbium doped and erbium-ytterbium Co doped glass LASERS	1.53-1.56 μm
Titanium sapphire (Ti:sapphire) LASER	650-1100 nm	Trivalent uranium doped calcium fluoride (U:CaF ₂) solid-state LASER	2.5 μm
Thulium YAG (Tm:YAG)	2.0 μm	Divalent samarium doped calcium fluoride (Sm:CaF ₂)	708.5 nm
Ytterbium YAG (Yb:YAG)	1.03 μm	F-center LASER.	2.3-3.3 μm

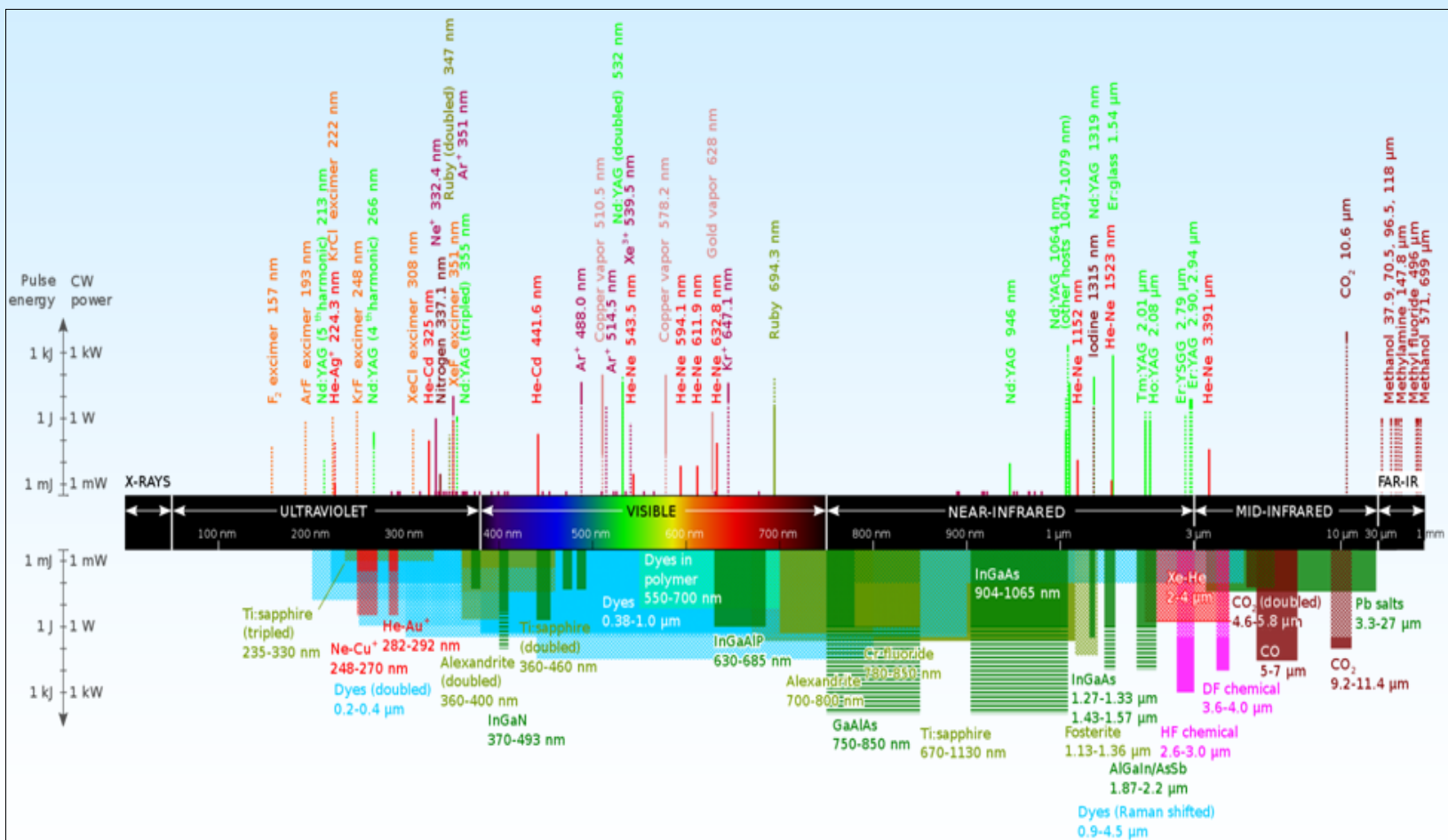
LASERs Ημιαγωγών

LASER gain medium and type	Operation wavelengths	Pump source	Applications and notes
Semiconductor LASER diode (general information)	0.4-20 μm , depending on active region material.	Electrical current	Telecommunications, holography, printing, weapons, machining, welding, pump sources for other LASERs.
GaN	0.4 μm		Optical discs.
AlGaAs	0.63-0.9 μm		Optical discs, LASER pointers, data communications. 780 nm Compact Disc player LASER is the most common LASER type in the world. Solid-state LASER pumping, machining, medical.
InGaAsP	1.0-2.1 μm		Telecommunications, solid-state LASER pumping, machining, medical..
Lead salt	3-20 μm		
Vertical cavity surface emitting LASER (VCSEL)	850 - 1500 nm, depending on material		Telecommunications
Quantum cascade LASER	Mid-infrared to far-infrared.		Research, Future applications may include collision-avoidance radar, industrial-process control and medical diagnostics such as breath analyzers.
Hybrid silicon LASER	Mid-infrared		Research

Άλλοι τύποι LASERS

LASER gain medium and type	Operation wavelength(s)	Pump source	Applications and notes
Free electron LASER	A broad wavelength range (about 100 nm - several mm); one free electron LASER may be tunable over a wavelength range	Relativistic electron beam	Atmospheric research, material science, medical applications.
Gas dynamic LASER	Several lines around 10.5 μm ; other frequencies may be possible with different gas mixtures	Spin state population inversion in carbon dioxide molecules caused by supersonic adiabatic expansion of mixture of nitrogen and carbon dioxide	Military applications; can operate in CW mode at several megawatts optical power.
"Nickel-like" Samarium LASER	X-rays at 7.3 nm wavelength	Lasing in ultra-hot samarium plasma formed by double pulse terawatt scale irradiation fluences created by Rutherford Appleton Laboratory's Nd:glass Vulcan LASER. [3]	First demonstration of efficient "saturated" operation of a sub-10 nm X-ray LASER, possible applications in high resolution microscopy and holography, operation is close to the "water window" at 2.2 to 4.4 nm where observation of DNA structure and the action of viruses and drugs on cells can be examined.
Raman LASER, inelastic stimulated scattering in non-linear media (fiber) for amplification	1-2 μm for fiber version	Other LASER, mostly Yb-glass fiber LASERs	Complete 1-2 μm wavelength coverage; distributed optical signal amplification for telecommunications; optical solitons generation and amplification
Nuclear pumped LASER	See gas LASERs	Nuclear fission	Research

Χαρακτηριστικές γραμμές εμπορικών LASER



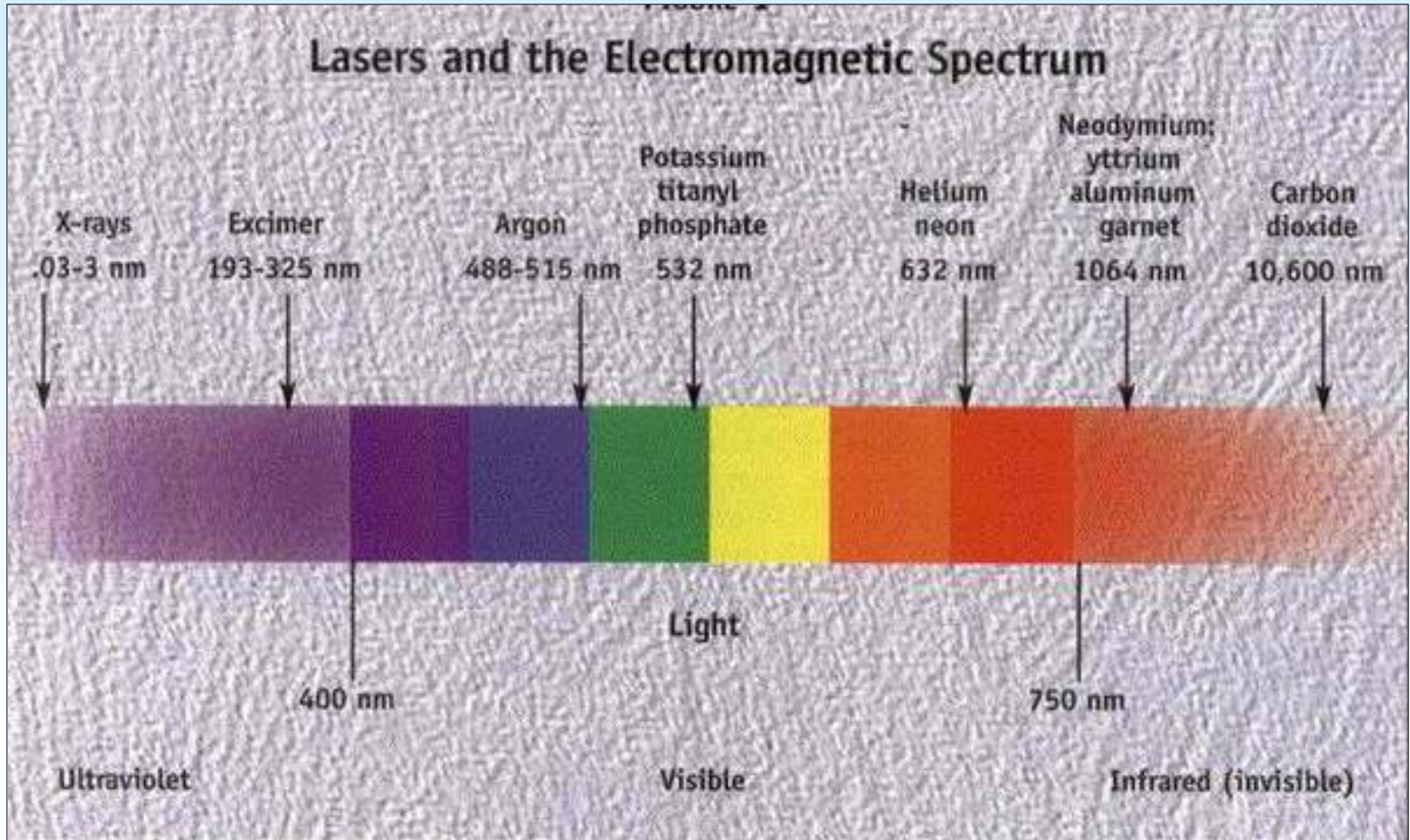


Μερικές σημαντικές Βιοϊατρικές Εφαρμογές των LASERS

Τα χειρουργικά LASERS

- Περισσότερα από **1700 έγγραφα Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας** σχετικά με τη Χειρουργική με LASER, άλλες σχετικές βοηθητικές συσκευές και υποστηρικτικό εξοπλισμό, έχουν υποβληθεί τα τελευταία 50 έτη.
- Αυτή η εργασία στοχεύει να ανασκοπήσει και αυτά τα συχνά παραλειπόμενα έγγραφα Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας, προκειμένου να ανασυγκροτηθεί το σημαντικό **«μονοπάτι ευρεσιτεχνίας»**, προς την σήμερα διαθέσιμη χειρουργική τεχνολογία LASER.
- Αυτό το «μονοπάτι ευρεσιτεχνίας», οδηγεί στα σύγχρονα:
 - ◆ *Χειρουργεία;*
 - ◆ *Εξωτερικά Ιατρεία;*
 - ◆ *ΤΕΠ;*επιτρέποντας τις πολυάριθμες βασισμένες σε LASER, ελάχιστα επεμβατικές εν λειτουργία τεχνικές.

Τα LASER που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην Ιατρική



Θεραπευτική χρήση του φωτός στην Οφθαλμολογία

- Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι η Οφθαλμολογία ήταν η πρώτη Ιατρική Ειδικότητα που χρησιμοποίησε τα LASER.
- Για έναν περισσότερο από μισό αιώνα, οι Οφθαλμίατροι έχουν στηριχθεί στο φως για να θεραπεύσουν την Αμφιβληστροειδοπάθεια.
- Ο Meyer-Schwickerath, μετά από τα πειράματα των πρωτοπόρων Czerny (1867) και Deutschmann (1882) στον αμφιβληστροειδή κουνελιών, ερεύνησε τη χρήση του φυσικού φωτός του ήλιου για να θεραπεύσει την Αμφιβληστροειδοπάθεια επιτυχώς, χρησιμοποιώντας την τεχνική το 1949, για να εκτελεσθεί μια Αμφιβληστροειδική Πήξη [G. Meyer-Schwickerath, *Light coagulation*. St. Louis: CV Mosby, 1960].
- Ο Meyer-Schwickerath ανέπτυξε έπειτα έναν λαμπτήρα βολταϊκού τόξου άνθρακα, και αργότερα στη δεκαετία του '50, η Carl Zeiss Laboratories παρήγαγε, σύμφωνα με τις οδηγίες του, τον λαμπτήρα τόξου Xenon, ο οποίος βρήκε γρήγορα διαδεδομένη χρήση από τους Οφθαλμιάτρους, για την Αμφιβληστροειδική Φωτοπηξία.
- Αν και αυτή η μορφή ήταν πιο αποτελεσματική, ήταν δύσκολο να στραφεί η ακτίνα ακριβώς σε ένα μικρό σημείο.
- Οι θεραπείες απαίτησαν επίσης τη σχετικά μακροχρόνια διάρκεια έκθεσης, ήταν επίπονες για τον ασθενή, και εμφανίστηκαν πολλές επιπλοκές.

Η πρώτη Ιατρική χρήση: Τα LASER στην Οφθαλμολογία

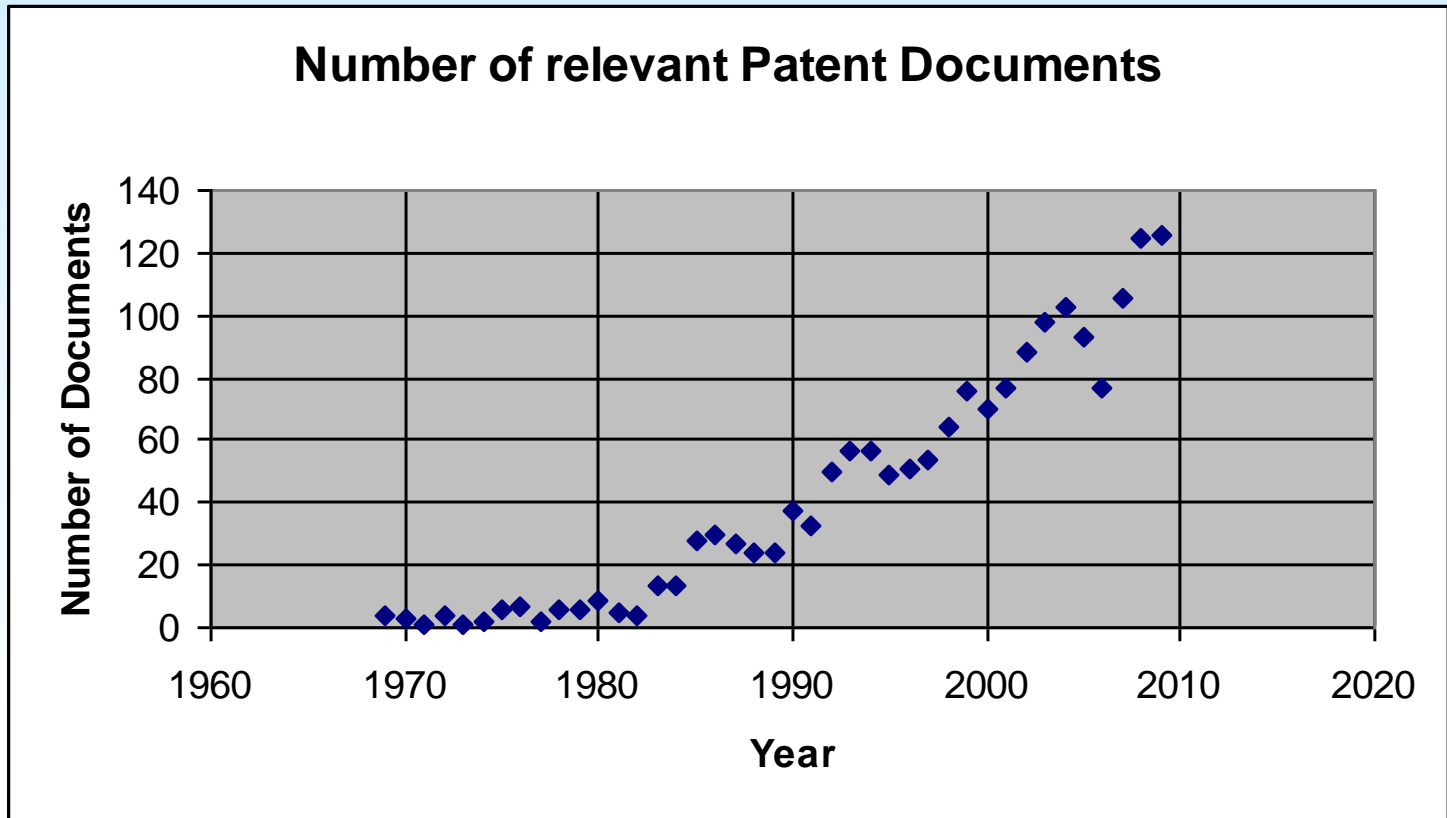
- Η πρώτη ιατρική χρήση ενός **arc-lamp Ruby LASER** στην Ιατρική πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 1961.
- Ο **Charles Campbell** στο **Institute of Ophthalmology, Columbia-Presbyterian Medical Center** και ο **Charles Koester** της **American Optical Corporation** χρησιμοποιούν ένα **Ruby LASER Photo-coagulator** για να καταστρέψουν τον Αμφιβληστροειδικό όγκο ενός ασθενούς.
- Έναντι του Λαμπτήρα Τόξου Ξένον, το **Ruby LASER Photocoagulator** χαρακτηρίζονταν από μια πιο ελεγχόμενη εκπομπή της ενέργειας, που μείωνε τον κίνδυνο ζημίας, στους περιβάλλοντες ιστούς.
- Η ανάπτυξη του **LASER Αργού** και των επόμενων πηγών **LASER αργότερα**, επέτρεψε στους Οφθαλμιάτρους την ευελιξία της θεραπείας των ασθενών στο **Λαμπτήρα Σχισμής**, στο **Έμμεσο Οφθαλμοσκόπιο** ή στο **Χειρουργικό Μικροσκόπιο**.

Απορρόφηση των ιστών έναντι των διάφορων μηκών κύματος LASER στη Οφθαλμολογία

LASER type	CO ₂ 10.6 μm	Ar / KPT 488-515/532 nm	Non-contact YAG (NIR)	Contact YAG (NIR)
Water	yes	no	no	no
Blood	yes	yes	no	no
Dark tissue	yes	yes	yes	yes
Light tissue	yes	no	no	yes
Coagulation	no	yes	yes	yes
Ablation	yes	no	no	yes

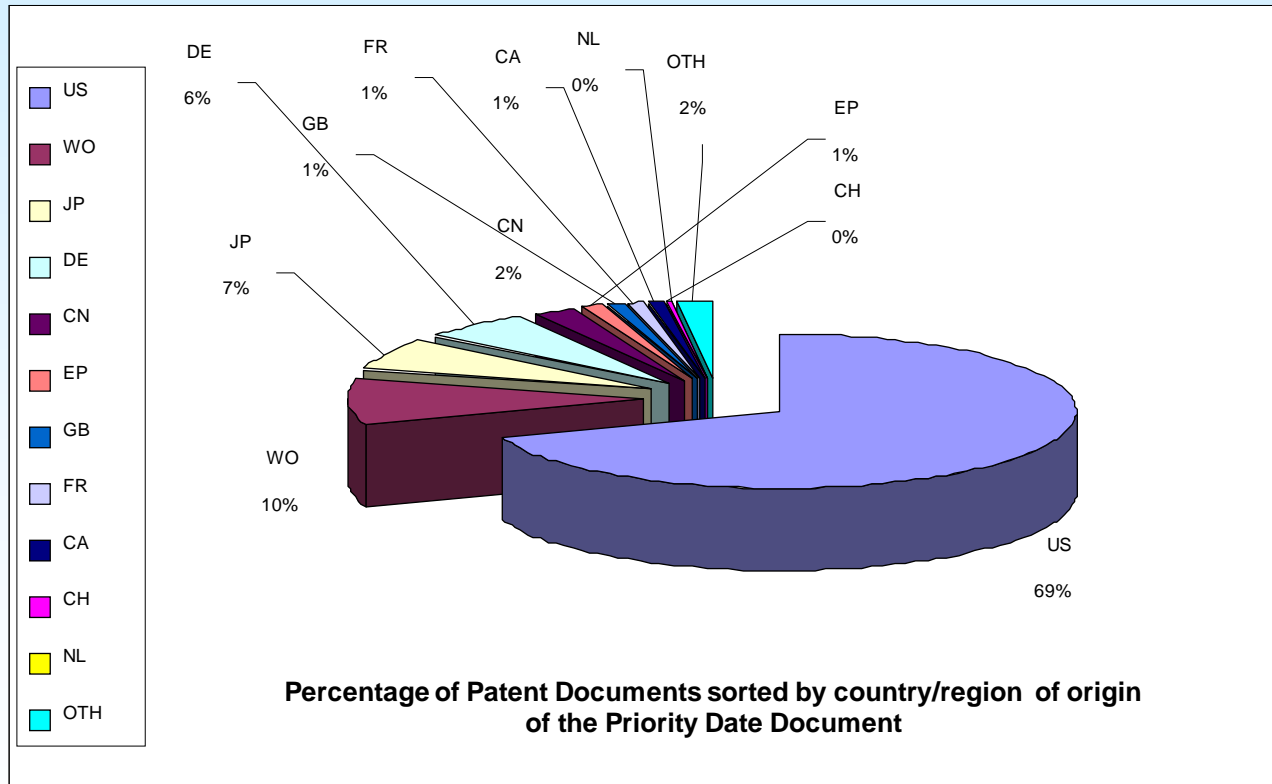
Source: M. Yanoff, J. S. Duker, Ophthalmology, p. 522, Mosby, 2008.

Αριθμός Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετικών με το «Χειρουργικό LASER» ανά έτος δημοσίευσης

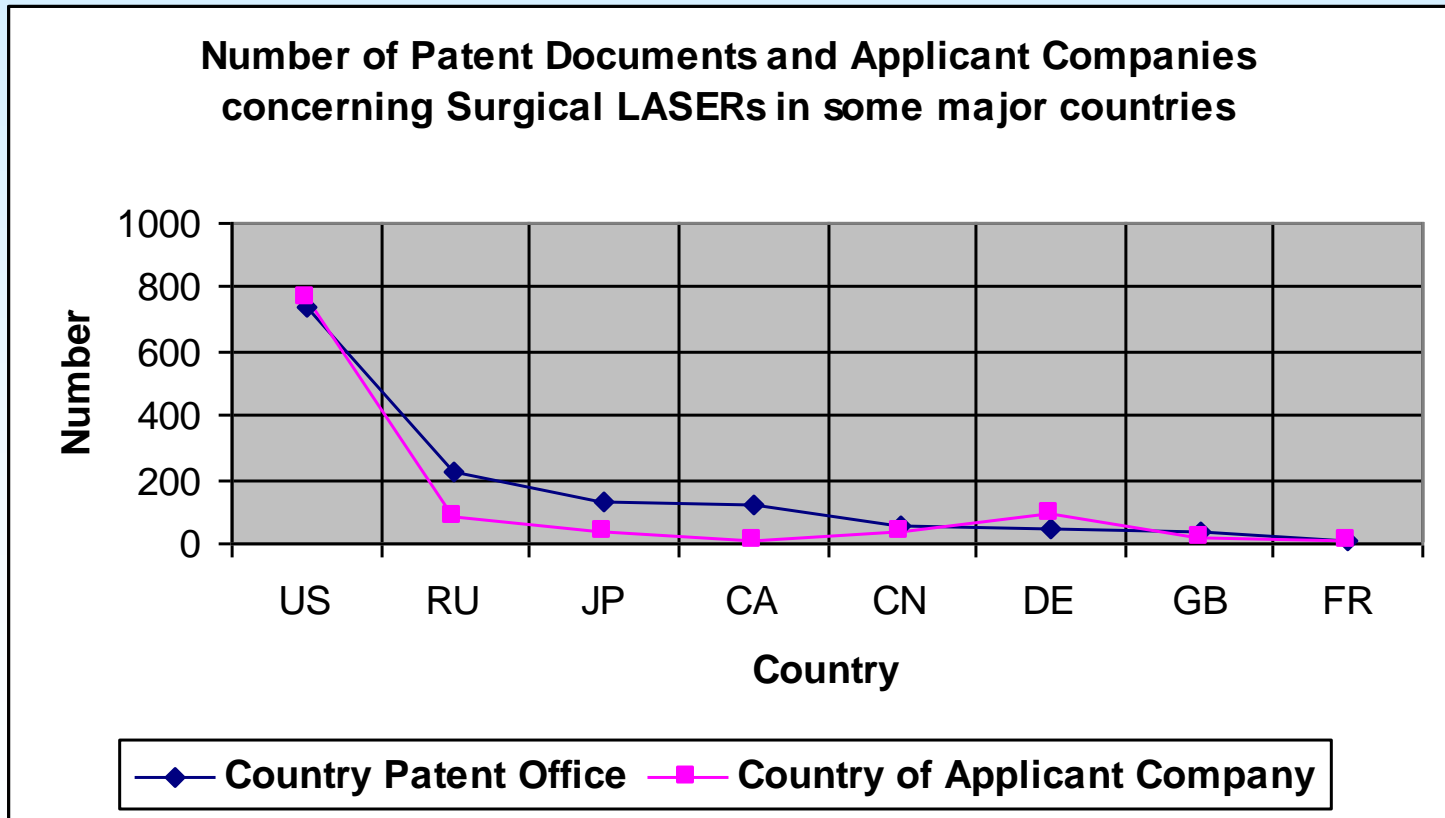


Search results for the years 1960-2010 on esp@cenet facility of the European Patent Office (EPO)

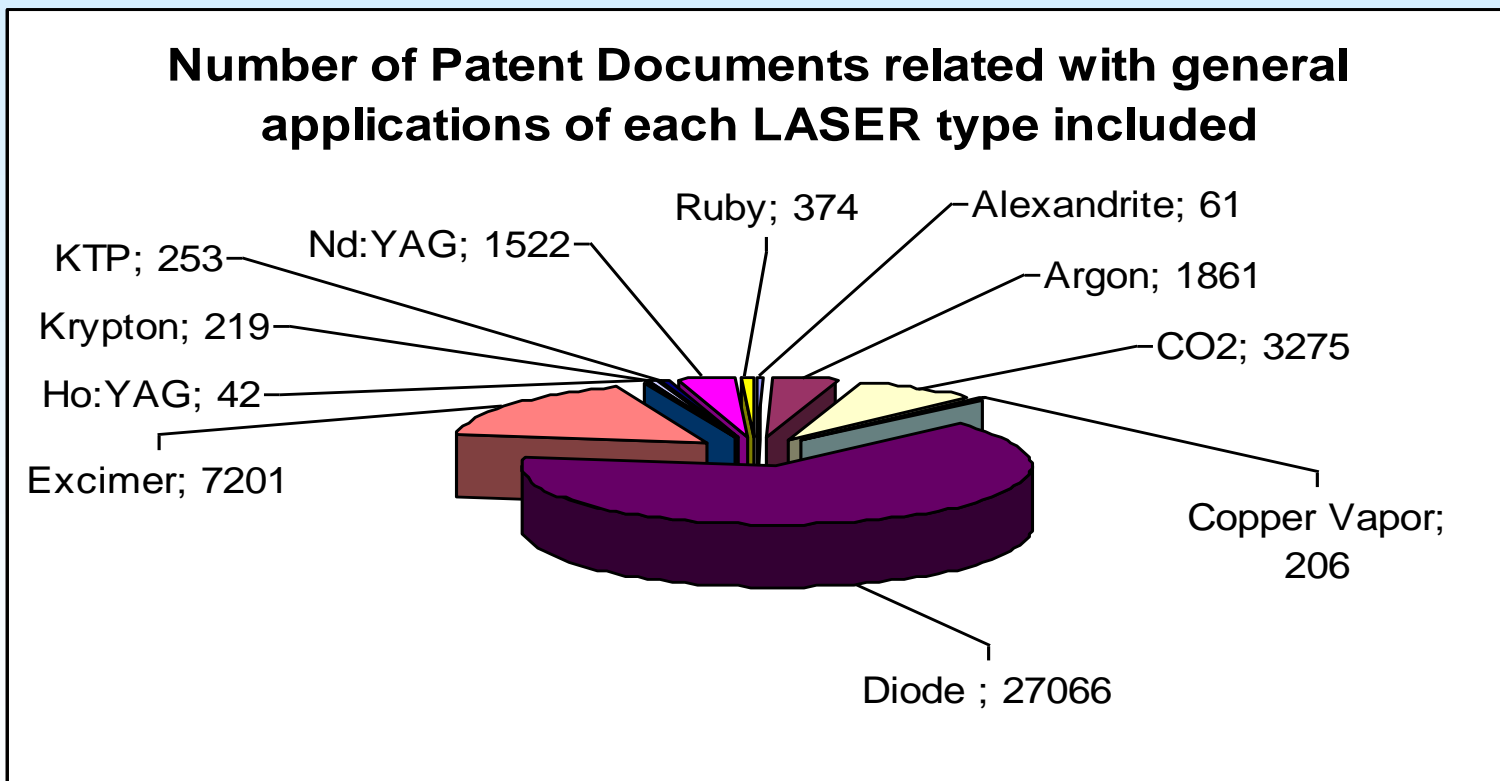
Ποσοστό δημοσιεύσεων Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετικών με το «Χειρουργικό LASER» ανά χώρα ή περιοχή προέλευσης



Σύγκριση του αριθμού Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας ανά Γραφείο Ευρεσιτεχνιών και ανά Χώρα «Αιτούντος» για μερικές σημαντικές χώρες

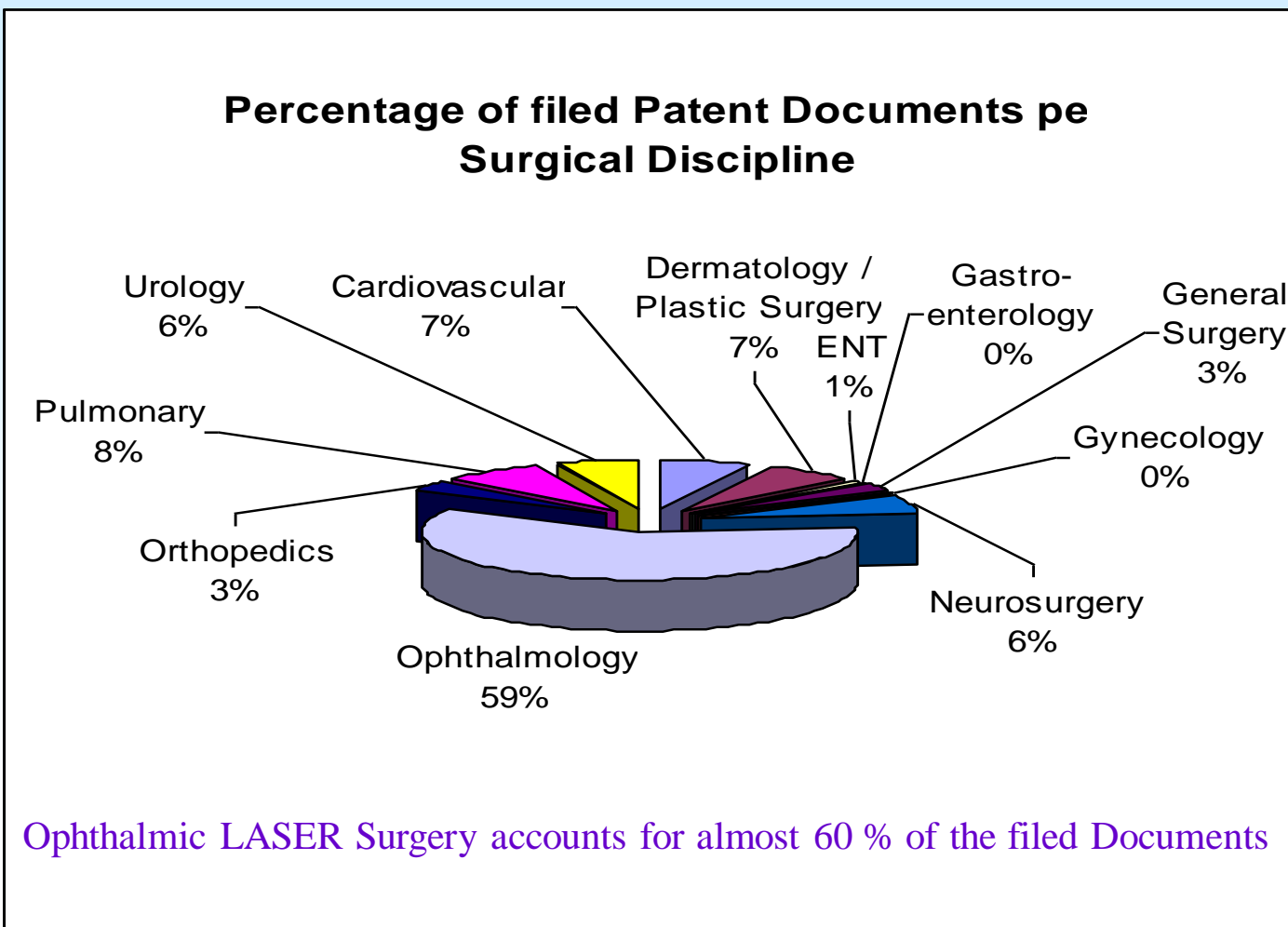


Αριθμός Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας για όλες τις εφαρμογές ανά τύπο LASER για τα έτη 1960-2010



Diode LASERS are leading by far since most of the applications of general interest are covered by the Diode LASER specifications.

Ποσοστό των Εγγράφων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας LASER ανά Χειρουργική Ειδικότητα για τα έτη 1960-2010



Τύποι Χειρουργικών LASER ανά Ειδικότητα

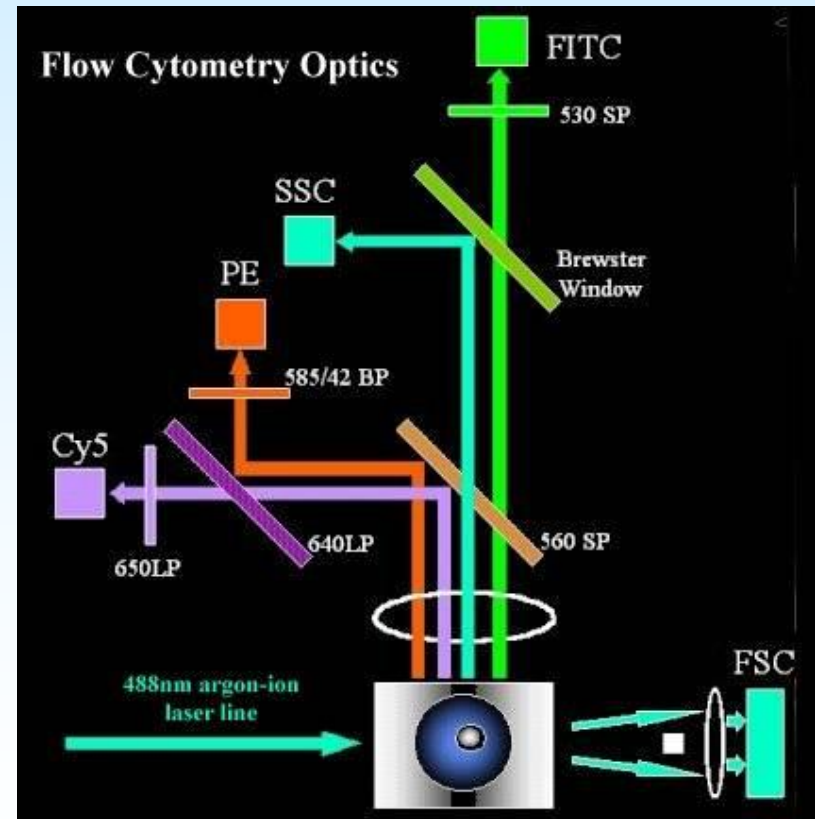
Medical Discipline	LASER types
Cardiovascular	Excimer, Nd:YAG, Argon, Ho:YAG, CO2
Dermatology / Plastic Surgery	CO2, CV, PLDL, Ruby, Alexandrite
ENT	Sharplan CO2
Gastroenterology	Nd:YAG
General Surgery	Nd:YAG, CO2, KTP
Gynecology	Nd:YAG, CO2, KTP
Neurosurgery	CO2, KTP, Argon
Ophthalmology	Argon, Nd:Yag, Krypton
Orthopedics	Ho:Yag
Pulmonary	CO2, KTP, Argon
Urology	CO2, Argon, , Nd:YAG

Σε τι χρησιμεύουν αυτά τα γραφήματα;

- Αν και η τεκμηρίωση των Εγγράφων Δικαιωμάτων Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας έχει παραμεληθεί ως πηγή πληροφοριών για την ακαδημαϊκή έρευνα, τα Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας, ειδικά σε τομείς όπως η Χειρουργική LASER, είναι τα μόνα μέσα για να αναπαρασταθούν οι δεκαετίες ανταγωνισμού, μεταξύ των πολυάριθμων κατασκευαστών Χειρουργικού Εξοπλισμού βασισμένων στο LASER.
- Για παράδειγμα:
 - ◆ *Δίδουν μια ακριβή ιδέα για τη γεωγραφική προέλευση των σχετικών Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας.*
 - ◆ *Αποκαλύπτουν τις ακριβείς τάσεις Καινοτομίας ανά χώρα.*
 - ◆ *Πληροφορούν για τον αριθμό Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας ανά Ειδικότητα (π.χ. Οφθαλμική Χειρουργική 60% των Δ.Ε.).*

In Vitro Laboratories and LASERS

- Υπάρχουν πολλές εφαρμογές των LASER στην in Vitro Διαγνωστική.
- Εν τούτοις, οι πιο χαρακτηριστικές είναι οι ακόλουθες:
 - ◆ *Hybrid Coulter-LASER Hematology Analyzers.*
 - ◆ *Flow Cytometry.*
 - ◆ *FISH (Fluorescent in situ Hybridization).*
 - ◆ *LSC (LASER Scanning Cytometry).*



Η πρώτη διάταξη Κυτταρομετρίας Ροής βασισμένη στο φθορισμό (ICP 11) αναπτύχθηκε το 1968 από τον **Wolfgang Göhde** (Uni-Münster, DE) και μπήκε στη παραγωγή το 1968/69 από τις Partec & Phywe AG, Göttingen



United States Patent
Dittrich et al.

[11] **3,761,187**
[45] **Sept. 25, 1973**

[54] **FLOW-THROUGH CHAMBER FOR PHOTOMETERS TO MEASURE AND COUNT PARTICLES IN A DISPERSION MEDIUM**

[76] Inventors: **Wolfgang M. Dittrich**, Am Krug 42; **Wolfgang H. Göhde**, Lohofenerweg 39, both of Muenster, Germany

[22] Filed: **Dec. 23, 1971**

[21] Appl. No.: **211,798**

Related U.S. Application Data

[62] Division of Ser. No. 884,651, Dec. 12, 1969, abandoned.

[30] **Foreign Application Priority Data**
Dec. 18, 1968 Germany..... P 18 15 352.1

[52] **U.S. Cl.**..... **356/246, 250/218**
[51] **Int. Cl.**..... **G01n 1/10**
[58] **Field of Search.**..... **356/244, 245, 246, 356/96, 97, 51; 250/435 R, 218**

[56] **References Cited**
UNITED STATES PATENTS
3,079,505 2/1963 Weir et al. 356/244

3,307,447 3/1967 Carleton et al. 356/246
3,515,491 6/1970 Emary..... 356/246
3,614,243 10/1971 Harvey..... 356/246

Primary Examiner—William L. Sikes
Attorney—D. C. Roylance, David S. Abrams, Robert H. Berdo, Donald A. Kaul and Walter C. Farley

[57] **ABSTRACT**

A particle measuring and counting device comprises a flow-through chamber having a conduit for the dispersion medium. The central vertical nozzle of the conduit is disposed with its opening in the sharply focussed object plane of a microscope and uniformly illuminated from below or by incident illumination. Electronic counting and recording devices are coupled to the output of the microscope for analyzing light pulses occurring in the nozzle when particles pass therethrough.

8 Claims, 2 Drawing Figures

PATENTED SEP 25 1973 3,761,187

FIG. 1

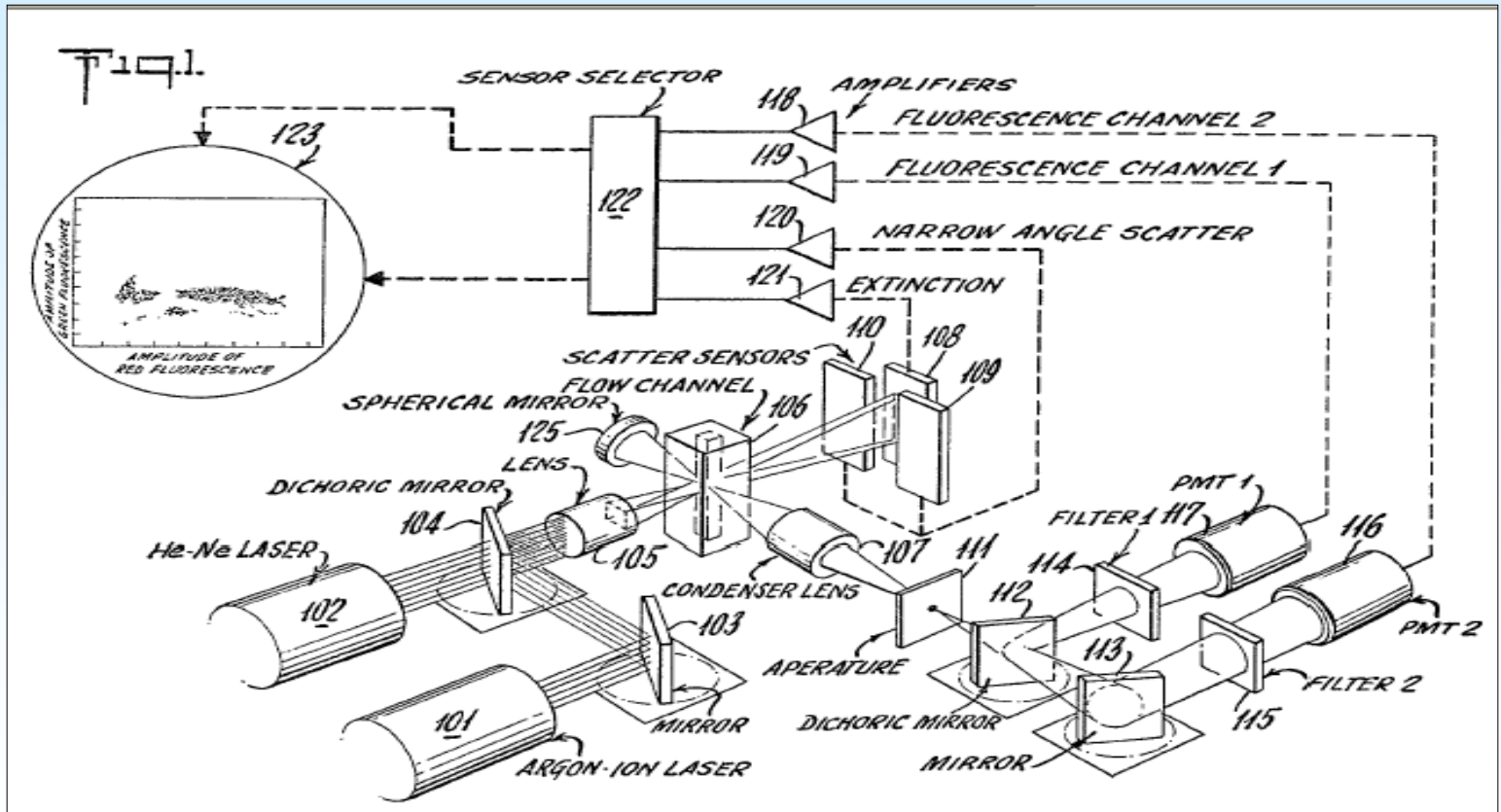
FIG. 2

WOLFGANG DITTRICH
WOLFGANG GÖHDE
INVENTOR

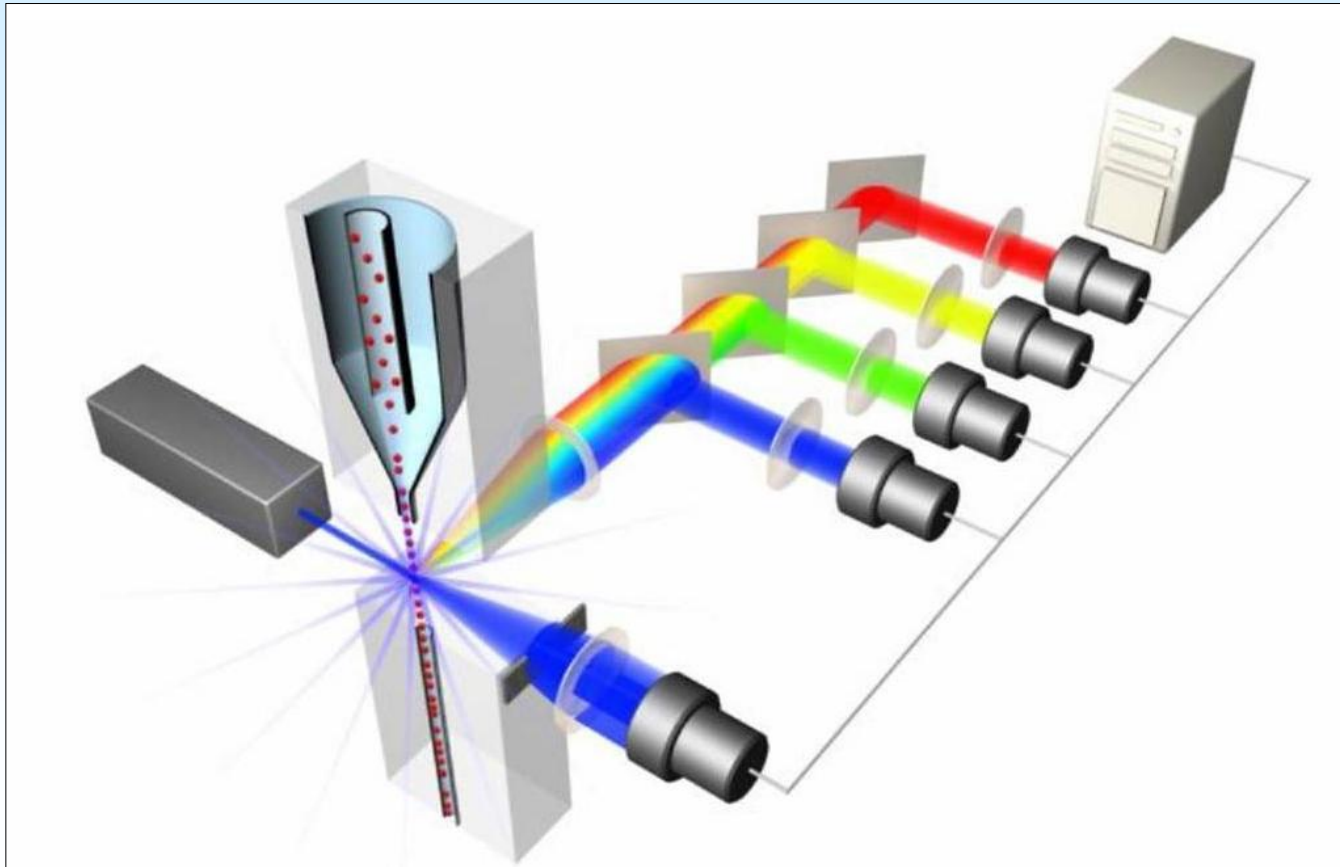
BY *Nolle & Nolle*
ATTORNEY



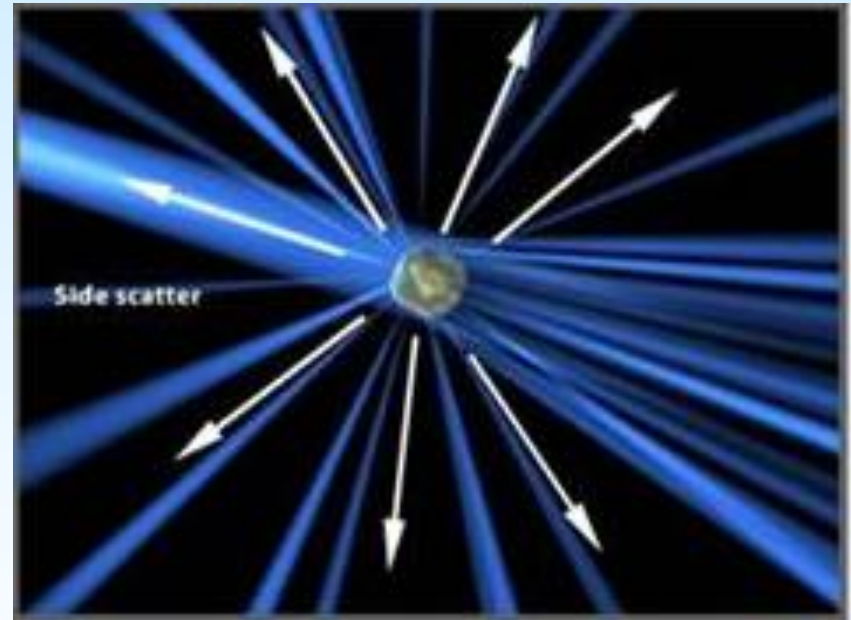
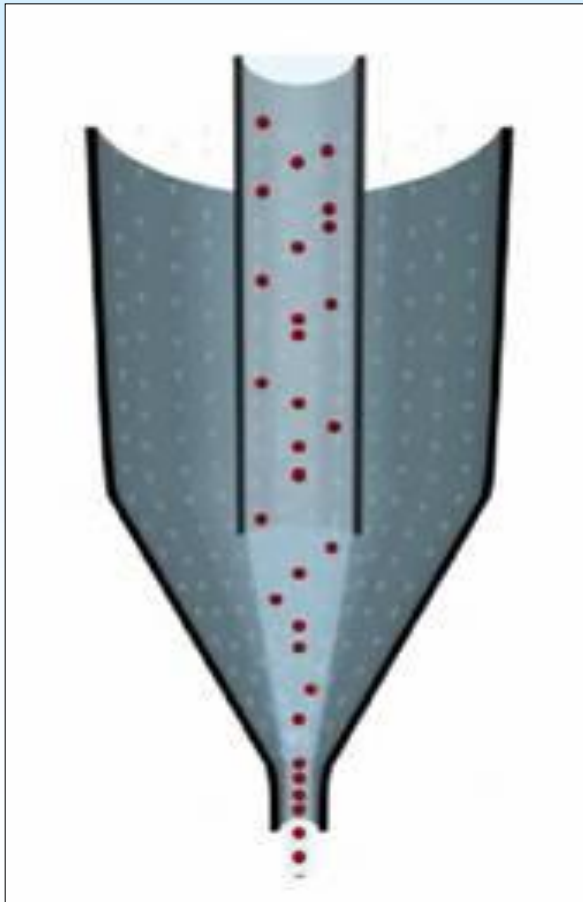
CA1133274 (A1): Method and Apparatus for Automated Identification and Enumeration of Blood Cell Subclasses (Ortho Diagnostics, P.W. Hansen R.A. Hoffman, 1982)



Η διάταξη του LASER ενός συστήματος Κυτταρομετρίας Ροής και οι ανιχνευτές Σκέδασης και Φθορισμού

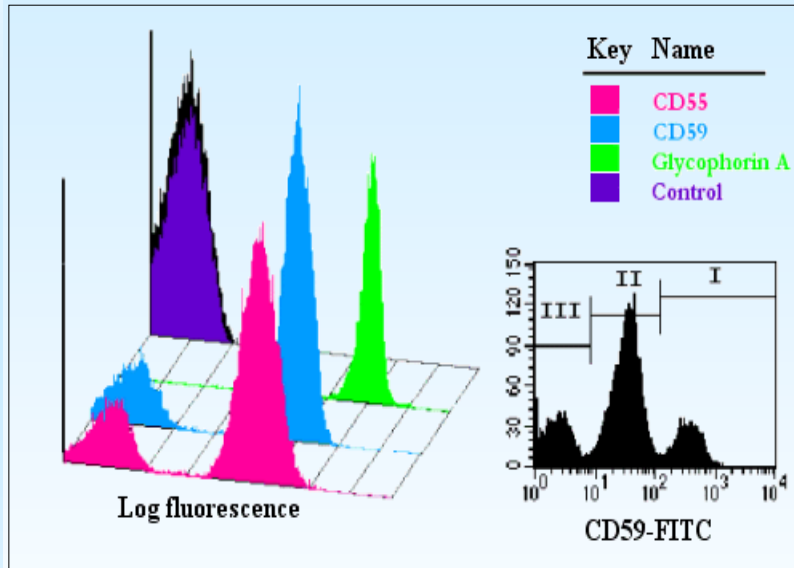


Η διάταξη Ροής (fast flowing sheath) και πλάγιας σκέδασης ενός συστήματος Κυτταρομετρίας Ροής



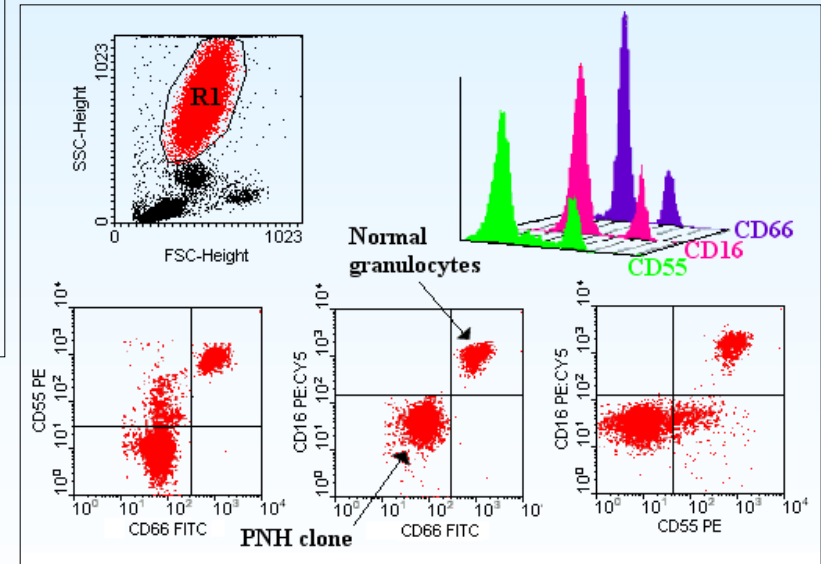
The SSC (side scatter) detects light at a 90 degree angle to the LASER source point; this scatter gives information on granularity and internal complexity.

Δύο διαγράμματα Ερυθροκυττάρων και Κοκκιοκυττάρων ενός συστήματος Κυτταρομετρίας ασθενούς με PNH



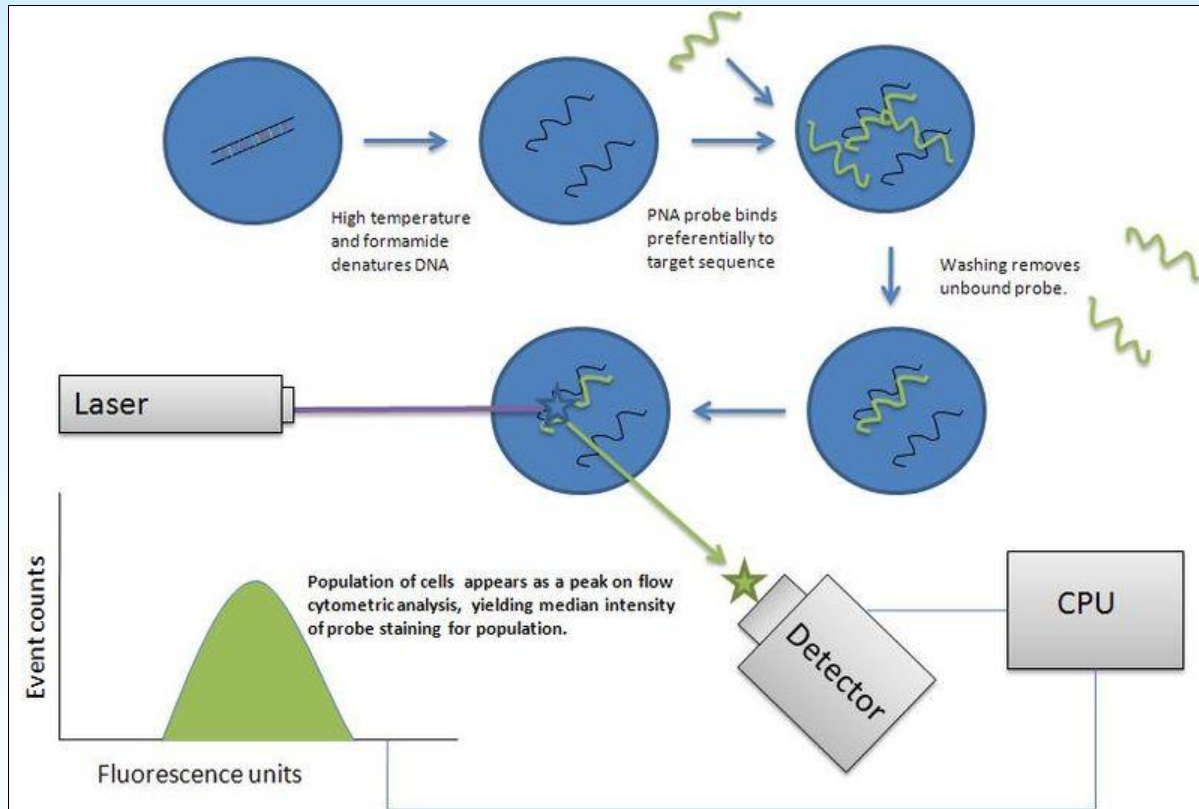
Erythrocytes

PNH (Paroxysmal Nocturnal Haemoglobinuria)



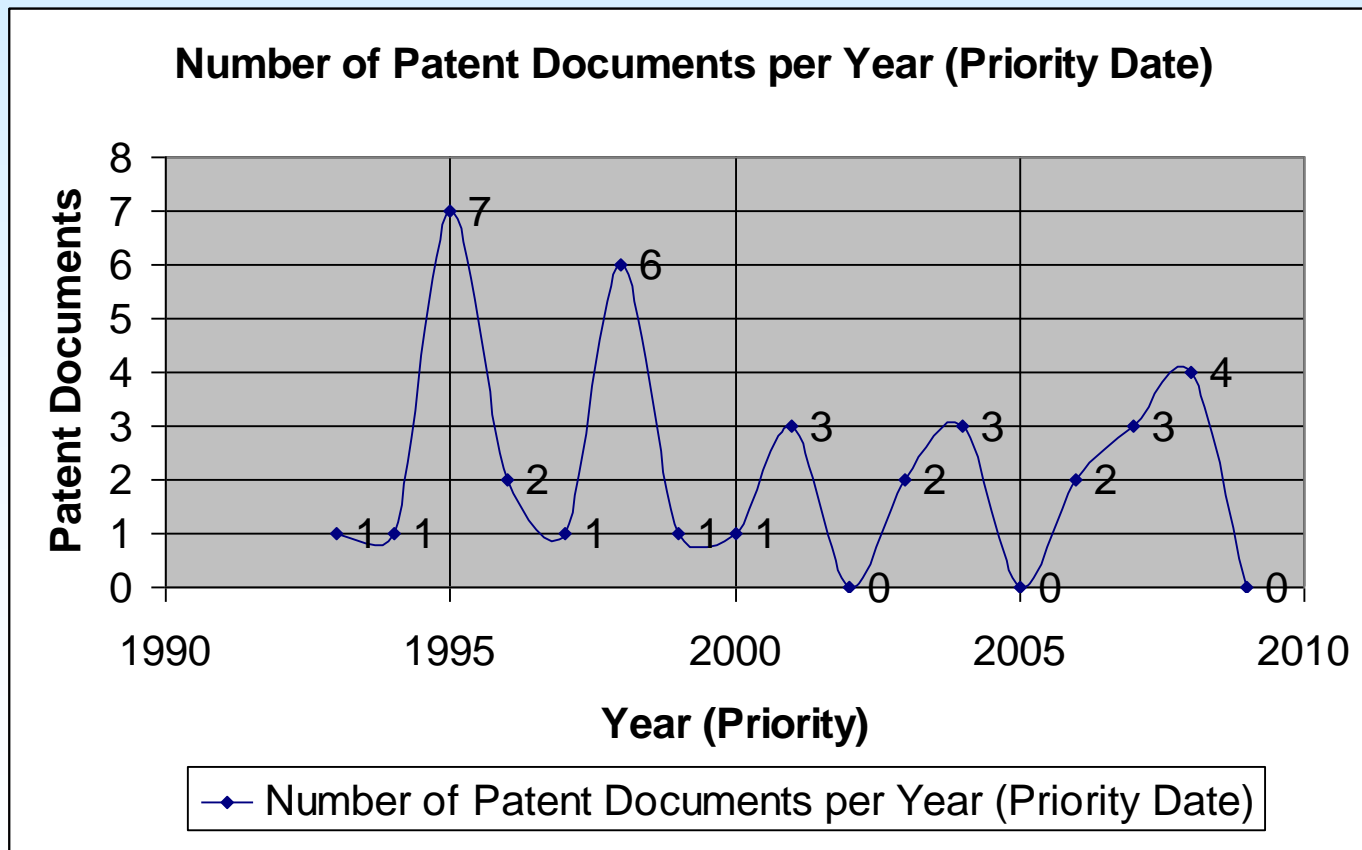
Granulocytes

FISH (Fluorescence In Situ Hybridization)

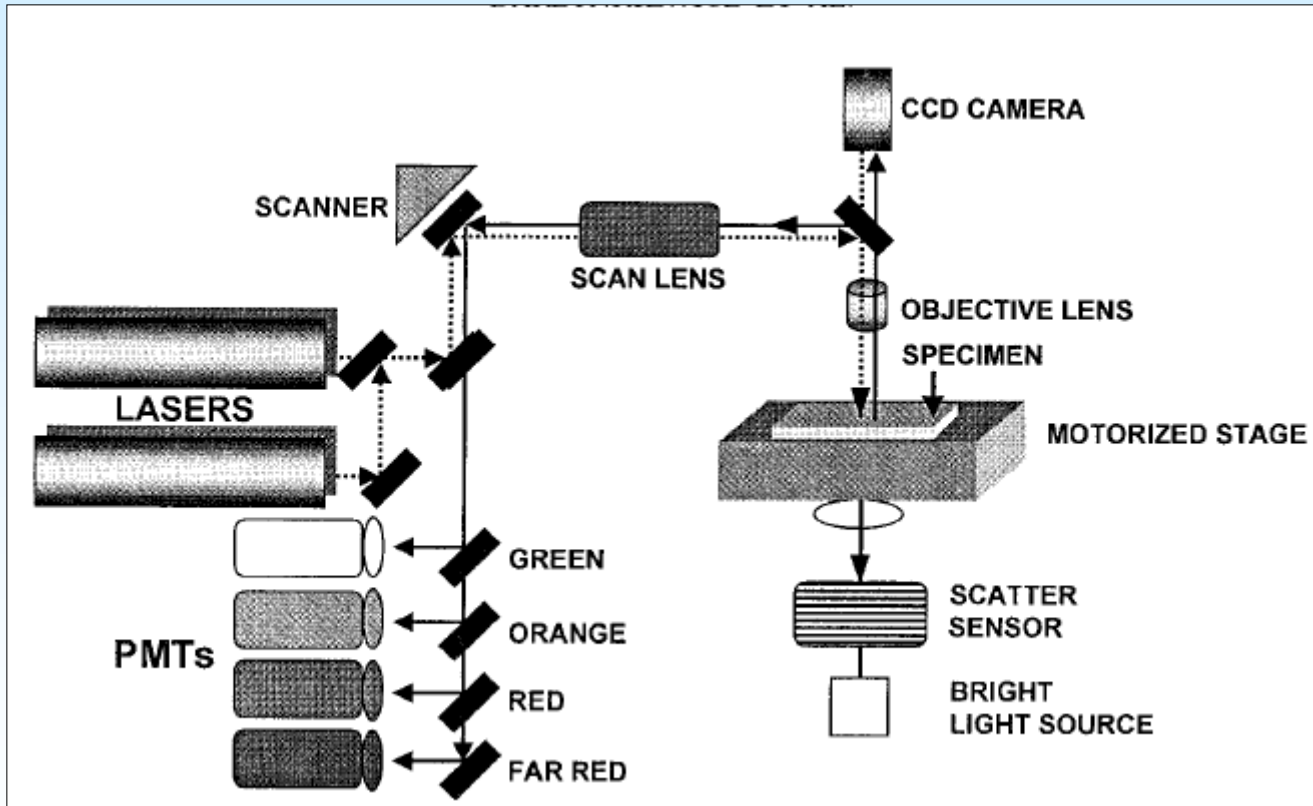


FISH detects and localizes the presence or absence of specific DNA sequences on chromosomes, using fluorescent probes that bind to only those parts of the chromosome with which they show a high degree of sequence similarity

Αριθμός Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετιζόμενων με την μέθοδο FISH για τα έτη 1994-2009

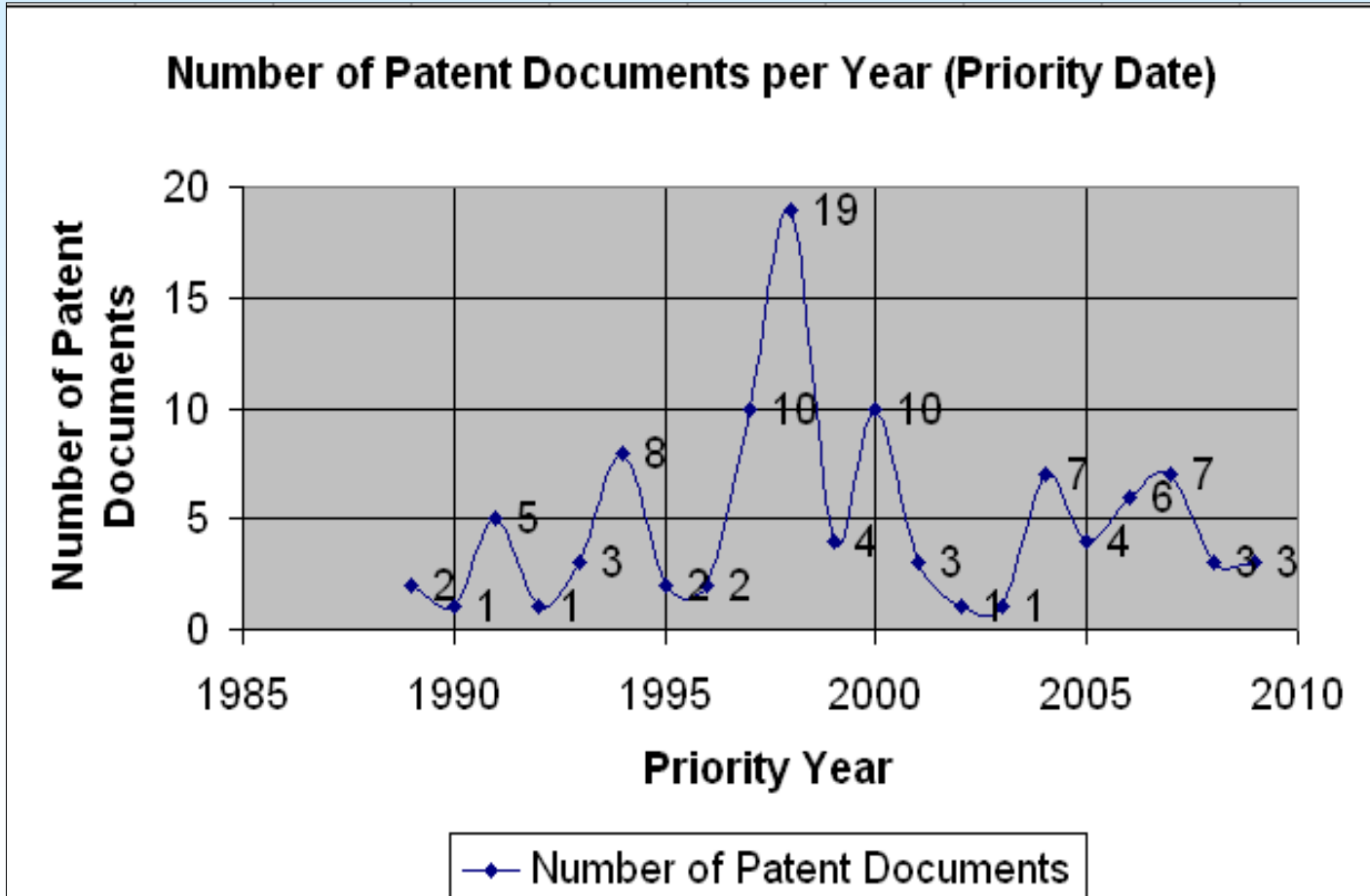


Σχηματική αναπαράσταση ενός συστήματος LSC (LASER Scanning Cytometer)

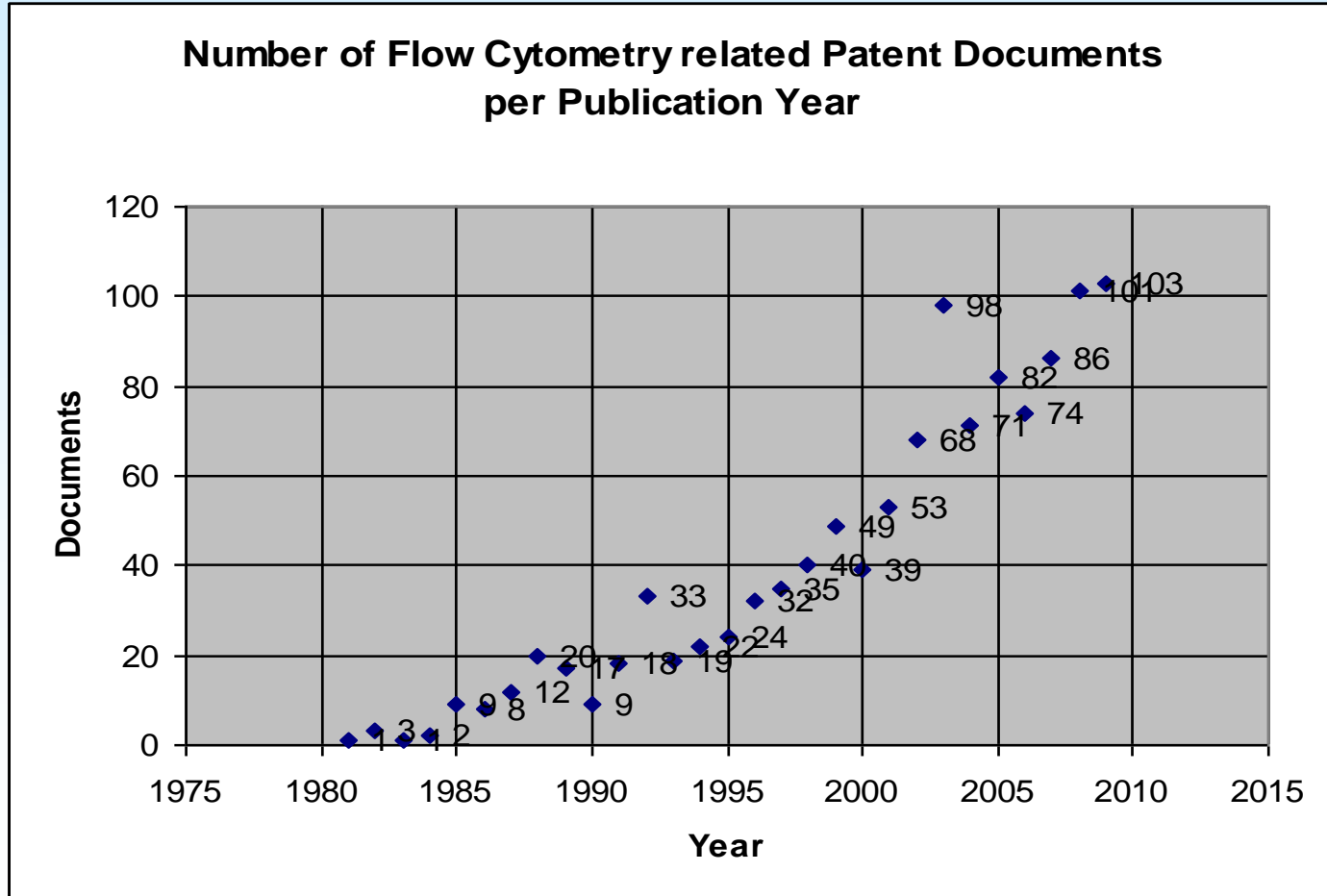


LASER-excited Fluorescence emitted from Fluorocarboned individual Cells on a Microscope slide is measured at multiple wavelengths rapidly with high sensitivity and accuracy. The cells are positioned on slides during measurement so they may be examined repeatedly over time.

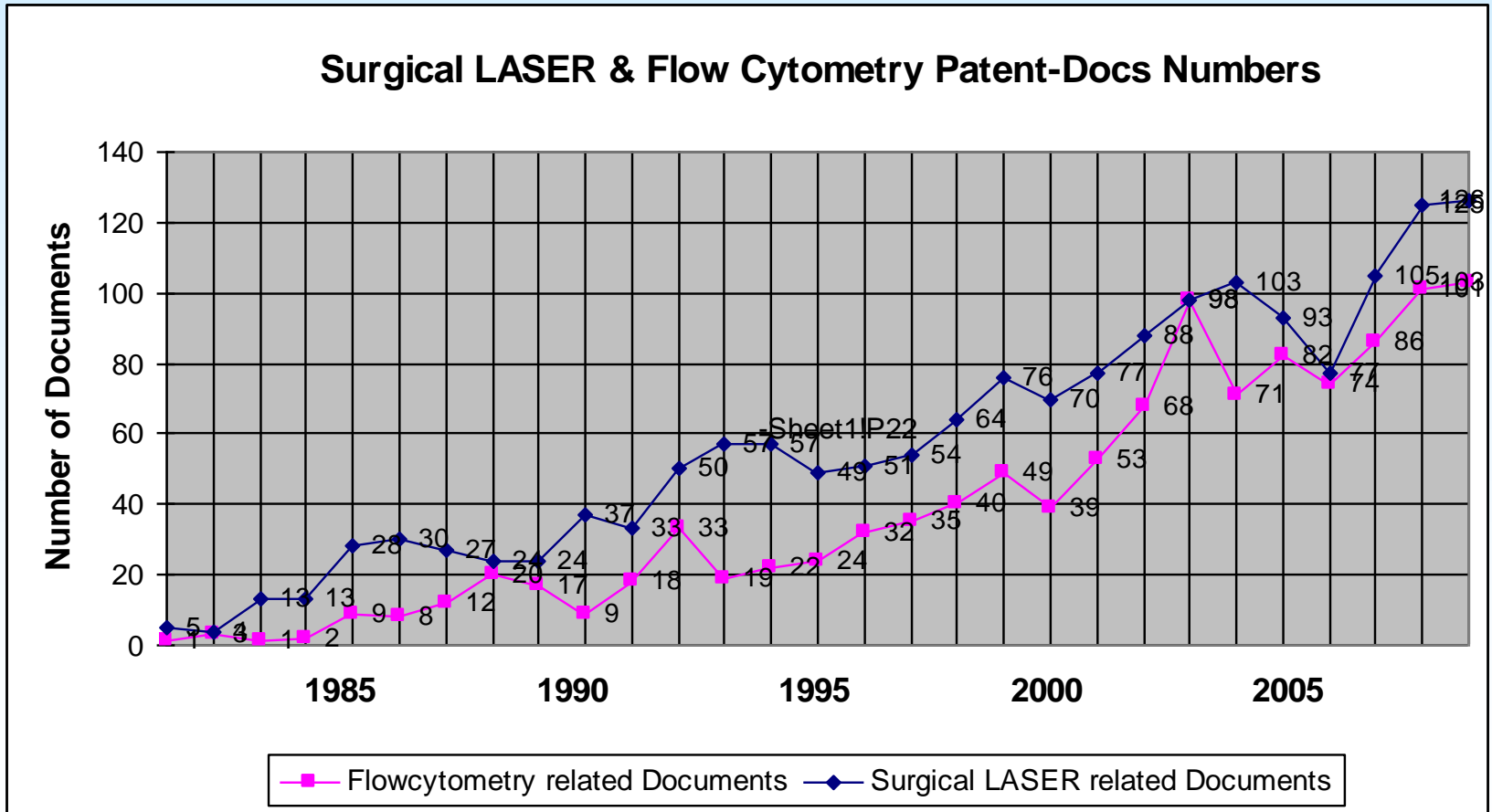
Confocal LASER Microscopy



Αριθμός Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετικών με τη Κυτταρομετρία Ροής ανά έτος δημοσίευσης



Συνέλιξη των αριθμών Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετικών με τα Χειρουργικά LASER και με τη Κυτταρομετρία





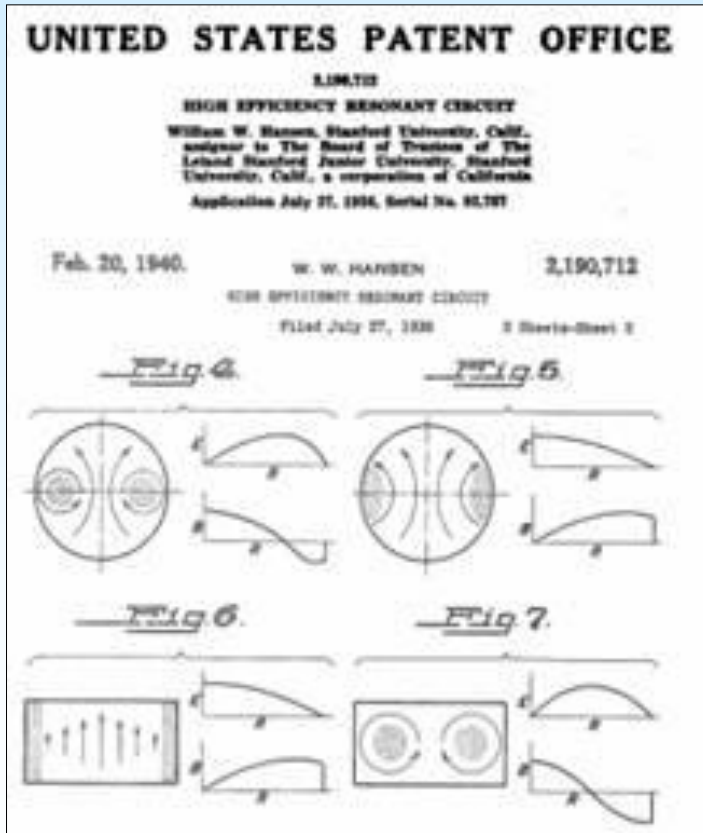
Το εξωτικό LASER του αύριο: Τα αναδυόμενα Απεικονιστικά «υπέρ-εργαλεία»

William Webster Hansen (1909-1949): Ο εφευρέτης

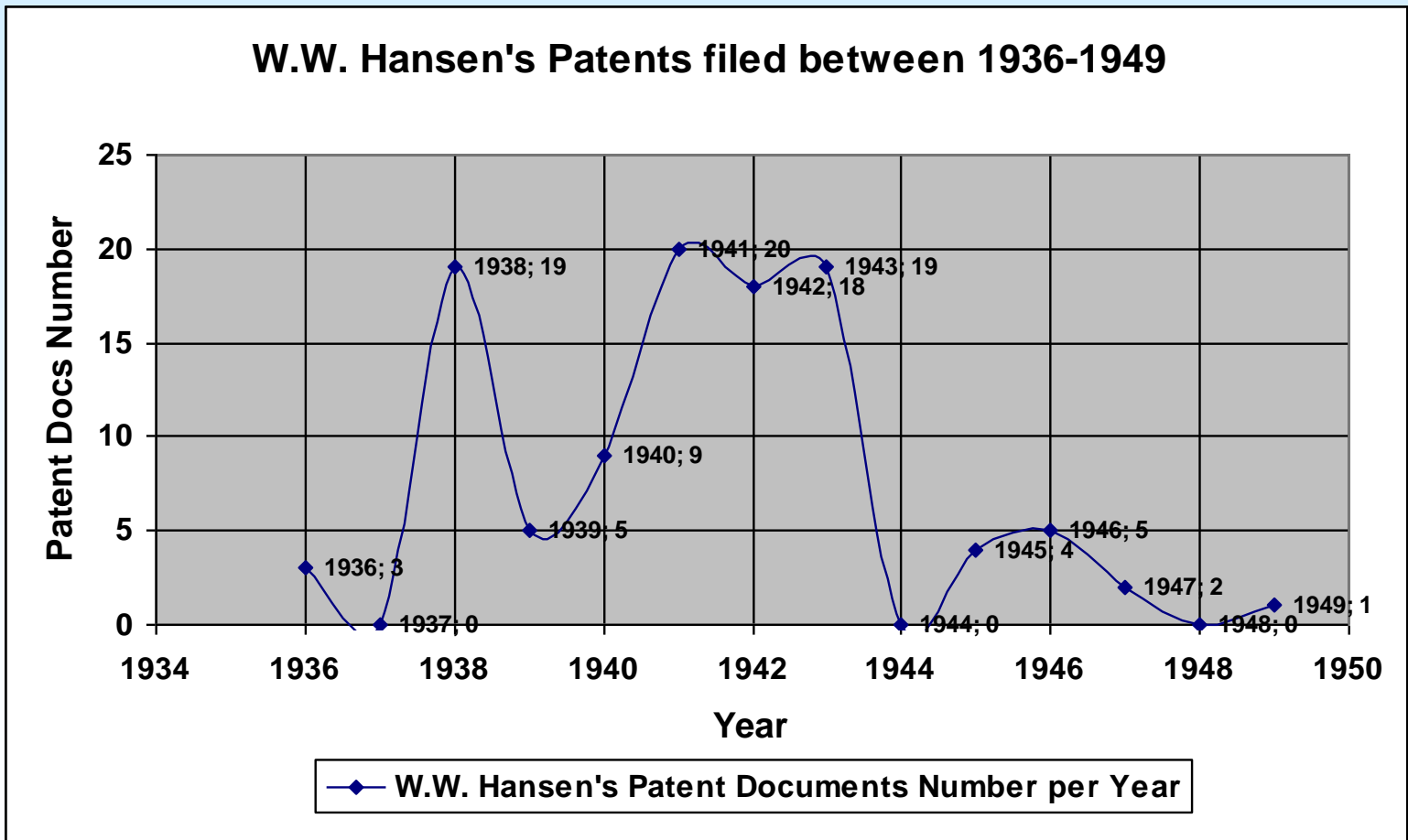
- Εφηύρε την κοιλότητα μικροκυμάτων (1936) και κατασκεύασε (1947) τον πρώτο με τρέχοντα κύματα γραμμικό επιταχυντή ηλεκτρονίων, εκμεταλλευμένος την τεχνολογία μικροκυμάτων που αναπτύχθηκε για το ραντάρ κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου, ενώ είχε καταθέσει και 107 αιτήσεις για Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας, εργαζόμενος στο Stanford University, California.
- Για τα σημαντικά επιτεύγματά του, ο Hansen έλαβε το Βραβείο Morris N. Liebmann του Institute of Radio Engineers (1945), το Presidential Certificate of Merit (1948), και εκλέχτηκε στην Εθνική Ακαδημία των ΗΠΑ, το 1949, λίγο πριν πεθάνει στα 40 του χρόνια..



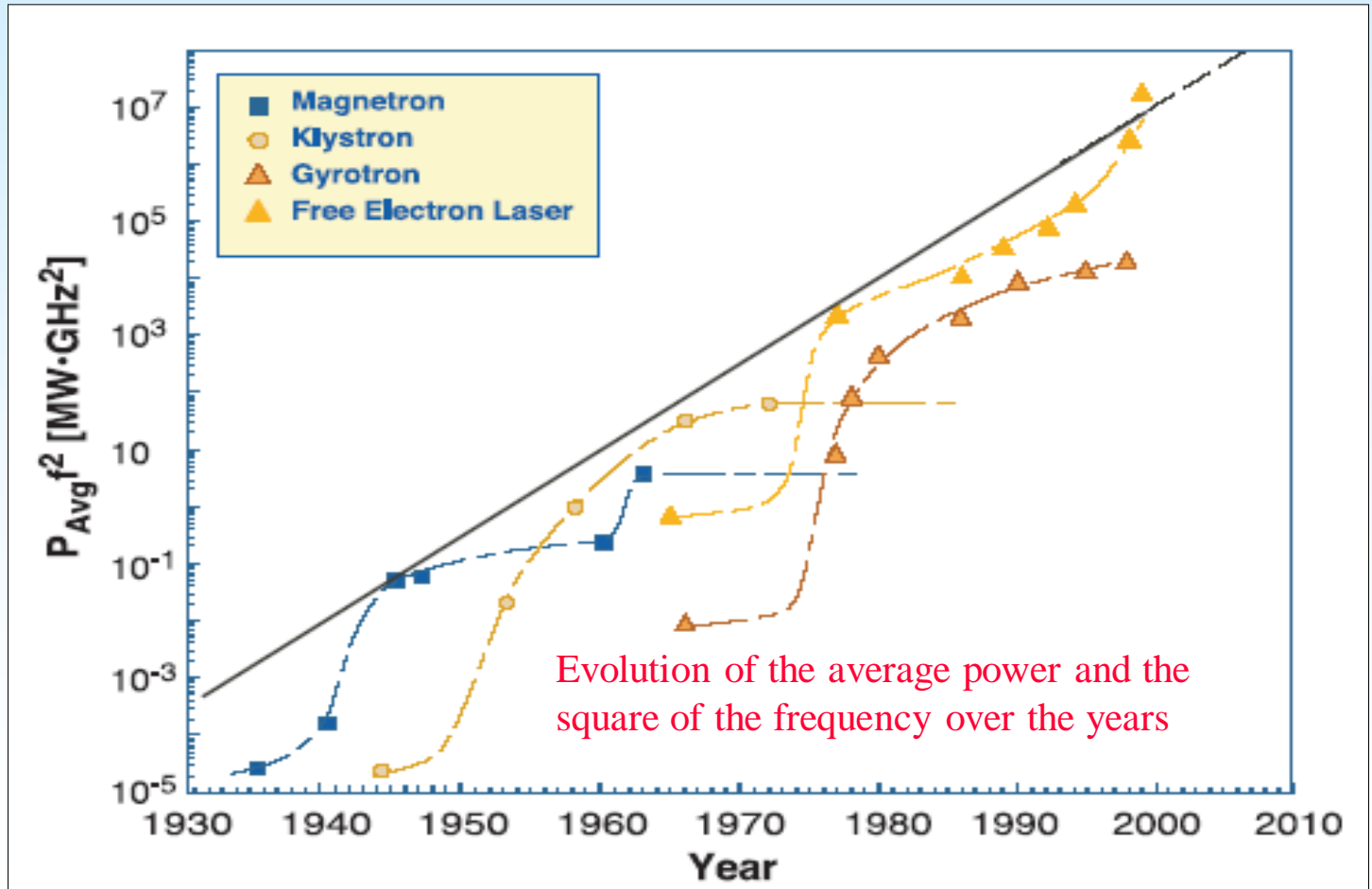
Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Hansen για την Κοιλότητα Μικροκυμάτων (1936) και μέρος του Γραμμικού Επιταχυντή (1947)



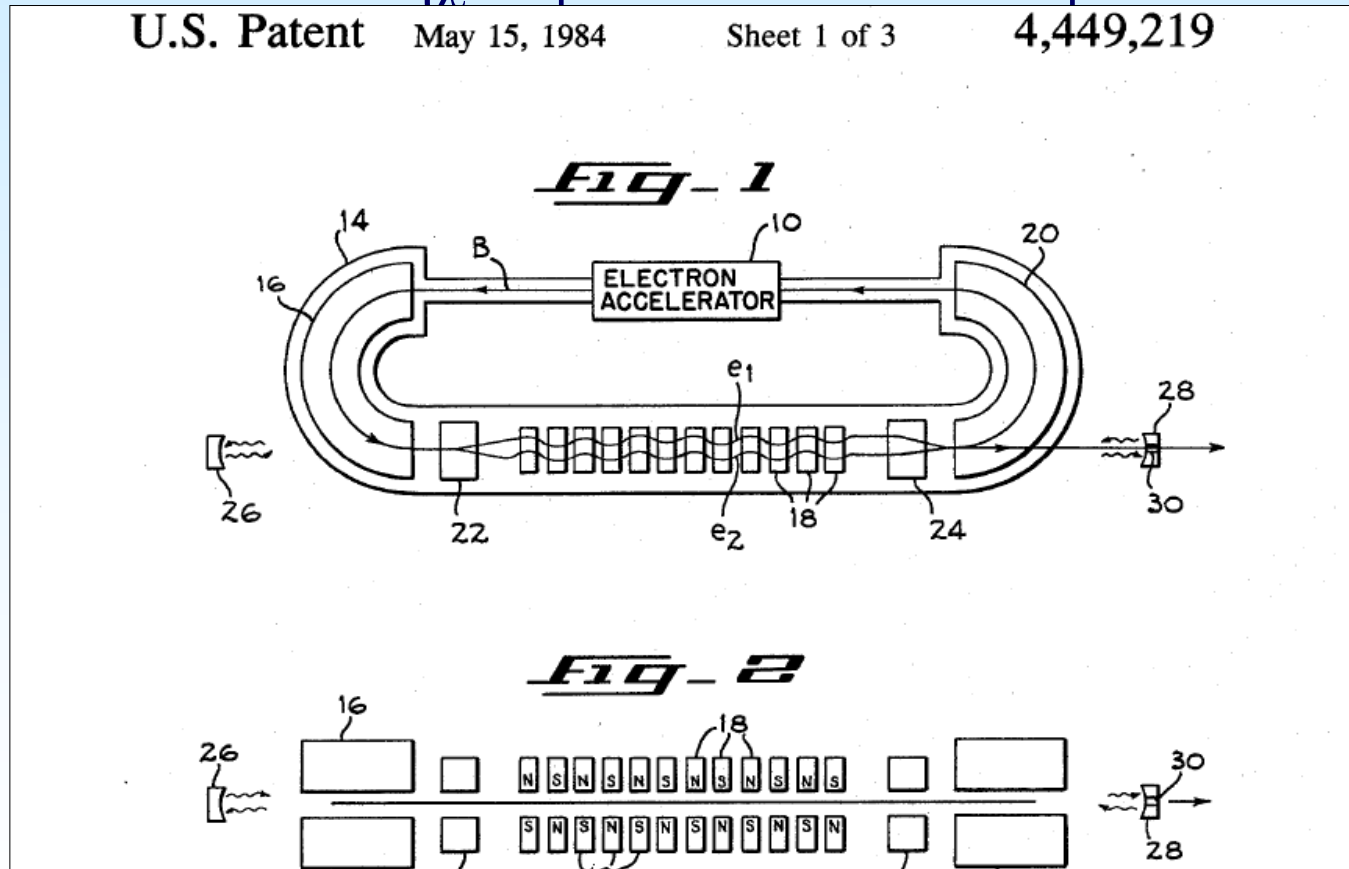
Κατανομή των 107 Αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας του Hansen ανάμεσα στα έτη 1936-1949



Η εξέλιξη της μέσης ισχύος και του τετραγώνου της συχνότητας των ηλεκτρονικών πηγών Η/Μ ακτινοβολίας

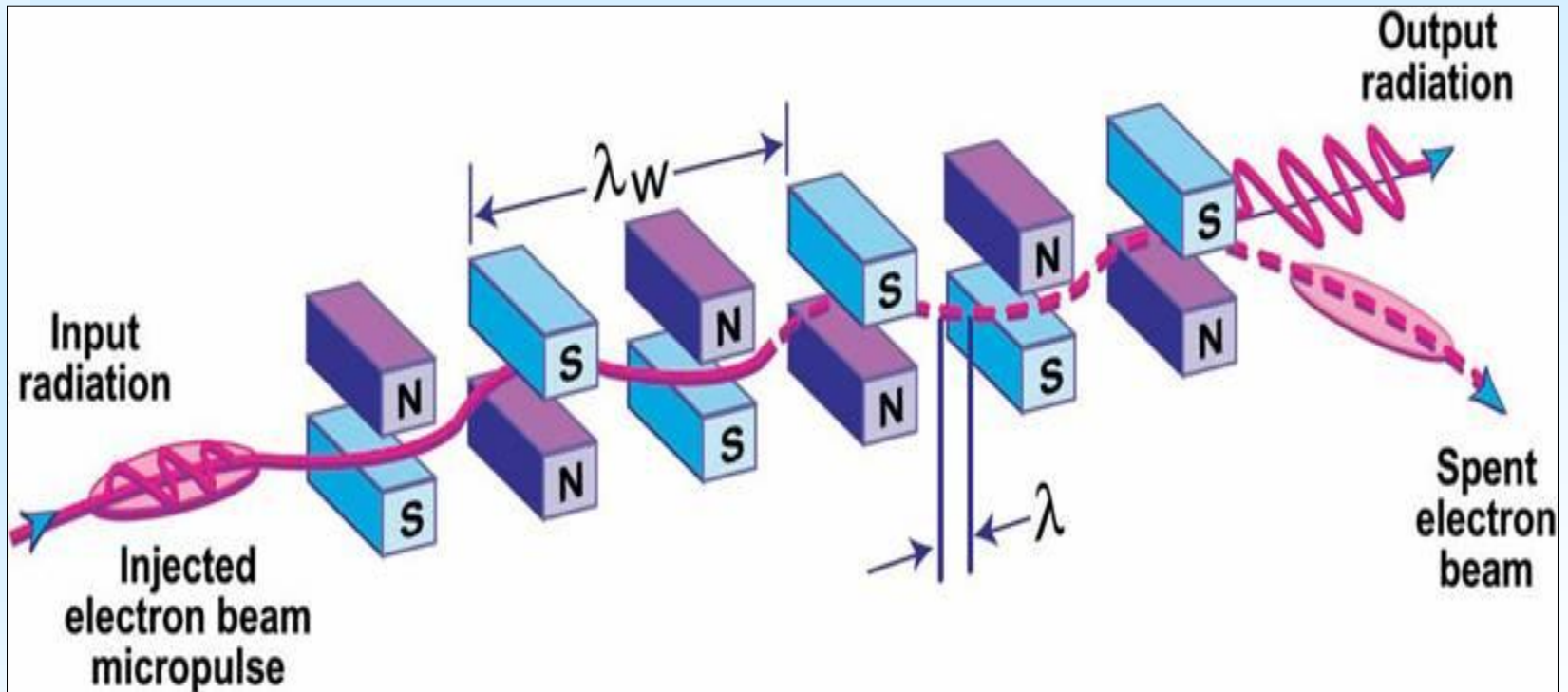


Το 1971 ο J.M.J. Madey ανέπτυξε το FEL ένα σχετικιστικό σωλήνα ηλεκτρονίων που χρησιμοποίησε το ανοικτό οπτικό αντηχείο [US4449219 Patent]



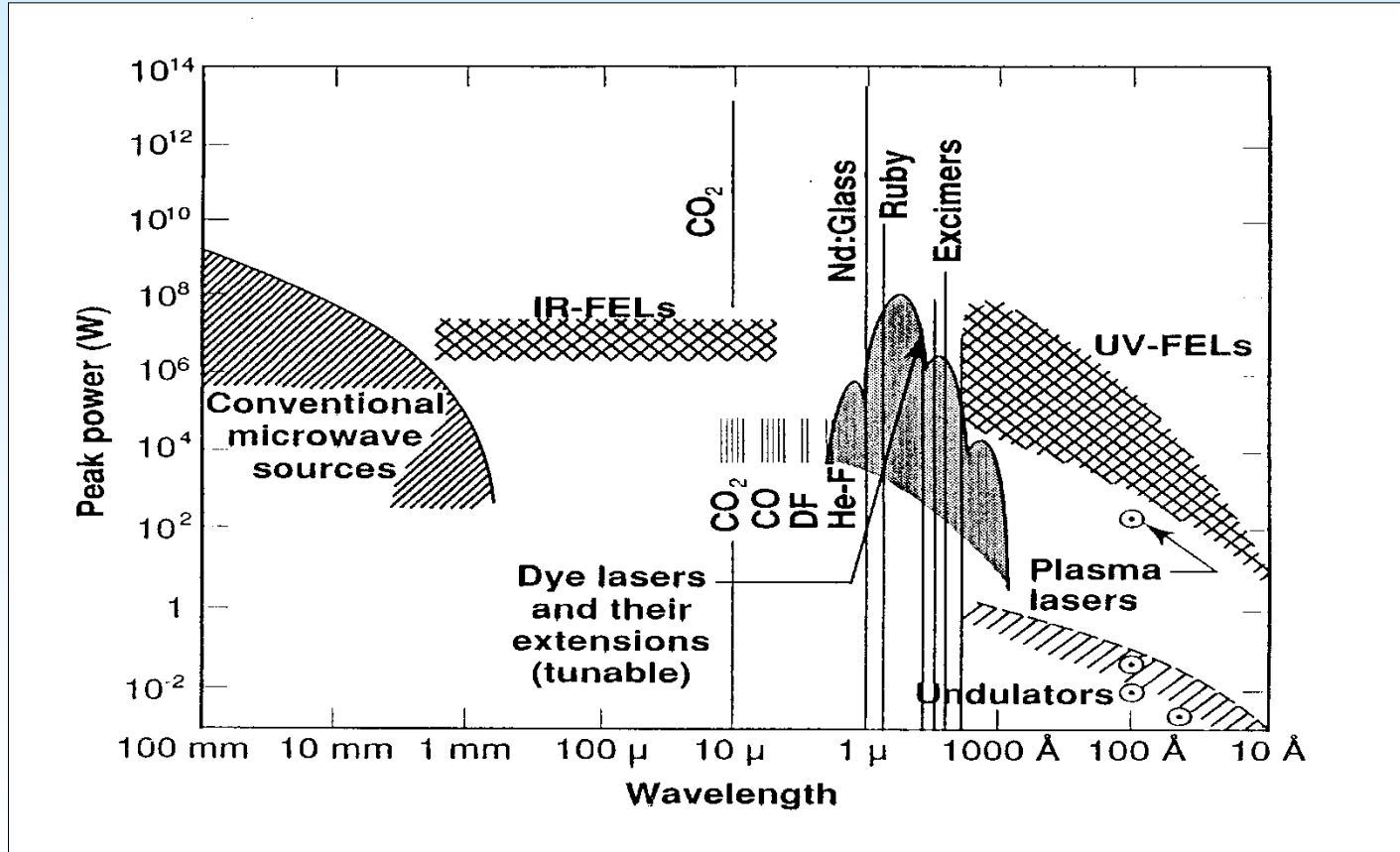
A resonance condition that involves, the energy of the electron beam, the strength of the magnetic field, and the periodicity of the magnet determines the wavelength of the radiation.

Η σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της δέσμης ηλεκτρονίων και του επίπεδου Wiggler σε ένα FEL



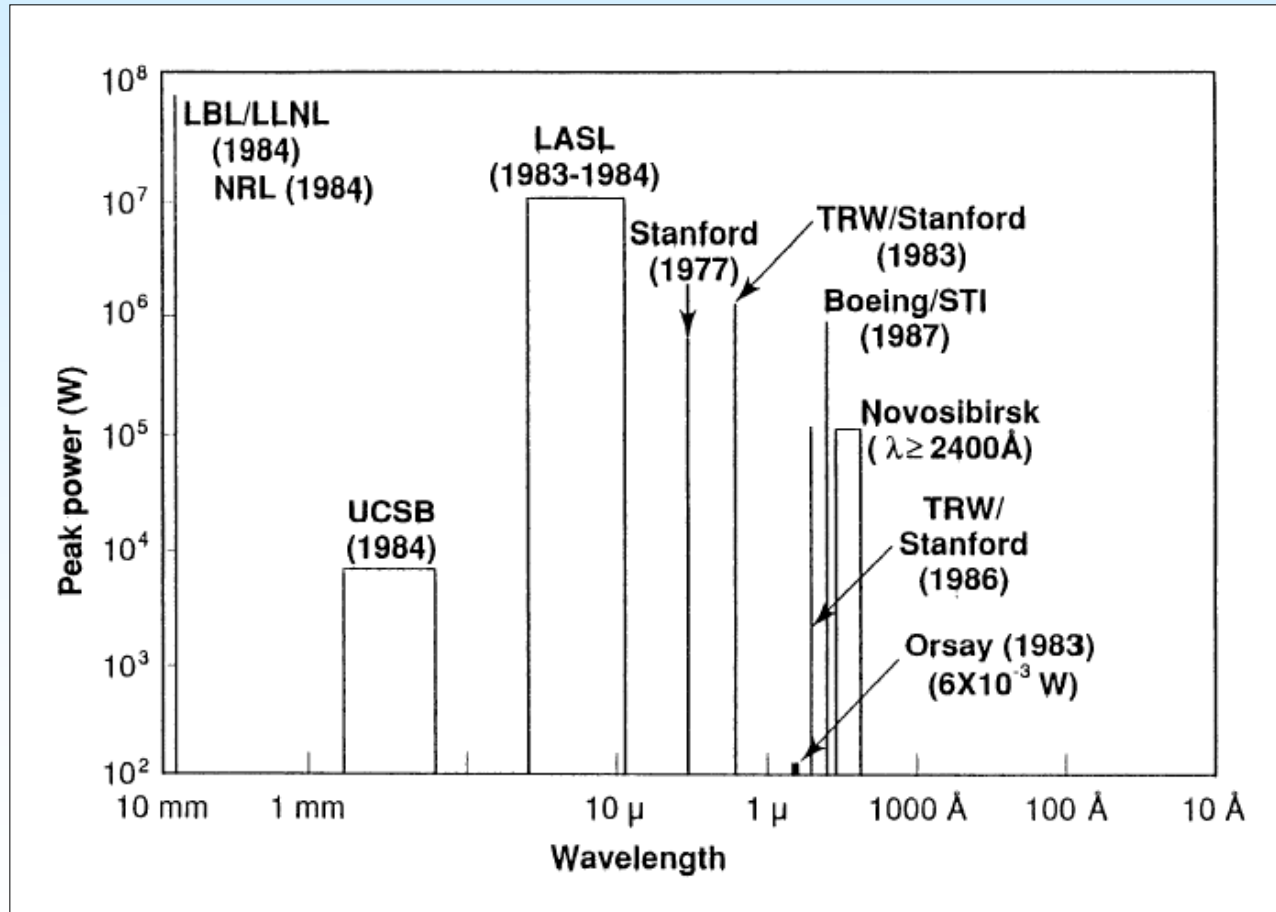
A beam of electrons is generated in an Electron Accelerator and then passed through a region of alternating direction magnetic field (Wiggler). Coherent light is generated and contained in an optical cavity defined by mirrors (not shown).

Περιοχές του φάσματος όπου τα «συνήθη» FEL παρέχουν ελεγχόμενης συχνότητας ακτινοβολία



The diagram also shows the power and range of conventional microwave sources (tubes, klystrons, gyrotrons etc.), LASERs, Plasma LASERs, and Undulators on third generation synchrotron radiation facilities.

Η απόδοση του FEL ως συνάρτηση του λ



There is a wide range of wavelengths in which FELs have been operated, as well as, wide tunability ranges realized.

Μερικές ενδιαφέρουσες εφαρμογές των FEL

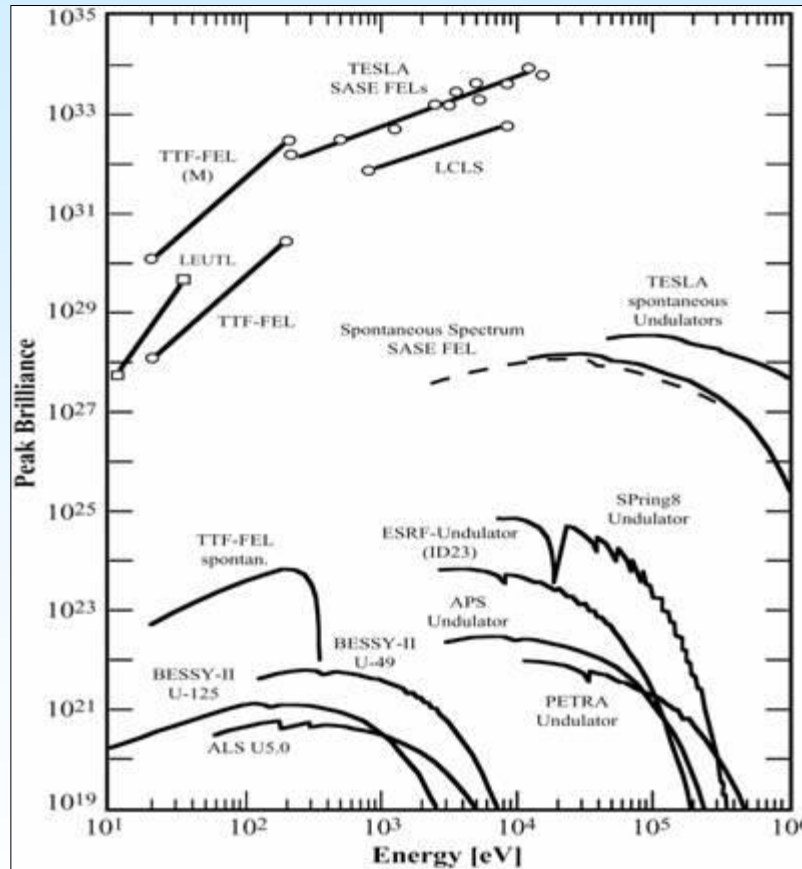
- Chemistry
 - ◆ *Molecular excitations (IR)*
 - ◆ *Dynamic reactions (1-10 μm)*
 - ◆ *Crossed photon-molecular beams (100-200 nm).*
- Biology
 - ◆ *Microscopy (4 nm A)*
 - ◆ *DNA studies (0.5 nm)*
 - ◆ *Cell response (IR)*
- Medicine
 - ◆ *Surgery (1-10 μm)*
 - ◆ *Photo-reactions (IR)*

Μερικά αντιπροσωπευτικά FEL

	<u>LANL</u>	<u>Stanford Mark III</u>	<u>UCSB</u>	<u>Stanford SCA</u>	<u>Novosibirsk</u>	<u>Orsay</u>
Accelerator	RF Linac (standing wave)	RF Linac (traveling wave)	DC	Super Conducting Linac	Storage Ring	Storage Ring
Electron Energy	23 MeV	45 MeV	3 MeV	66 and 115 MeV	350 MeV	150-240 MeV
Wavelength Range	10-45 μm	2-8 μm	130-400 μm	0.5-3.0 μm	2400 Å-6900 Å	5700 Å-6400 Å
Bandwidth ($\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$)	0.3%	0.5%	0.1%*	0.1%	0.01%	0.01%
Micro-Pulse Duration	8 psec	1-2 psec	3 μsec	2-4 psec	75 psec	<300 psec
Rep Rate			50 Hz		8 Mhz	27 MHz
Micropulse	22 MHz	2.8 GHz	-	12 MHz	-	-
Macropulse	1 Hz	15 Hz	-	10-20 Hz	-	-
Micropulse Energy	200 μJ	5-7 μJ	4.5 mJ	1-5 μJ	1-100 nJ	2-5 nJ
Average Output Power	1 W	3 W	0.23 W	10 W	6 mW	3 mW

Kim, K.-J.(2008). Free-Electron LASERs: Present Status and Future Prospects . Lawrence Berkeley National Laboratory: Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL Paper LBL-29124.

Μέγιστη Φωτεινότητα διαφόρων τύπων πηγών Ακτίνων Χ (FEL vs. Synchrotron Radiation Sources)

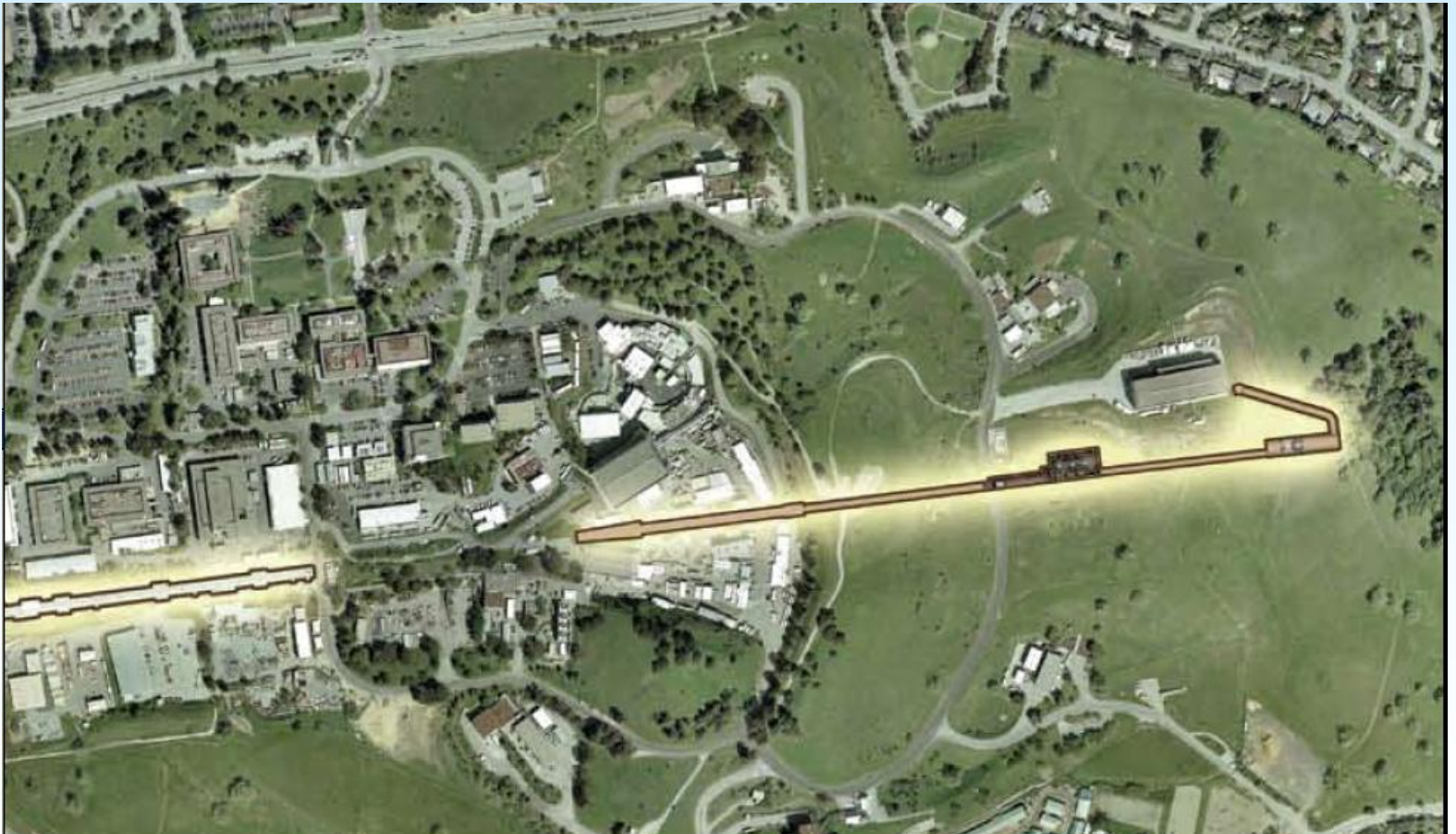


Φωτεινότητα: photons $s^{-1}mrad^{-2} mm^{-2}/0.1\%$ bandwidth

Το LCLS (Linac Coherent Light Source)

- Οι υπάρχουσες πηγές Σύγχροτων παράγουν Ακτίνες X μέχρι **έξι τάξεις** μεγέθους εντονότερες από τις Ιατρικές X.
- Οι αναδυόμενες πηγές φωτός FEL όπως το LCLS **Stanford, CA, USA** ή **DESY** στο Αμβούργο, Γερμανία θα παραγάγουν υπερ-ταχείς παλμούς ακτίνων X, άλλες **έξι τάξεις** μεγέθους εντονότερους, από τις ισχυρότερες πηγές Σύγχροτων, αρκετά **ισχυρές και γρήγορες**, ώστε να πάρουν **εικόνες μορίων**.
- Οι αναδυόμενες πηγές θα λειτουργήσουν σαν μια μεγάλη **φωτογραφική μηχανή**, επιτρέποντας στους επιστήμονες να πάρουν **στατικές εικόνες ατόμων και μορίων εν κινήσει**.

Χάρτης του LCLS



Σχηματική αναπαράσταση του LCLS

AMO - Atomic, Molecular
& Optical Science

CXI - Coherent X-ray
Imaging

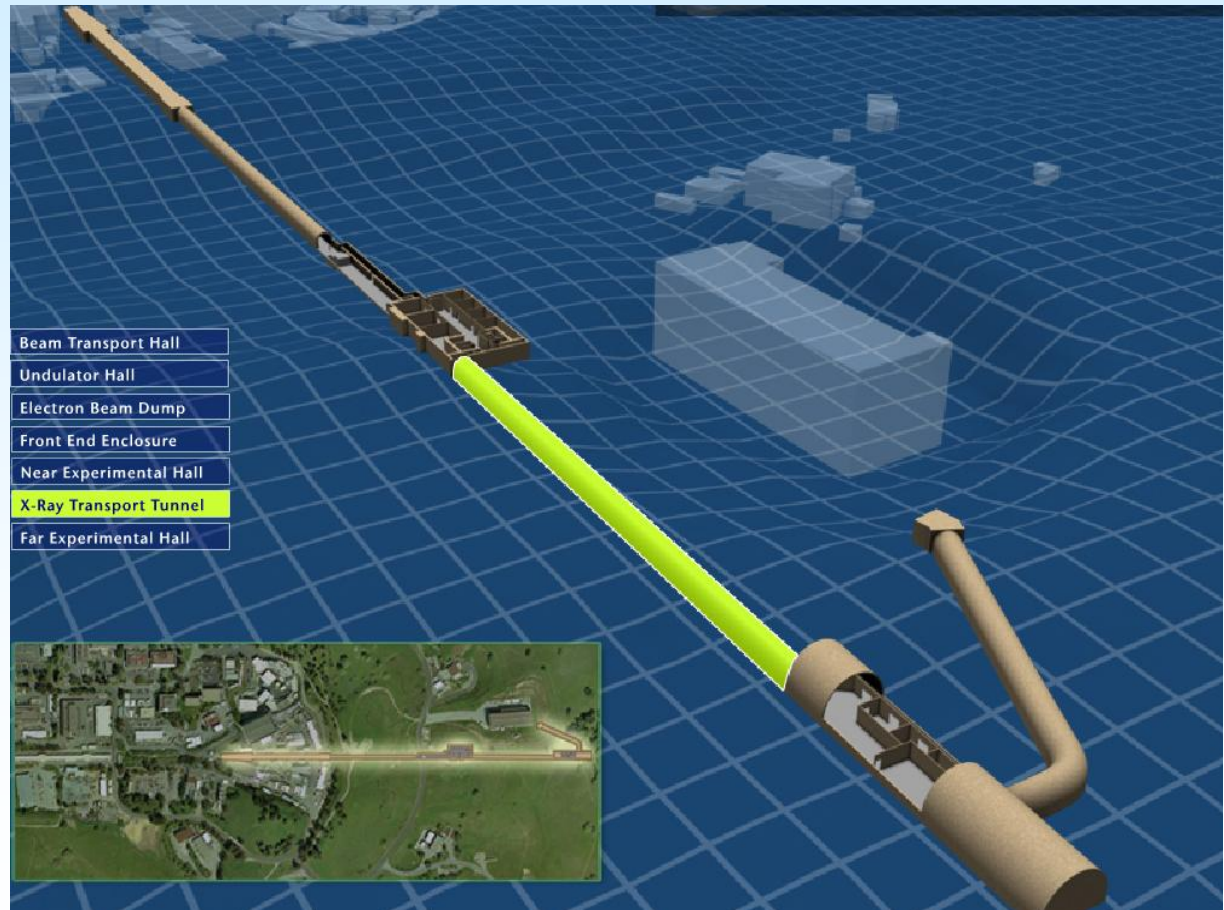
MEC - Matter in Extreme
Conditions

SXR - Soft X-ray
Materials Science

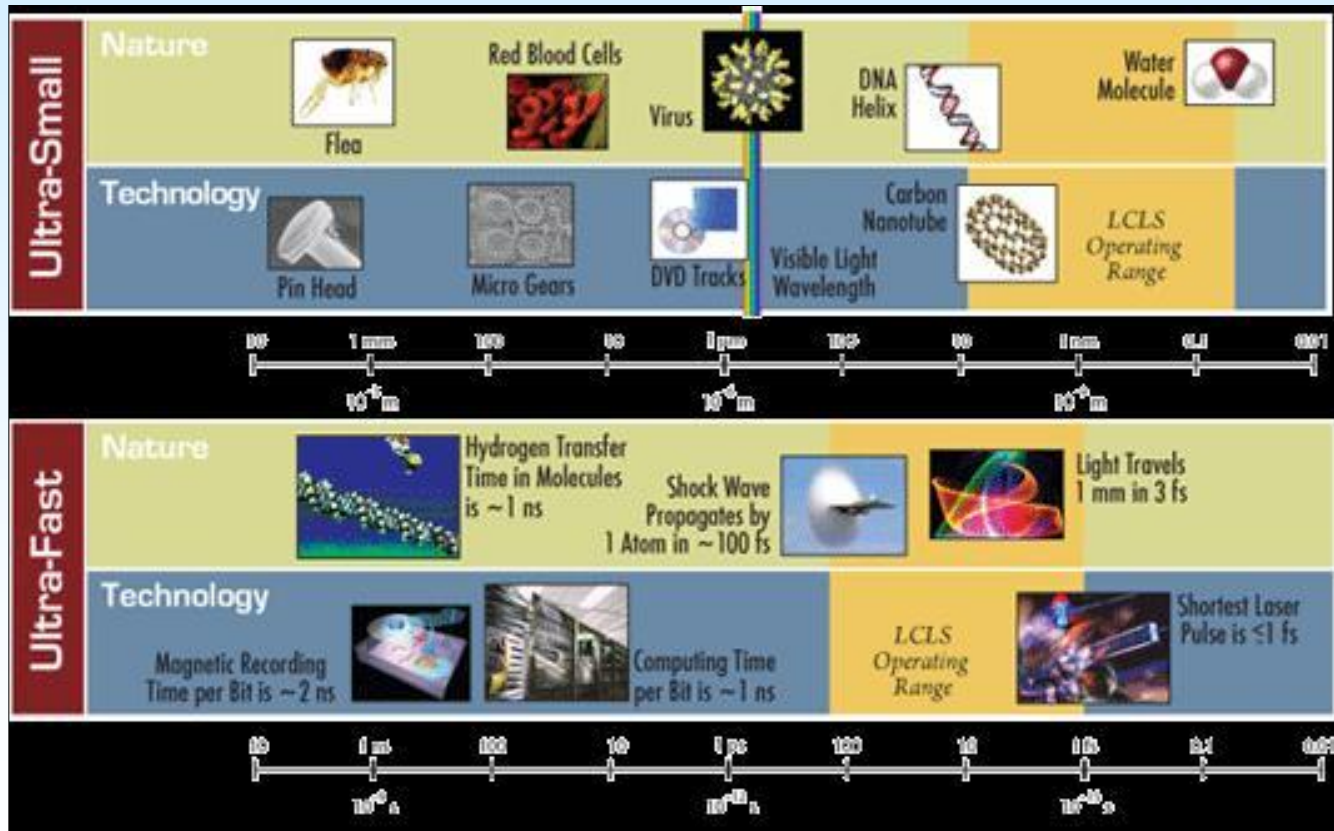
XCS - X-ray Correlation
Spectroscopy

XPP - X-ray Pump Probe

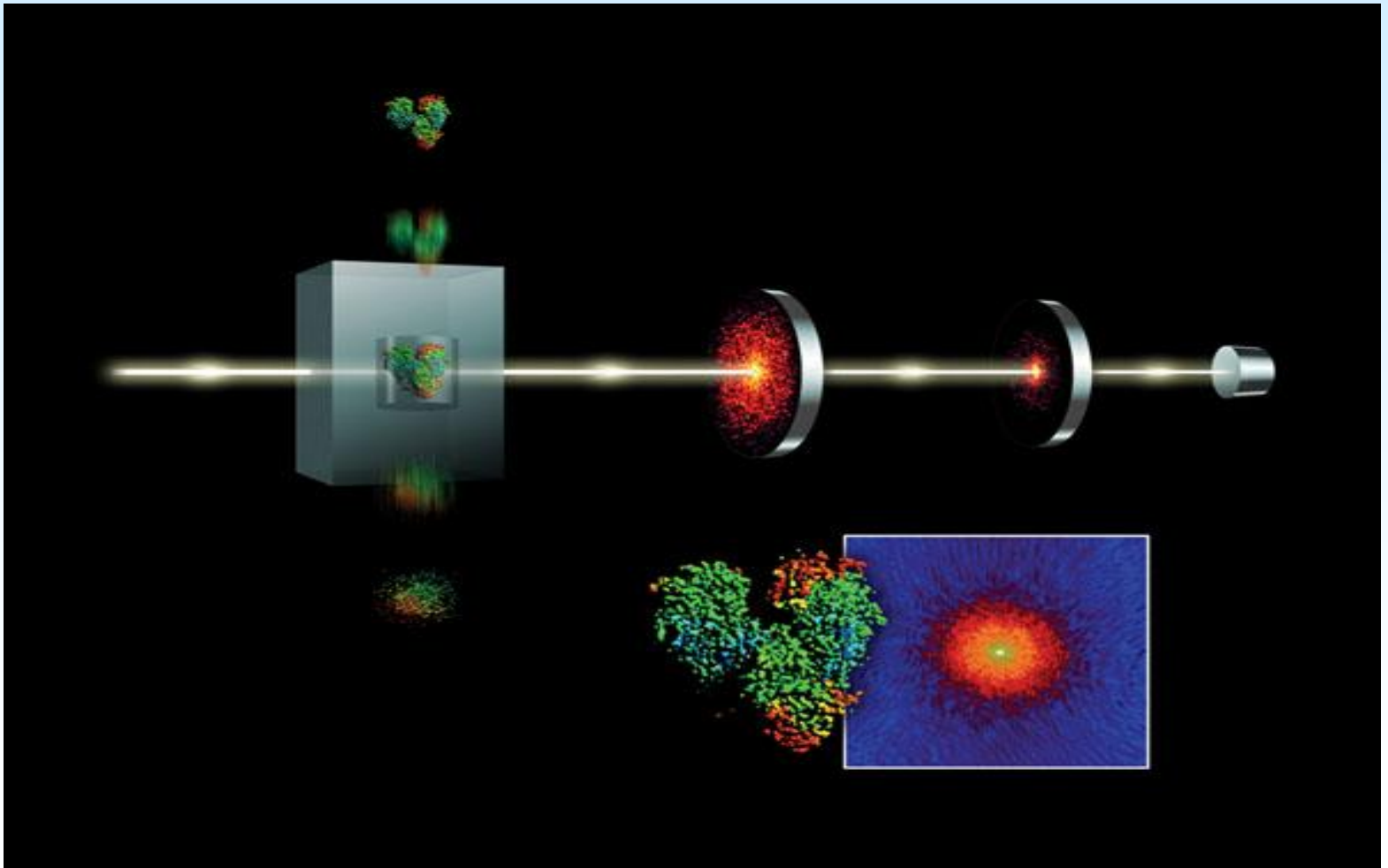
Instrument Map



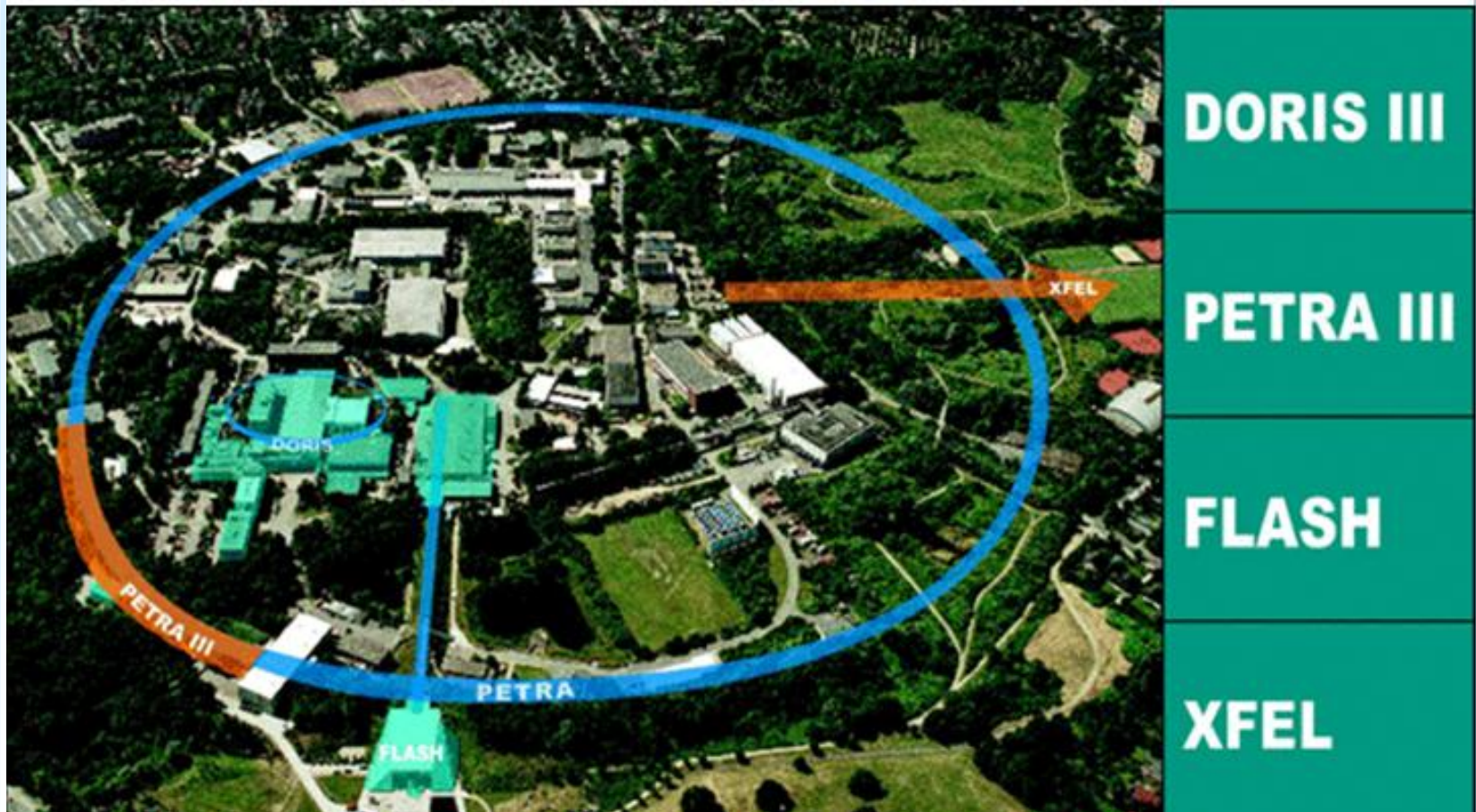
Ξεκλειδώνοντας τον κόσμο του πολύ μικρού και του πολύ γρήγορου



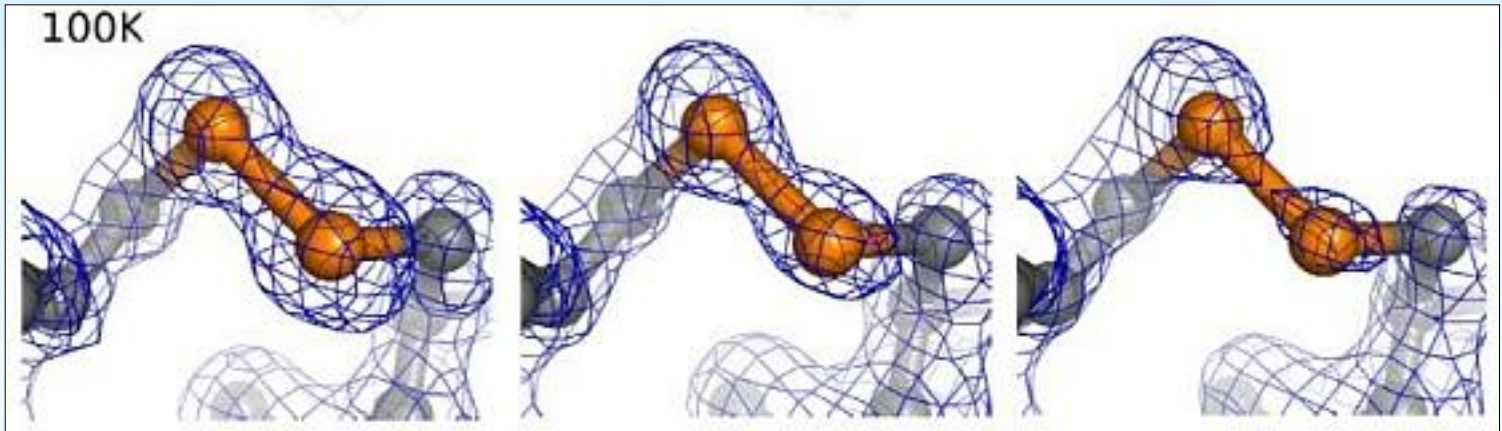
Πως οι παλμοί ακτίνων X του LCLS θα μπορούν να προσδιορίζουν την ατομική δομή ενός σύνθετου μορίου.



Άποψη του Κέντρου DESY



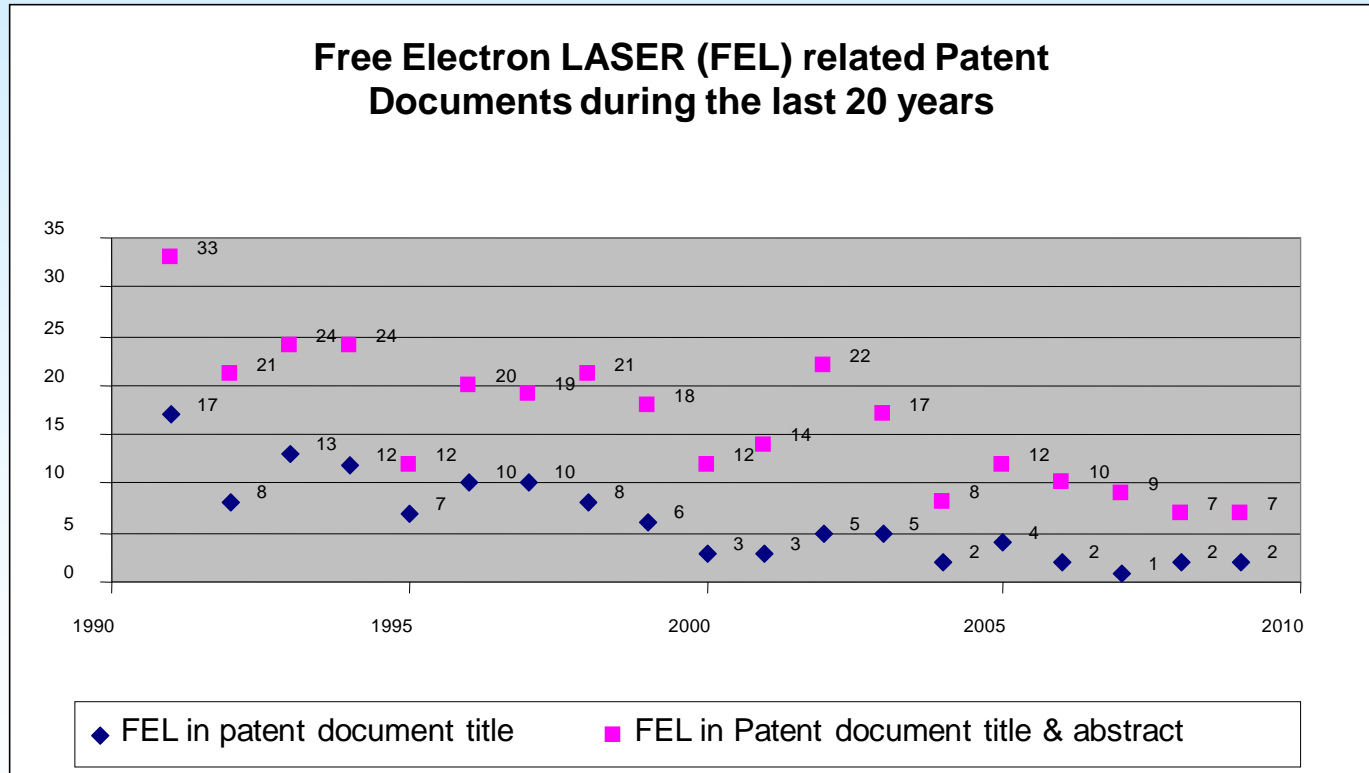
Ένα παράδειγμα δυνατότητας της DESY: Ζημία ακτινοβολίας σε βιολογικά δείγματα



Radiation induced changes in 2Fo-Fc electron density maps of a disulfide bridge of an insulin molecules at 100 K and doses of 9 MGy, 34 MGy, and 60 MGy.



Ο αριθμός αιτήσεων Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας σχετικών με FEL κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών



The curve is much smoother, compared to the corresponding patent filing rate, during the same period, for conventional surgical LASERS.

Συμπεράσματα

- Αν οι δίοδοι έφεραν ένα **LASER** στην τσέπη ή την τσάντα σχεδόν του καθένα, η αναδυόμενη χρήση των εξωτικών συστημάτων, όπως το **FEL** και ιδίως το **LCLS** είναι τεράστιες εγκαταστάσεις, δυσβάστακτου λειτουργικού κόστους.
- Εντούτοις, αναμένονται να εστιάσουν στις **θεμελιώδεις διαδικασίες της ζωής**, σε πρωτοφανείς **κλίμακες χρόνου και μεγέθους**.
- Έτσι, δεν φαίνεται αδικαιολόγητη η προσδοκία μιας νέας μικρογράφησης των **χειρουργικών εργαλείων**, στο μέγεθος «**χειρουργικών νανοσωματιδίων**», κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών.