

PROGRAMMA

Monday, October 4th 2010, 11:00 am ICRANet (P.zza della Repubblica, 10 – Pescara)

- ***“Invention of the Free Electron Laser”***. Prof. John M. J. Madey, University of Hawai'i (45 min.)
- ***"Il FEL del progetto SPARC del CNR, ENEA, INFN presso i Laboratori Nazionali dell'INFN di Frascati "***. Prof. Luca Giannessi, Theory Group ENEA C.R. Frascati (15 min.)
- ***“ Il FEL del Progetto “Fermi” del Sincrotrone di Trieste.*** Prof. Simone Di Mitri, Accelerator Physics Group. Electra Laboratory, MIUR, EIB, ERC, EC (15 min.)
- ***IL FEL e l’Astrofisica. “La polarizzazione del vuoto in a Kerr Newmann Black Hole e nei laboratori terrestri con il FEL”***. Prof. Xue She Sheng, ICRANet Pescara

Prof. John M. J. Madey
University of Hawai'i



“Invention of the Free Electron Laser”

Abstract: The 150 years since Maxwell's formulation of the field equations, Lorentz' formulation of his force law, and Einstein's formulation of special relativity have seen electrodynamics emerge as one of the most fundamental elements of scientific and technical progress in the 20th and 21st centuries. Beginning with the analysis and demonstration of Hertzian waves, these fundamental contributions have launched a series of recurring cycles of discovery and application, in which each new discovery has been exploited to support new applications, which in turn have facilitated additional new discoveries and so on, revolutionizing in the process major elements of our economy with yet more to come through the research now in progress. It is the purpose of this lecture to relate my recollections of the invention and development of the Free Electron Laser (FEL) within the context of the pervasive influence of the science and technology of electrodynamics in the 20th century.

Il **laser ad elettroni liberi** detto anche **FEL** (acronimo per *Free Electron Laser*) è un tipo di laser.

Il primo dispositivo di questo genere è stato realizzato presso l'Università di Stanford nel 1977 come risultato del lavoro di J. M. J. Madey e collaboratori, ed emetteva radiazione infrarossa alla lunghezza d'onda $\lambda = 3.417 \mu\text{m}$.

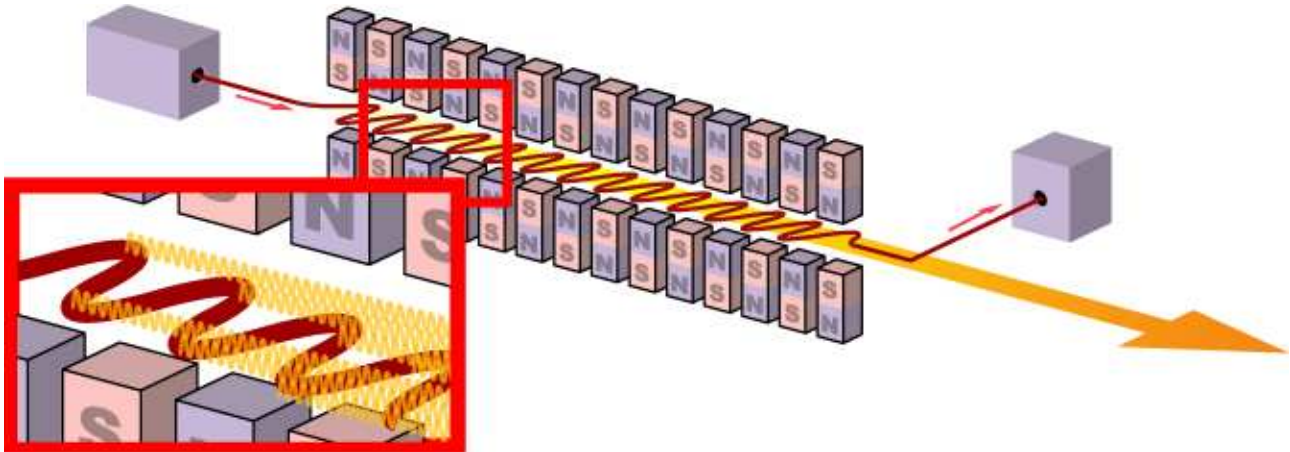


Principio di funzionamento

La caratteristica peculiare di questo tipo di laser consiste nel fatto che, a differenza dei laser convenzionali, la radiazione non viene emessa da parte degli elettroni di un sistema atomico opportunamente eccitato ma da un fascio di elettroni liberi, accelerati a velocità relativistiche, che interagisce con una struttura magnetica detta *ondulatore magnetico*.

Il potersi svincolare da sistemi atomici, con i loro livelli energetici a energie ben definite, permette, in linea di principio, di ottenere emissioni laser virtualmente a qualsiasi lunghezza d'onda, essendo la stessa determinata principalmente dall'energia del fascio di elettroni. In questo aspetto il FEL è simile ad altri dispositivi basati su elettroni liberi, quali il Klystron, il Magnetron e il TWT. Il limite di tali dispositivi consiste nel fatto che la riduzione della lunghezza d'onda è limitata dalle dimensioni geometriche delle strutture meccaniche. Il FEL però supera tale limitazione in virtù di

meccanismi di contrazione relativistica, permettendo di ottenere emissione di radiazione a piccole lunghezze d'onda. In virtù delle sue caratteristiche peculiari il FEL è considerato una sorgente di radiazione di sincrotrone di quarta generazione.

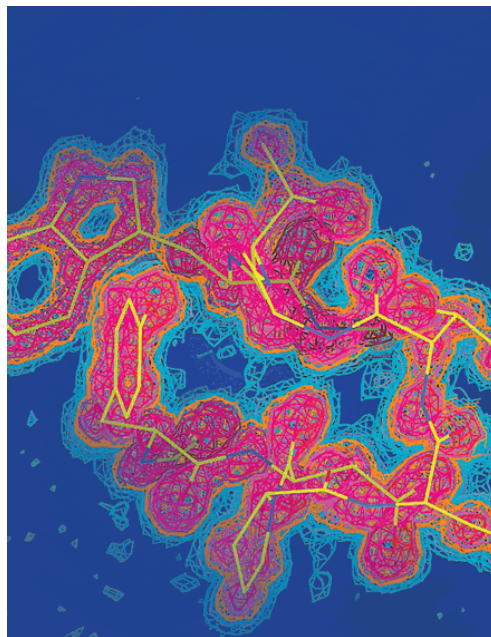


Applicazioni mediche

La ricerca dal Dott. Glenn Edwards e colleghi Vanderbilt University 's FEL Center nel 1994 ha rilevato che i tessuti molli come pelle , cornea , e di tessuto cerebrale potrebbe essere tagliato o rimosso, utilizzando lunghezze d'onda FEL circa 6,45 nanometri con danni collaterali minimi ai tessuti adiacenti. Ciò ha portato a ulteriori attività di ricerca e, infine, interventi chirurgici sugli esseri umani, il primo utilizzando un laser a elettroni liberi . A partire dal 1999 , e utilizzando la fondazione Keck finanziato sale operatorie FEL presso il FEL Vanderbilt Center, il Dr. Michael Copeland e il Dr. Pete Konrad di Vanderbilt ha eseguito tre interventi chirurgici in cui sono resecati meningioma cervello tumori. A partire dal 2000, il Dr. Karen Joos e il dottor Luigi Mawn effettuato cinque interventi chirurgici che comportano il taglio di una finestra nella guaina del nervo ottico , per testare l'efficacia di del nervo ottico guaina finestratura. Questi otto interventi chirurgici è andato come previsto , con risultati coerenti con il trattamento standard e con il vantaggio aggiunto di chirurgia laser e danni collaterali minimi. Una revisione del FEL per uso medico è indicata nella 1 ° edizione del sintonizzabile applicazioni del laser.

Dal momento che questi risultati positivi , ci sono stati diversi tentativi di costruire piccoli , i laser clinica sintonizzabili nel 6-7 nanometri gamma con struttura di impulso e di energia per dare danni collaterali minimi nei tessuti molli. Alla Vanderbilt , esiste un Raman spostato sistema pompato da un laser alessandrite.

In occasione della riunione annuale 2006 dell'American Society for Laser Medicina e Chirurgia (ASLMS) , Dr. Rox Anderson del Laboratorio Wellman di photomedicine di Harvard Medical School e Massachusetts General Hospital riferito in merito alla possibile applicazione medica del laser a elettroni liberi a fondere i grassi senza danneggiare la pelle sovrastante . E 'stato riferito che a infrarossi lunghezze d'onda, L'acqua nei tessuti è stato riscaldato dal laser , ma a lunghezze d'onda corrispondenti a 915 , 1210 e 1720 nm, sotto la superficie lipidi sono differenzialmente riscaldato più fortemente acqua. Le applicazioni possibili di questa fototermolisi selettiva (tessuti di riscaldamento che utilizzano la luce) comprende la distruzione selettiva dei lipidi sebo per il trattamento di acne, Così come il targeting altri lipidi associati a cellulite e grasso corpo così come placche di grasso che forma in arterie che può aiutare trattare aterosclerosi e malattia cardiaca.



Più in generale oltre che le suddette applicazioni mediche il FEL è in grado di generare emissioni coerenti di energia elettromagnetica intense nei raggi-X con risoluzione spazio – temporali senza precedenti che permetteranno lo studio della microstruttura e dinamica dei materiali. La struttura di una molecola può essere ottenuta a partire dallo studio dei prodotti di diffrazione della radiazione del FEL generati dai singoli atomi nella struttura molecolare. Questo è rappresentato nella immagine qui sopra, ripresa da *Nature*.

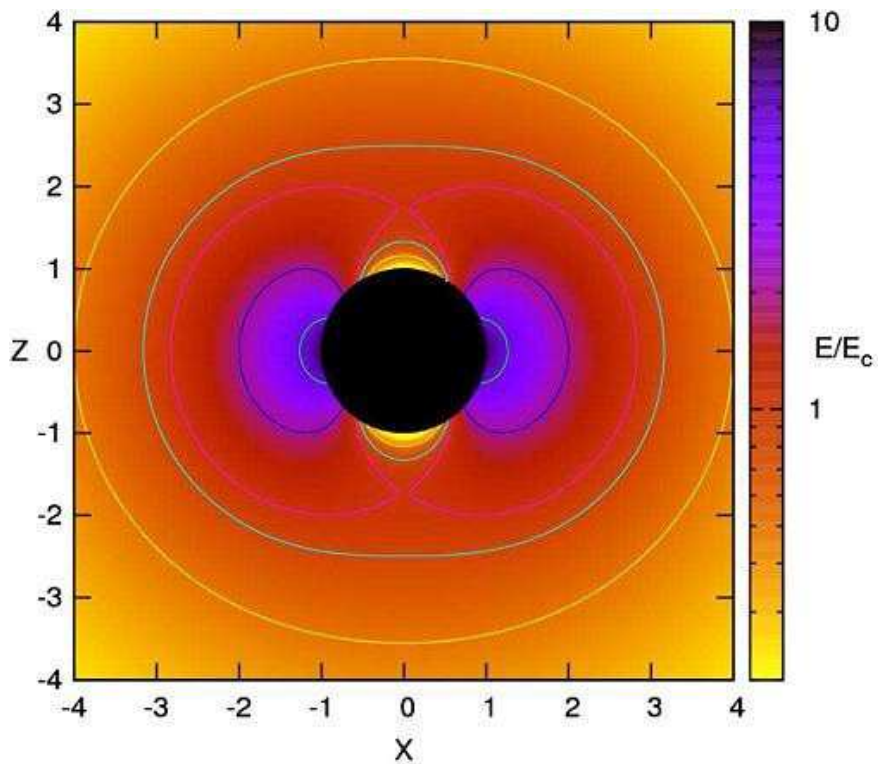
Applicazioni militari

La tecnologia FEL è considerato dalla Marina Militare Statunitense come un buon candidato per un antimissile ad energia diretta arma. Progressi significativi sono stati compiuti per aumentare i livelli di potenza FEL (il Thomas Jefferson Facility Accelerator National's FEL ha dimostrato maggiore di 14 kW) e dovrebbe essere possibile costruire compatto armi multi- megawatt FEL classe. Il 9 giugno 2009 l'Ufficio di Ricerca Navale ha annunciato di aver rilasciato Raytheon un contratto per sviluppare un 100 kW sperimentale FEL. Il 18 Marzo 2010 Boeing Regia Energy Systems ha annunciato il completamento di un progetto iniziale per l'uso da parte della Navale degli Stati Uniti.



Il FEL e l'Astrofisica Relativistica dei Buchi Neri

Gli studi recenti di Astrofisica hanno dimostrato processi di emissione di elettroni e positroni per l'effetto della polarizzazione del vuoto intorno a Buchi Neri. Questi processi avvengono nella emissione dei Gamma Ray Bursts, le esplosioni più grandi nell'Universo. Una delle frontiere più vicine è quella di riprodurre questo effetto in laboratori terrestri, in condizioni controllate, che rendano possibili studi dettagliati del processo scoperto in Astrofisica. Ci si aspetta che nei prossimi anni questo traguardo sarà varcato o in Europa o negli Stati Uniti o in Giappone o in Cina. Vi è molta attesa per questo traguardo, che è atteso da oltre settanta anni, dagli albori della meccanica quantistica.



C. Cherubini, A. Geralico, J. A. Rueda H. and R. Ruffini. PHYSICAL REVIEW D 79, 124002 (2009).