

50 AÑOS DEL PRIMER LÁSER OPERATIVO

Luis Diego Marín Naranjo

Antecedentes

Laser son las siglas para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que hoy es una palabra que se usa con gran familiaridad cuando nos referimos a aplicaciones en medicina para cirugías oculares, telecomunicaciones por fibra óptica, uso militar y civil y en audio y vídeo como DVD, Blue Ray y discos compactos.

Einstein propuso en 1917 la emisión estimulada en forma teórica, pero para un láser operativo se requería amplificación de la emisión estimulada.

En los años 50 se mencionó poco el tema dentro de la teoría cuántica de la radiación, con referencias ocasionales en la literatura técnica como “absorción negativa”, que resultaba del proceso, pero con pocas ideas para ponerlo en uso.

En 1951 el físico Charles Townes estableció las condiciones necesarias para amplificar la emisión estimulada en microondas, que conduciría posteriormente al láser.

En 1954, Townes, Gordon y Zeiger tenían el primer máser (*Microwave amplification by stimulated emission of radiation*), que operaba en la Universidad de Columbia.

En 1957, Townes bosquejó lo que sería un “máser óptico” y, junto a Arthur Schawlow, que trabajaba en Bell Labs, detalló planes para su construcción. Posteriormente, fue el rubí el primer medio exitoso en acción láser con un mecanismo sugerido originalmente por Schawlow y Townes.

En 1960, Theodore Maiman, físico de *Hughes Aircraft Company Research Laboratories*, en California, ya había trabajado un rubí sintético como un cristal para un máser.

Otros investigadores habían descartado el rubí como candidato, debido a las características de los átomos dentro del cristal, pero los cálculos de Maiman los convencieron de que éste operaría.

Existe información amplia y confusa acerca de la historia del láser, que incluye variedad en cuanto a participantes, teoría y experimentos realizados. Este año 2010 se cumplen cinco décadas del hecho histórico de la fabricación del primer láser operativo, en 1960

El rubí, además de ser una gema preciosa en su forma de corundum (forma de mineral de la que se derivan los zafiros y rubíes), es una sustancia muy útil para estudios ópticos y puede ser sintetizada; su estructura es muy simple para estudiar y además los iones de cromo tienen propiedades magnéticas y ópticas que se utilizan fácilmente.

Primeros pasos

Los primeros pasos que condujeron al desarrollo del láser fue determinar que en un cristal de rubí, cuando es excitado con luz verde, la mayoría de la energía retorna al estado base con la emisión de una fluorescencia en rojo cerca de una longitud de onda de 690 nm (nanómetros = 10^{-9} m). Un nanómetro es 100, 000 veces menor a un cabello humano. Además, se logró demostrar que un vaciado significativo de la población (cantidad de electrones en el estado base que entran en estado excitado) podría ser producido.

Estos desarrollos preliminares fueron reportados en la revista *Physical Review Letters* en junio de 1960, en la cual se menciona el procedimiento predominante que asegura fluorescencia de este material cuando es irradiada por una longitud de onda apropiada (ver figura 1).

Los cálculos mostraron que se podían observar cambios en la población en el estado estable del rubí, debido a la excitación óptica. Esto fue verificado con varios experimentos preliminares.

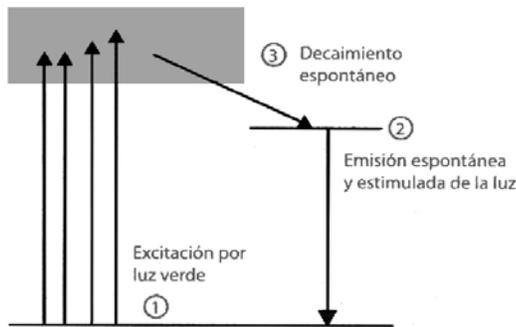


Figura 1. Muestra el esquema de tres niveles de energía involucrados en las transiciones para lograr la emisión estimulada y lograr la acción láser en el rubí (Fuente: Ing. Luis Diego Marín)

El cristal de rubí fue montado entre placas paralelas platinadas para formar una cavidad resonante. El coeficiente de reflexión de la cavidad fue monitoreado con un osciloscopio, mientras un pulso corto de luz (200 μ s) (microsegundo = 10^{-6} s) desde una lámpara de destellos irradiaba el cristal. La magnitud de la absorción decrecía abruptamente y los electrones excitados retornaban al equilibrio en un tiempo muy corto de 5 ms (milisegundo = 10^{-3} s). Se atribuyó este efecto a un vaciado temporal de la población del estado base, con un subsecuente decaimiento al nivel de fluorescencia.

El paso siguiente fue producir en forma práctica una inversión de la población real y la emisión estimulada y obtener así un láser operativo. El éxito de este experimento, realizado el 16 de mayo de 1960, fue anunciado dos meses después de los desarrollos precedentes, primero en la revista *Nature*, luego reportado un poco más extenso en la revista *British Communications & Electronics*, y finalmente discutido en detalle el año siguiente en *The Physical Review*, en forma conjunta con Hoskins, D'Haenens, Asawa y Evtolov.

Para la fabricación del primer láser operativo el problema fue la fuente de bombeo, pero no fue tan serio como anticiparon Schawlow y Townes, que pensaban en términos de una línea aguda definida, pero sí tenía el ancho de la banda 4F_2 (primera banda de excitación para lograr la inversión de la población) en el rubí, que permitía un ámbito de frecuencias.

Maiman y su grupo estimaron que la intensidad requerida para este cristal debía ser una iluminación uniforme de radiación isotrópica de más de 555 W/cm^2 , requerida para producir emisión estimulada.

Debido a la necesidad de una fuente de alta intensidad para producir emisión estimulada en el rubí y por problemas de calentamiento, se utilizó una fuente pulsante. Los pulsos

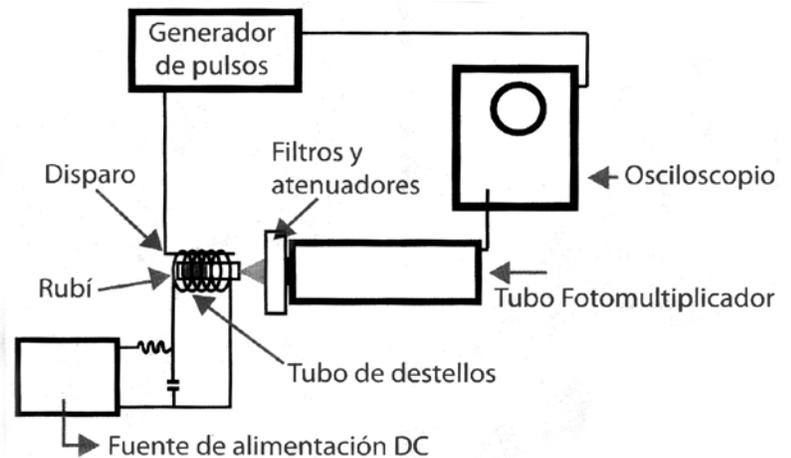


Figura 2: Esquema electro óptico del sistema para excitar el rubí en el laboratorio usado por Maiman (Fuente: Ing. Luis Diego Marín)

de luz excitadora son más cortos comparados con el tiempo de vida de la fluorescencia; el requerimiento del tubo de destellos es que la energía debía ser $1,67 \text{ J/cm}^2$ (joules por centímetro cuadrado).

Las muestras de rubí eran cilindros de cerca de 0,952 cm de diámetro y 1,9 cm de largo, con caras planas y paralelas dentro de $\lambda/3$ (planitud en un tercio de la longitud de onda) a 694,3 nm.

Las muestras de rubí se apoyaron dentro de la hélice del tubo de destellos, que a su vez se alojaba dentro de un cilindro de aluminio pulido. Se incluyó enfriamiento por aire forzado.

Los cilindros de rubí se recubrieron con plateado tipo espejo evaporado en cada extremo, para formar espejos, uno opaco y el otro semitransparente, o con un pequeño agujero en el centro.

Con la excitación de alta intensidad se encontró que la naturaleza de la radiación de salida de las muestras de rubí probadas se dividió en dos categorías. Así, Maiman y sus colaboradores pudieron probar el potencial del láser con cristales casi perfectos.

Esta es la historia y la documentación resumida del láser operativo, que por primera vez funcionó en frecuencias ópticas. \blacksquare

Luis Diego Marín Naranjo. Costarricense, Maestro en Ciencias. Investigador del Laboratorio de Fotónica y Tecnología Láser de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica. Este texto fue tomado de *Crisol*, Suplemento de Ciencia y Tecnología, No. 235, mayo de 2010, del *Semanario de la Universidad de Costa Rica*, con el que *Archipiélago* mantiene un convenio de mutua colaboración.