

# Il laser cinquant'anni fa

## Origini, invenzione e prime applicazioni scientifiche

Orazio Svelto

Dipartimento di Fisica - Politecnico di Milano  
Accademia Nazionale dei Lincei  
[http://it.wikipedia.org/wiki/Orazio\\_Svelto](http://it.wikipedia.org/wiki/Orazio_Svelto)

**I**l 16 maggio 1960 Theodore H. Maiman, presso i laboratori di ricerca della Hughes in California, realizzò il primo laser della storia, il laser a rubino. A cinquant'anni da quella rivoluzionaria invenzione e in uno spirito di reminiscenza storica, ripercorreremo le tappe fondamentali dello sviluppo dei laser, concentrando la nostra attenzione sulle origini e sull'invenzione del primo laser. Passeremo quindi a una descrizione, sia pure piuttosto superficiale, dei primi sviluppi in campo scientifico e, in particolare, in campo medico. Infine, per completare questo quadro storico, verranno descritti l'avvio e i

primi anni di ricerca nel campo laser in Italia. La descrizione intende essere di tipo aneddotico, basata sull'esperienza diretta di chi scrive.

### La corsa alla realizzazione del primo laser

Storicamente, l'inizio del campo laser può essere fatto risalire a un articolo teorico pubblicato nel 1958 da C.H. Townes, premio Nobel per la Fisica nel 1964, e da suo cognato A.L. Schawlow, premio Nobel per la Fisica nel 1981, in cui questi autori proponevano tutta una serie di idee per realizzare un laser nel campo infra-



Il primo laboratorio laser del professor Orazio Svelto presso il Politecnico di Milano (1963), qui ritratto mentre osserva una traccia di emissione laser sull'oscilloscopio

rosso o in campo ottico. Questo articolo stimolò l'immediato avvio di ricerche sperimentali in circa una decina di laboratori, soprattutto negli Stati Uniti. Infatti, era opinione diffusa a quel tempo che chi avesse realizzato il primo laser avrebbe sicuramente ricevuto il premio Nobel. Era anche opinione diffusa che il fascio direzionale del laser avrebbe avuto applicazioni immediate nel campo delle comunicazioni ottiche e in campo militare (il raggio della morte) e ciò stimolò l'avvio di ricerche soprattutto in laboratori industriali.

La corsa durò circa un paio di anni, finché il già citato T.H. Maiman, un quasi sconosciuto ricercatore poco più che trentenne, con un gruppo di ricerca molto ridotto e con scarsi finanziamenti, riuscì nell'intento. Egli vinceva così questa competizione davanti a laboratori ben più noti e prestigiosi, quali i laboratori della Bell Telephone e della IBM, che avevano investito nel progetto somme ben più consistenti.

In particolare, il mondo scientifico rimase sbalordito per almeno tre ragioni:

- ▶ la semplicità dei componenti usati (fig. 1). A quel tempo, infatti, la gente pensava che, poiché nessuno era ancora riuscito a realizzare un laser, questo traguardo dovesse risultare necessariamente molto complesso;
- ▶ l'uso del rubino, come materiale attivo, poiché questo materiale era stato considerato non adatto per lo scopo, per ragioni peraltro molto valide, da una delle autorità di quel tempo (il già citato A.L. Schawlow);
- ▶ l'uso di una lampada flash per eccitare il rubino, soluzione cui nessun altro dei contendenti aveva pensato e che, in realtà, rendeva la realizzazione del laser molto più semplice.

Ulteriori e interessanti dettagli di questa interessante competizione possono essere ricavati dal libro *How the Laser Happened* del premio Nobel C.H. Townes, il padre del laser, e dal libro del giornalista scientifico Jeff Hect, *BEAM: The race to make the first laser*. È anche interessante a questo punto ricordare, dalle parole stesse di T.H. Maiman così come riportate nel suo libro *The Laser Odyssey*, come questa azione laser fu effettivamente ottenuta: "[...] It was the afternoon of May 16, 1960; it was time to confirm or deny all the fears of why the 'ruby can't work' or why 'lasers can't be made to work'. No more calculations, no more diversionary experiments. This was the moment of truth! [...] We turned up the power supply to 500 volts. We fired the flashtube. Indeed, we observed a trace on the Memoscope! The trace was a recording of



**Fig. 1: T.H. Maiman regge i componenti del primo laser a rubino**

*the red ruby fluorescence. The decay in the trace was about three milliseconds, the lifetime of the upper possible level [...] But when we got past 950 volts on the power supply, everything changed! The output trace started to shoot up in the peak intensity and the initial decay time rapidly decreased. Voilà. This was it! The laser was born!"*

#### La pubblicazione della scoperta di Maiman

Una storia curiosa riguarda la pubblicazione e la pubblicizzazione di questa scoperta da parte di Maiman. Appena dopo aver ottenuto l'azione laser, Maiman si affrettò a inviare un articolo su questa importantissima scoperta alla prestigiosa rivista *Physical Review Letters*. Tuttavia, l'articolo fu immediatamente rifiutato dall'editore, senza l'usuale invio a revisori esterni, poiché l'editore ritenne, dal titolo del lavoro, doversi trattare giusto di un altro maser, inventato già da alcuni anni e che quindi non costituiva più una novità interessante per quella rivista<sup>1</sup>. Dopo varie discussioni con l'editore, che non volle sentire ragioni creando così probabilmente il più grosso errore di valutazione di una rivista scientifica, l'articolo fu inviato alla altrettanto prestigiosa rivista *Nature*<sup>2</sup>, che l'accettò immediatamente per la pubblicazione nel suo primo numero dell'agosto 1960. Poiché, tuttavia, la notizia della scoperta di Maiman era circolata in tutti gli ambienti scientifici, la Hughes ritenne opportuno, per stabilire la priorità della scoperta in un

ambiente così competitivo come era quello che si era creato per la corsa al primo laser, di organizzare una conferenza stampa per annunciare al pubblico la propria scoperta. Questa conferenza ebbe luogo a New York il 7 luglio 1960, circa cioè un mese prima che l'articolo scientifico fosse pubblicato sulla rivista Nature. Alla conferenza stampa erano presenti tutti i più importanti responsabili scientifici di quotidiani e riviste scientifiche americane. Durante la conferenza fu distribuito un comunicato stampa con la foto ufficiale del primo laser (fig. 2), in cui si vede T.H. Maiman dietro a una lampada con al centro una barretta di rubino. Il paragone tra la figura 2 e la figura 1 mostra tuttavia che il laser esposto durante la conferenza stampa non era quello con cui Maiman aveva ottenuto la prima azione laser. La lampada flash mostrata in figura 2 è infatti più lunga di quella usata in figura 1 e, soprattutto, la barretta di rubino di figura 2 è molto più lunga e di diametro molto inferiore a quella di figura 1. Si trattava quindi di un falso derivante dalla necessità, fortemente espressa dal fotografo, di voler mostrare un "laser di maggiore effetto scenico". Da notare anche



**Fig. 2: foto ufficiale del primo laser a rubino (un falso, in realtà) rilasciata dalla Hughes durante la conferenza stampa del 7 luglio del 1960 a New York**

<sup>1</sup>Il titolo dell'articolo era infatti *Optical Maser Action in Ruby*. Il Maser, acronimo da *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, era già stato inventato da C.H. Townes nel 1954. Esso opera sullo stesso principio del Laser, acronimo da *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ed è pertanto da considerarsi il suo precursore.

<sup>2</sup>Questa circostanza creò parecchio sconcerto e fomentò parecchie critiche nei riguardi di Maiman e del suo ambiente, poiché era ed è normale prassi annunciare un risultato scientifico dapprima su una rivista scientifica.

che il laser mostrato nella figura 2 indusse in errore tutti i gruppi di ricerca che erano interessati allo sviluppo del laser e che quindi corsero subito nei loro laboratori per duplicare l'invenzione di Maiman col laser "falso". Lo stesso errore commise chi scrive circa un anno dopo (autunno 1961) quando, arrivato all'Università di Stanford, realizzò uno dei primi laser, se non il primo laser, di quella università. Va tuttavia osservato che questo laser "falso" si comportava in realtà molto meglio, in termini di caratteristiche di funzionamento, del laser inizialmente inventato da Maiman. Esso diventò quindi il cavallo di battaglia di tutti i gruppi internazionali che avviarono le loro ricerche sui laser. Una foto dell'epoca di questo laser durante il suo funzionamento è mostrata in figura 3.

### Laser e premi Nobel

A conclusione di questo paragrafo, è opportuno citare che, nel 1964, all'americano C.H. Townes e ai russi N.G. Basov e A.M. Prokhorov, che avevano dato anch'essi contributi fondamentali agli sviluppi dei primi maser, fu attribuito il premio Nobel per la Fisica con la seguente motivazione: *per lavori fondamentali nel campo dell'elettronica quantistica, che hanno portato alla costruzione di oscillatori e amplificatori basati sul principio maser-laser*. Da notare anche che, a tutt'oggi, 20 scienziati sono stati insigniti del premio Nobel per ricerche nel campo dei laser e delle relative applicazioni, ivi incluso il già citato A.L. Schawlow. L'inventore del primo laser, T.H. Maiman, tuttavia, non ricevette mai questo ambito riconoscimento.

### I quaderni di Gordon Gould

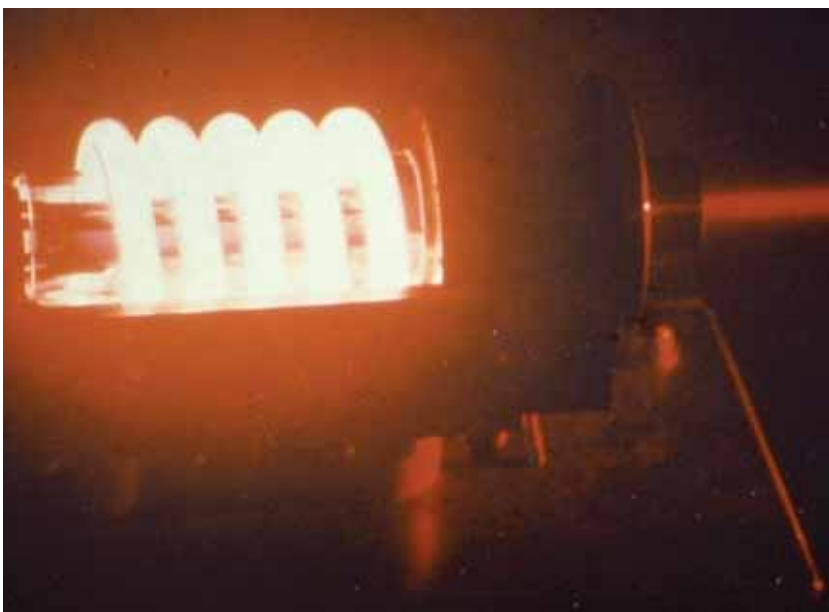
Una storia tutta particolare, che si intreccia con la corsa per la realizzazione del primo laser, è quella di Gordon Gould, a quel tempo studente di dottorato di ricerca presso il Dipartimento di Fisica dell'Università della Columbia a New York, dove era professore già molto stimato C.H. Townes, che aveva lì inventato il primo maser. Questa storia complicata e avvincente è raccontata in dettaglio nel libro del giornalista Nick Taylor, citato nei riferimenti bibliografici.

La riassumeremo nei suoi dettagli essenziali. Già da circa metà del 1957, Townes stava pensando a come realizzare un laser e, in particolare, pensava a un materiale attivo costituito da un tubo contenente vapori di potassio e, come sorgente di eccitazione, a una lampada in funzionamento continuo contenente anch'essa vapori di potassio (soluzione a lungo perseguita e che non funzionò mai). Per sviluppare dettagli di questo sistema, Townes, un giorno del mese di ottobre del 1957, invitò nel suo studio Gordon Gould che stava sviluppando una tesi di dottorato che richiedeva l'uso di una lampada simile, a vapori di tallio. Townes chiese informazioni sulle intensità disponibili da queste lampade e, secondo i suoi ricordi, fu molto aperto nel descrivere dettagli di quanto lui stesse pensando. Secondo Gordon Gould, invece, egli stesso stava già da tempo e indipendentemente pensando all'idea di un laser eccitato otticamente mediante una lampada e in cui il materiale attivo fosse inserito fra due specchi piani e paralleli. Sta di fatto che, pochi giorni dopo quel primo incontro, G. Gould fece vidimare da un notaio un suo corposo quaderno di laboratorio (9 pagine) contenente queste idee.

In un periodo successivo (agosto 1958), dopo che il *pre-print* del già citato lavoro di Schawlow e Townes era stato ampiamente diffuso, Gould fece firmare da un professore suo amico del City College, di New York, un secondo e ancora più corposo quaderno di laboratorio (23 pagine), firmato come documento letto e compreso, che conteneva nuove idee sul laser, notevolmente lungimiranti anche da un punto di vista applicativo.

### La battaglia legale per il brevetto

Questi due quaderni di laboratorio sono stati quindi la base di una battaglia legale, durata trent'anni, per stabilire la priorità dell'idea del laser e di alcune sue applicazioni. Si tratta probabilmente di una delle più lunghe e costose battaglie legali per stabilire, ai fini brevettali, la priorità di certe idee. Dopo una serie iniziale di sconfitte, per cause intentate in particolare contro il brevetto sul laser già attribuito a Schawlow e Townes, Gould risultò infine vincitore. Ciò ha fatto concludere l'autore del lavoro citato in precedenza (Nick Taylor) che Gordon Gould fosse l'inventore del laser. Avendo seguito tuttavia in dettaglio tutto l'iter di questa battaglia legale e la maniera con cui a Gould fu infine attribuito il brevetto sulla base dei due suoi quaderni di laboratorio, chi scrive non si sente di condividere questa conclusione: risulta infatti evidente da tutto l'iter processuale che la *verità legale* dipese in maniera determinante dalla bravura degli avvocati di Gould e non coincise necessariamente con la *verità scientifica*. Va tuttavia dato atto del fatto che Gould fosse un personaggio pieno di inventiva e iniziativa, e che abbia effettivamente sviluppato, sebbene in maniera molto schematica, alcune importanti idee nel campo dei laser e delle relative applicazioni. Queste idee, tuttavia, rimasero confinate in due quaderni di laboratorio e le relative informazioni non furono rese disponibili alla comunità scientifica dell'epoca. Pertanto esse non ebbero alcuna influenza sugli sviluppi successivi



**Fig. 3: foto di repertorio di un tipico laser a rubino utilizzato in tanti laboratori internazionali e ottenuta durante il funzionamento del laser stesso**



**Fig. 4: immagine attuale di un tipico laboratorio laser presso il Politecnico di Milano. Al centro il professor Orazio Svelto**

delle ricerche laser. Va anche osservato che la parola *laser* fu effettivamente coniata da Gould mentre Schawlow e Townes insistettero per parecchi anni con la parola *maser ottici*, per evidenziare il collegamento concettuale con il maser, inventato da Townes.

### I primi sviluppi dei laser

In questo paragrafo descriveremo i primi sviluppi delle ricerche laser in campo internazionale, grosso modo riguardanti il primo decennio di ricerche (1960-1970). Il motivo di questa scelta deriva dal fatto che, proprio in questo periodo, vennero sviluppati i laser più importanti attualmente in uso e vennero introdotte le idee più significative relative al comportamento dinamico di un laser (ad esempio i fenomeni del *Q-switching* e del *mode-locking*) e all'interazione radiazione-materia (ad esempio l'ottica non lineare). In questo stesso paragrafo descriveremo inoltre l'avvio delle ricerche laser in Italia per porre soprattutto in evidenza come l'Italia riuscì a partire per tempo in questa avventura grazie alla lungimiranza di alcuni importanti scienziati dell'epoca e grazie alla snellezza del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di allora. Poiché non è possibile procedere a una descrizione dettagliata, ancorché limitata ai periodi suddetti, ci limiteremo a descriverne alcuni aspetti caratteristici, con particolare riferimento a qualche aneddoto o curiosità.

Per quanto riguarda l'invenzione di nuovi tipi di laser, a partire dal laser a rubino, cominciamo col notare che già nel 1960, a seguito della sferzata conseguente all'annuncio del primo laser, altri

tre tipi di laser vennero fatti immediatamente funzionare: il laser a uranio e il laser a samario, da parte di ricercatori dei laboratori IBM e il laser a elio-neo da parte di ricercatori della *Bell Telephone*. Il laser a samario, in particolare, è storicamente importante poiché rappresenta il capostipite di una serie di laser utilizzando materiali attivi appartenenti alla classificazione chimica delle terre rare. Fra essi citiamo i laser a neodimio, a erbio e a tulio-olmio, largamente utilizzati oggi sia in campo industriale che in quello medico. Il laser a elio-neo, a sua volta, oltre che essere stato ampiamente utilizzato in svariate applicazioni industriali, rappresenta il capostipite di una serie di laser a gas, in cui cioè il materiale attivo è sotto forma gassosa, fra cui citiamo il laser a CO<sub>2</sub> e i laser a eccimeri. Inventato nel 1964, il laser a CO<sub>2</sub> si è poi sviluppato in varie versioni, da laser a funzionamento continuo a laser impulsato (o superimpulsato, come si suole a volte dire) fino ai moderni laser di alta potenza, con potenze di decine di chilowatt, utilizzati nelle lavorazioni industriali.

### Il laser a colorante

Una storia interessante riguarda l'invenzione del laser a colorante. Nella sua versione originale esso fu realizzato nel 1966 eccitando il colorante con un altro laser e cioè col laser a rubino. Questa realizzazione fu ottenuta contemporaneamente e indipendentemente da parte di due gruppi, il primo presso i già citati laboratori IBM, negli USA, e il secondo presso l'Università di Marburg, in Germania. Una curiosità, a riguardo, riguarda la pubblicazione del risultato da parte del gruppo tedesco. Il lavoro, infatti, fu inizialmente rifiutato dalla prestigiosa rivista *Applied Physics Letters* poiché nel frattempo l'articolo da parte del gruppo IBM era già stato pubblicato. Sull'editore di questa rivista intervenne personalmente il principale responsabile di quella ricerca presso la IBM, Peter Sorokin, sollecitando la pubblicazione poiché, a suo parere, trattavasi di lavoro veramente originale e indipendente.

Questo costituisce un esempio di comportamento molto leale e corretto che chi scrive si sente di additare poiché, almeno per quel tempo e non solo per esso, piuttosto raro. Il laser a colorante, sia nella sua versione eccitata da un altro laser che in quella eccitata da una lampada flash particolarmente veloce, risulta tuttora utilizzato in alcune applicazioni in campo medico e, soprattutto, in dermatologia.

## Il Q-switching

Una storia a parte riguarda l'idea del *Q-switching* con la quale è possibile realizzare impulsi di luce di breve durata (qualche nanosecondo, essendo il nanosecondo il milionesimo di secondo) e di elevata energia (da qualche centinaio di milli-joule ad alcuni joule). L'idea consiste nell'immagazzinare energia nel materiale attivo impedendo inizialmente l'azione laser. Quando l'energia accumulata raggiunge un determinato valore, l'azione laser viene permessa e la grande energia immagazzinata viene di colpo rilasciata sotto forma di un impulso luminoso molto rapido e molto intenso. In letteratura questa idea viene normalmente attribuita a Robert Hellwarth dei laboratori Hughes, gli stessi dove operava Maiman. La pubblicazione di questa idea è datata nel 1961 ma, in realtà, la stessa idea, anche se non sviluppata con gli stessi dettagli, era già presente nei citati quaderni di Gordon Gould, registrati come si ricorderà negli anni 1957-1958. Questa circostanza diede luogo a una battaglia legale intentata da Gould contro la Hughes, che deteneva il brevetto del *Q-switching*. In questa battaglia Gould risultò soccombente, a dispetto delle sue buone ragioni, per cavilli escogitati dai legali della Hughes evidentemente più bravi quelli di Gould!

## Le ricerche sul laser in Italia

L'Italia si attivò per tempo nel campo dei laser. Chi scrive, dopo essersi laureato nel 1960 (proprio l'anno di invenzione del laser) con una tesi di laurea su argomenti legati all'idea del laser, ovvero la risonanza magnetica nucleare, a metà del 1961 veniva inviato, con una borsa di studio del CNR, all'Università di Stanford in California. Da notare la notevole lungimiranza da parte del suo relatore di tesi e tutore, professor Emilio Gatti, nello spingere e motivare chi scrive su questi argomenti. Mentre chi scrive era già a Stanford, ivi sviluppando il primo o uno dei primi laser di quella Università, il CNR nominò una Commissione per l'esame delle prospettive offerte da questa nuova invenzione. A seguito della visita di questa commissione in parecchi laboratori americani nel 1962, ivi incluso i laboratori di Stanford, dove chi scrive stava già sviluppando le proprie ricerche in campo laser, lanciavano un programma nazionale di ricerca denominato "Impresa Maser-Laser" centrato su quattro gruppi di ricerca, due a Milano compreso quello di chi scrive presso il Politecnico di Milano, uno a Firenze, presso l'allora Centro Microonde del CNR, e uno a Roma presso la Fondazione Bordini. Furono questi i quattro gruppi che iniziarono, nel gennaio 1963,

le ricerche laser in Italia duplicando laser già esistenti e avviando una serie di ricerche altamente innovative in campo internazionale. Come si vede, l'avvio delle ricerche laser in Italia fu molto rapido e soprattutto dovuto alla lungimiranza di alcuni noti professori del tempo: il già citato professor Emilio Gatti, del Politecnico di Milano, il professor Giuliano Toraldo di Francia, dell'Università di Firenze, e il professor Daniele Sette, dell'Università di Roma e della Fondazione Ugo Bordini.

## I primi sviluppi delle applicazioni laser in medicina

Per quanto riguarda le applicazioni dei laser, i primi dieci anni considerati in precedenza (1960-1970), sono ricordati da chi scrive come un periodo di notevole frustrazione. In questo periodo, infatti, il laser incontrò una notevole serie di insuccessi o di parziali successi in svariati campi e, in particolare, nelle comunicazioni ottiche, nelle lavorazioni dei materiali e in medicina. I motivi principali di questi modesti risultati derivavano dalla scarsità dei tipi di laser disponibili, dalle loro modeste caratteristiche operative, dalla scarsa riproducibilità dei laser di quel tempo e dalla scarsa conoscenza disponibile sull'interazione della radiazione con la materia. Per questi motivi il laser, a quei tempi, veniva spesso definito dai suoi detrattori come una *brillante soluzione in cerca di un problema*. Per illustrare quanto detto in precedenza ci riferiremo soltanto ai primi sviluppi in campo medico, nelle specialità della oftalmologia e della dermatologia e in oncologia.

## Applicazioni in oftalmologia

In campo oculistico, i laser a rubino e laser a neodimio impulsati furono subito utilizzati (Campbell, 1966) per trattamenti del fondo retinico quali il distacco di retina, la retinopatia diabetica e la degenerazione maculare senile. In tutti questi casi, il successo limitato fu dovuto alla lunghezza d'onda non corretta dei laser utilizzati, la cui luce non veniva assorbita dall'emoglobina, e dal carattere impulsato della radiazione. Si creavano così delle micro-esplosioni sulla retina con risultati finali non proprio soddisfacenti. Il punto di svolta per queste applicazioni si realizzò poi verso la fine degli anni settanta con l'introduzione dell'uso del laser ad argo in funzionamento continuo emettente sia luce blue che verde (L'Esperance, 1969). Le lunghezze d'onda più adatte per l'assorbimento da parte dell'emoglobina, ampiamente presente nel tessuto a elevata vascolarizzazione della retina, e l'uso di un laser continuo consenti-

rono la produzione di lesioni cicatriziali molto ben definite. Si aprì così la porta a tutte le notevoli applicazioni del laser in questo campo, dal trattamento del fondo retinico, al trattamento della zona del cristallino e dell'iride con laser a neodimio in *Q-switching*, per la cura della cataratta secondaria e del glaucoma ad angolo chiuso, e infine al trattamento della cornea con laser a eccimeri e con laser a picosecondi, per la correzione dei difetti visivi.

### Applicazioni in dermatologia

In dermatologia le prime applicazioni si sviluppano anch'esse nei dieci anni considerati, precisamente negli anni 1965-1970, in particolare da parte di Goldman e collaboratori. I primi tentativi riguardarono il trattamento degli angiomi cutanei piani e degli angiomi rosacei dei bambini mediante laser a rubino impulsato, con impulsi da millisecondi. Ancora una volta i risultati furono modesti a causa soprattutto della lunghezza d'onda sbagliata del laser a rubino che non veniva assorbita dall'emoglobina dei tessuti altamente vascolarizzati. Molto frequenti erano dunque le cicatrici che deturpavano l'area trattata, di dimensioni spesso estese. Ancora nei primi anni, sempre con laser a rubino o neodimio impulsati con impulsi da millisecondi, furono anche sviluppati tentativi per la rimozione di tatuaggi. Ancora una volta, la lunghezza d'onda non sempre ottimale per il pigmento da trattare e gli impulsi relativamente lunghi utilizzati, non consentirono di avere risultati soddisfacenti, soprattutto per alcuni colori dei pigmenti.

### Applicazioni in oncologia

Il caso più emblematico degli insuccessi dei primi anni in campo bio-medico è rappresentato dall'uso di laser impulsati, ancora una volta a rubino e neodimio, per il trattamento di lesioni tumorali superficiali quali melanomi, basaliomi o epitelomi. Soprattutto nel caso dei melanomi, il forte assorbimento da parte della melanina e il carattere impulsato della radiazione producevano infatti una fuoriuscita di materiale aeriforme (*plume*) dalle zone trattate. Questo tipo di trattamento, basato su chissà quale mal riposta speranza sulla luce "magica" del laser, si interruppe bruscamente, qualche anno dopo, quando si scoprì che questa *plume* conteneva cellule cancerose attive e quindi molto pericolose se inalate.

### Altri tentativi in campo biomedico

Ulteriori dettagli sui vari tentativi effettuati in quel periodo in campo biomedico si possono ricavare dal lavoro di D.E. Rounds, citato nei riferimenti bibliografici e pubblicato appena due anni dopo la fine del periodo considerato (1972).

Da questa breve descrizione degli sviluppi iniziali in campo medico e dei relativi insuccessi il lettore potrà rendersi conto di quanta strada sia stata nel frattempo percorsa per ottenere gli odierni importanti risultati in campo medico mediante il laser giusto, per la determinata applicazione, in termini di lunghezza d'onda, di modalità di funzionamento e di uniformità e riproducibilità del fascio.

### Conclusioni

In questo articolo di rassegna storica sul laser, a cinquant'anni dalla sua invenzione, sono state descritte le origini, l'invenzione del primo laser e dei primi laser successivi, le prime scoperte scientifiche e i primi tentativi di applicazioni, soprattutto in campo medico. Poiché questo articolo si rivolge soprattutto a lettori italiani, si è ritenuto utile arricchire questa carrellata storica con una descrizione dei primi sviluppi delle ricerche laser in Italia.

In conclusione è opportuno notare che il laser, una volta descritto come una *brillante soluzione in cerca di un problema*, è ora da considerarsi *la brillante soluzione per svariati problemi sia in campo scientifico che tecnologico*. La rilevanza scientifica e applicativa è anche attestata dal fatto che, come già detto, 20 scienziati sono stati finora insigniti del premio Nobel per ricerche sui laser o coi laser. Il laser, dunque, ha già avuto un impatto profondo nello scorso secolo e, come ha detto recentemente il presidente degli Stati Uniti Barak Obama in un messaggio per il cinquantenario dell'invenzione del laser, ha cambiato il nostro stile di vita. Si ritiene tuttavia che l'impatto del laser sarà ancora più vasto e importante in questo secolo, da parecchi pertanto chiamato *il secolo del fotone*.

### APPROFONDIMENTI BIBLIOGRAFICI

- C.H. Townes, *How the Laser Happened*, Oxford University Press, Oxford, 1999.  
Jeff Hect, *BEAM: The race to make the first laser*, Oxford University Press, Oxford 2005.  
T.H. Maiman, *The Laser Odyssey*, Laser Press, Blaine Washington, 2000, Cap. 10.  
Nick Taylor, *The inventor, the Nobel laureate, and the thirty-year patent war*, An Authors Guild Backinprint.com Edition, 2000.  
Orazio Svelto, *Il Fascino Sottile del Laser*, Di Renzo Editore, Roma 2007.  
Orazio Svelto, *Principles of Lasers*, Springer New York 2010.  
D.E. Rounds, *Laser Applications to Biology and Medicine*, in *Laser Handbook* ed. F.T. Arecchi and E.O. Schulz-DuBois, Vol. 2 p. 1863 North Holland, Amsterdam 1972.