



## ECF5726 - Óptica Física: Teoria, Experimentos e Aplicações

Anne L. Scarinci

Mikiya Muramatsu

### Mestrandos

Mário Rodrigues de Oliveira Filho

Roberta N. de Proença

### Laser

LASER ( Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) é o acrônimo para Amplificação da Luz por Emissão Estimulada da Radiação. É um dispositivo que produz um feixe intenso de fótons coerentes por emissão estimulada. Há laser de estados sólidos, lasers de líquidos e lasers à gás

Apesar de Einstein lançar as bases teóricas para a criação do laser, o laser foi produzido em 1960 por Theodore H. Maiman. Seu predecessor foi o *maser* (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) que amplificava microondas por emissão estimulada produzido em 1950 por Charles Hard Townes, Alexander Mikhaiovich e Nikolai Gennadievich Basov.

Na emissão estimulada o átomo excitado é estimulado e emite um fóton na mesma direção e com a mesma fase do fóton incidente., sendo que o campo eletromagnético do fóton incidente aplica aos elétrons uma força alternada que fazem os elétrons oscilarem na mesma frequência do fóton incidente.

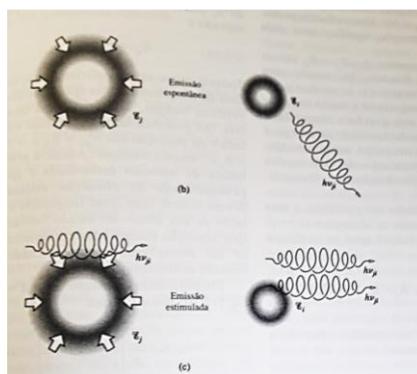


Figura 1 – Emissão espontânea e emissão estimulada

Para que ocorra a emissão estimulada é necessário que o número de átomos no estado excitado seja maior que o número de átomos no estado fundamental. Esta mudança é denominada inversão de população. A temperatura ambiente praticamente todos os átomos se encontram no estado fundamental então há a predominância da absorção.

### Laser de rubi

O primeiro laser tinha como meio ativo um pequeno cristal sintético de rubi. Este era dopado com  $Al_2O_3$  e  $Cr_2O_3$ , desse modo a presença do cromo confere a este laser a cor vermelha.

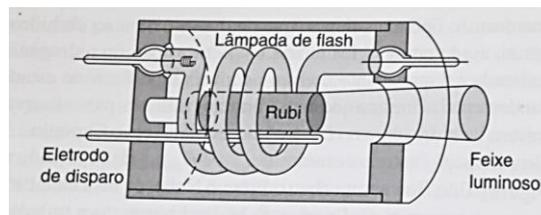


Figura 2 – Primeiro laser de rubi

Nesse laser a lâmpada excita os íons de Cromo do rubi a uma banda de energia denominada níveis de bombeamento. Os íons transferem energia através de colisões e decaem para estados chamados metaestáveis. Depois há emissão de um fóton por emissão estimulada.

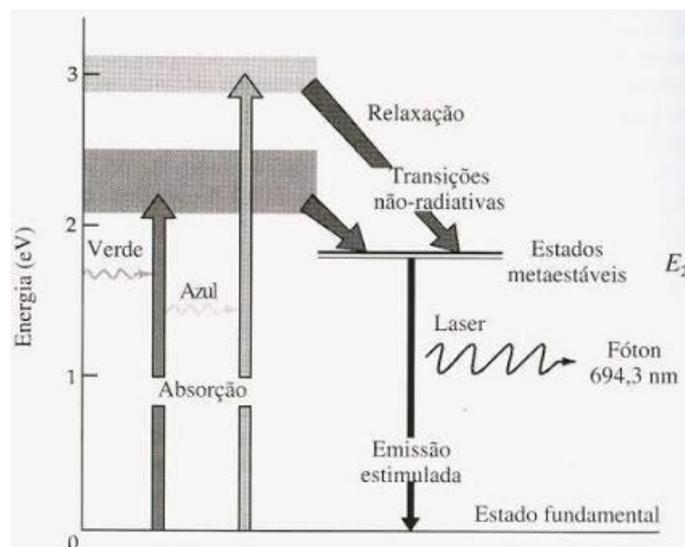


Figura 3 – Níveis de energia do laser de rubi

Um filme metálico é depositado nas extremidades do cristal de rubi, fazendo com que estes filmes funcionem como espelhos. Um dos espelhos

reflete praticamente todos os fótons, 99,99%, já o outro funciona como um espelho semitransparente deixando passar uma parte dos fótons, neste 99% dos fótons são refletidos. Estas características fazem do cristal uma cavidade óptica ressonante. Como as extremidades são paralelas, no seu interior se formam ondas estacionárias.

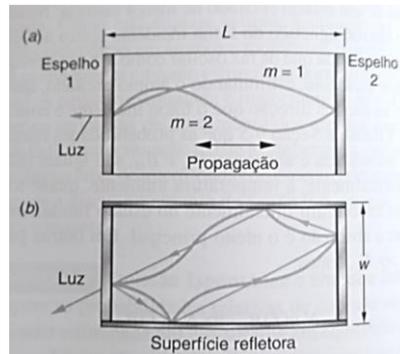
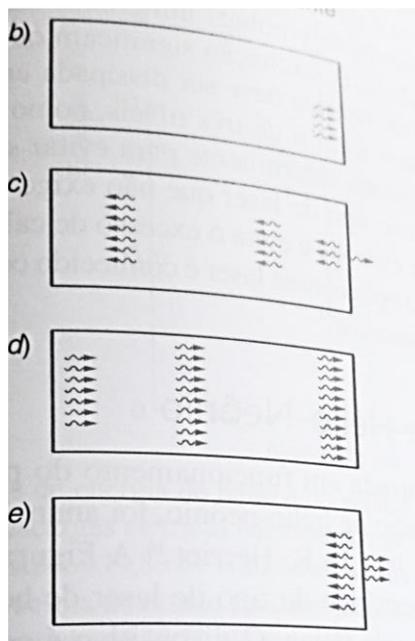


Figura 4 – Cavidade óptica ressonante

A lâmpada do laser de rubi excita os átomos e a cada passagem pelo cristal pela reflexão dos espelhos os fótons estimulam mais átomos a emitir fótons, uma reação em cadeia acontece gerando um feixe luminoso. Esse feixe é coerente, pois os fótons emitidos são idênticos na mesma direção e mesmo sentido.



A luz laser é uma série de pulsos em microssegundos, a população do nível metaestável diminui rapidamente e é necessário um certo tempo para que

a inversão de população seja restabelecida e o pulso seguinte possa ocorrer. Cada pulso aparece logo depois de uma inversão de população.

Para que um laser possa funcionar é preciso que o número de fótons coerentes produzidos por unidade de tempo por emissão estimulada no interior da cavidade ressonante seja igual ou maior que as perdas.

A desvantagem de um laser de rubi é que para que ocorra a inversão de população é necessário bombear mais da metade dos átomos do nível E1 para o nível E2. A lâmpada emite uma larga faixa de frequência, a maioria não contribui para a mudança de nível de energia. Há também energia dissipada em forma de calor diminuindo sua eficiência.

### Laser de He e Ne

Em 1961, A. Javan, W. R. Bennet e D.R. Herriot criaram um laser a gás com 15% de Hélio e 85% de Neônio.

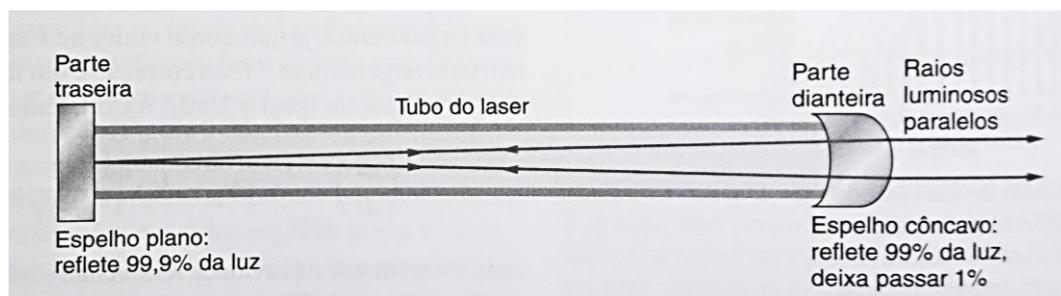


Figura 6 – Laser de He-Ne

O laser de He-Ne é constituído de um tubo oco com um espelho plano e um espelho côncavo semitransparente. O espelho côncavo focaliza a luz no espelho plano e também funciona como lente que transmite parte da luz, gerando um feixe de raios paralelos.

A inversão de população neste laser depende dos níveis de energia do Hélio e do Neônio. O He possui dois estados excitados em 19,72eV e 20,61eV e o Ne também tem dois estados a 19,83eV e 20,66eV. Os átomos de He são excitados por descargas elétricas, então eles colidem com os átomos de Ne. A emissão estimulada se dá pela transição do nível 20,66 eV para o 18,7eV do Ne.

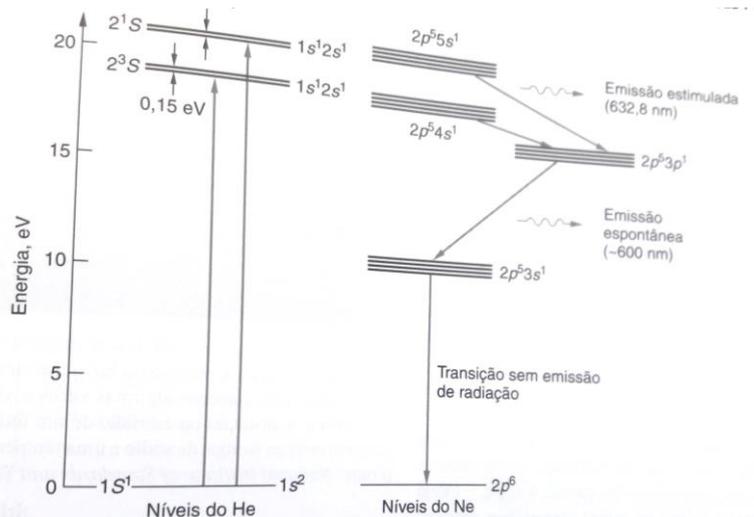


Figura 7 – Níveis de energia do He-Ne

No laser de He-Ne é mais fácil conseguir a inversão de população, pois os átomos não estão no estado fundamental.

### Aplicações

**Indústria** - O corte a laser tem se destacado dos outros como o processo de escolha para a fabricação de peças de chapas metálicas, em razão de precisão, qualidade, velocidade e custo-benefício.

**Medicina** - Oftalmologia: lentes antirreflexo; lasers fotocoaguladores para retina. O primeiro produto foi o Microscópio Cirúrgico.

Dermatologia: Laser Nd YAG: tecnologia é usada para depilação e remoção de tatuagens. Apresenta baixa afinidade pela melanina é seguro, tanto em peles claras quanto em negras e bronzeadas.

Depilação: a aplicação é feita ponto a ponto com o objetivo de carbonizar os fios e, principalmente, os bulbos pilares.

Uso vascular: deve-se fazer um pré e um pós-resfriamento da pele (o Yag da plataforma solon já possui este recurso acoplado). Depois, dispara-se o laser até sumir o vaso na mesma hora.

**Entretenimento** – logomarcas e brincadeira do labirinto.

Para a parte teórica foi utilizado principalmente Óptica de Eugene Hecht e Física Moderna de Llewellyn e Tipler.

### Referências bibliográficas

CRUZ, Carlos H. de Brito. **Física e indústria no Brasil**, Cienc. Cult. v. 57, n. 3 São Paulo, jul/sept. 2005. ISSN 2317-6660.

HECHT, Eugene. **Óptica**. Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

JOMAFER, Disponível em:<[www.jomafer.com.br](http://www.jomafer.com.br)>. Acessado em: 22 out. 2016.

VALADARES, Eduardo de Campos, MOREIRA, Alysson Magalhães. **Ensinando Física Moderna no segundo grau**: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Cad.Cat.Ens.Fís., v. 15, n. 2: p. 121-135, ago. 1998.

TIPLER, Paul; LLEWELLYN, Ralph. **Física Moderna**. 5ª Ed. LTC. 2010.

LOPES, Angélica Marquezim; KINA, José Ricardo. **Influência de aplicações do laser érbio:yag sobre a viabilidade microbiana**. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.14295/bds.2004.v7i1.474>>.Acessado em:22 out.2016.

MINHA VIDA. **LASER Nd: YAG**: tecnologia e usada para depilação e remoção de tatuagens. Disponível em:<<http://www.minhavidacom.br>>.Acessado em: 22 out. 2016.

Remoção de tatuagem. Disponível em:<[https://www.google.com.br/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjx6-Sc7\\_bPAhVBOD4KHRFqCHUQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DaXCW7SZs9zU&psig=AFQjCNFf8FRYIESQvi0FeEWqMQHoFkD72g&ust=1477516280330067](https://www.google.com.br/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjx6-Sc7_bPAhVBOD4KHRFqCHUQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DaXCW7SZs9zU&psig=AFQjCNFf8FRYIESQvi0FeEWqMQHoFkD72g&ust=1477516280330067)>. Acessado em: 22 out. 2016.

FERREIRA, Dennis de Carvalho; MARTINS, Fernanda Otaviano; ROMANOS, Maria Teresa Villela. **Impacto do laser de baixa intensidade na supressão de infecções pelos vírus Herpes simplex 1 e 2**: estudo in vitro. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 42(1):82-85, jan-fev, 200