

Gaslaser

GL

Olli, Valentin Boettcher

October 24, 2019

Date Performed: October 24, 2019
Location: HZDR Dresden/Rossendorf Geb. 620/123
Supervisor(s): Martin Rehwald; Tim Ziegler

Contents

1	Einleitung	2
2	Theoretische Grundlagen	2
2.1	Besetzungsinversion und Laserbedingung	2

1 Einleitung

Der LASER ist seit seiner Erfindung in den 1960er Jahren in der modernen Physik zu einem Standardwerkzeug geworden. Unter anderem kann ein Laserstrahl zur Erzeugung von sehr tiefen Temperaturen (Untersuchung von Quanten Effekten, Bose-Einstein Kondensation), zur Erzeugung und Untersuchung von Schockwellen und zur Beschleunigung von Elementarteilchen genutzt werden.

Auch in der Technik findet der LASER aufgrund der hohen Kohärenz und Intensität des emittierten Lichtstrahls vielfach Anwendung. So hat man alltäglich mit auf Lasertechnologie basierenden Barcode Scannern und CD-Spielern zu tun. Auch die moderne Telekommunikationstechnik um das Internet nutzt LASER zur Datenübertragung.

Zum näheren Verständnis sollte zunächst das Acronym LASER geklärt werden.

Acronym 1.1 (Laser) LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION.

Dementsprechend verstärkt ein LASER also Licht durch stimulierte Emission. Da die stimulierte Emission von Strahlung ein Photon in allen seinen Eigenschaften kopiert, wird im Allgemeinen kohärentes und bedingt durch die Verstärkung sehr intensives Licht erzeugt.

Der grundlegende Aufbau eines Lasers ist erstaunlich einfach. So besteht ein Laser aus:

1. einem aktiven Medium (Gase, Festkörper)
2. einem optischen Resonator (meist rotationssymmetrische, sphärische Spiegel)
3. einer "Energiepumpe" (Lichtblitze, Elektronenstöße)

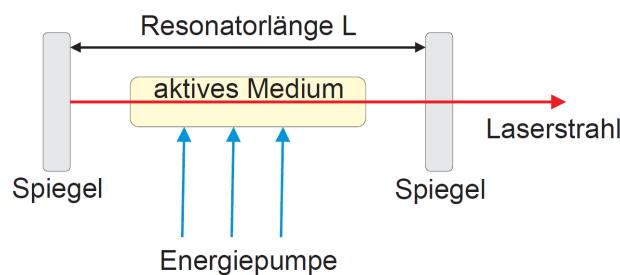


Figure 1: Schema eines Lasers

Die Energiepumpe erzeugt im aktiven Medium eine Ungleichgewichtsbesetzung von Energieniveaus, die die induzierte Emission begünstigt. Die Photonen oszillieren im Resonator mehrfach und werden bei jedem Durchlauf verstärkt, bis sie den Resonator verlassen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Besetzungsinversion und Laserbedingung

Die Elektronen in Atomen nehmen nach der Quantenmechanik nur diskrete Energien an. Wenn ein Elektron seinen Zustand wechselt, wird bei diesem Übergang Licht emittiert oder absorbiert, wobei für die Energien E_i und die Frequenz des beteiligten Photons ν gilt:

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad (1)$$

Es gibt drei Prozesse, die nun die Anzahl der Atome im Grundzustand N_1 und der angeregten Atome N_2 beeinflussen.

Absorbtion Ein photon wird von einem Atom absorbiert, welches dementsprechend angeregt wird. Die häufigkeit dieses Prozesses ist proportional zur spektralen Energiedichte.

Spontane Emission Ein angeregtes Atom geht in einen tieferen Zustand über und sendet ein Photon aus. Dieser Prozess ist unabhängig von der umgebenden spektralen Energiedichte.

Stimulierte Emission Das Atom wird von einem passenden Photon zur Emmission eines zweiten, identischen Photons angeregt und geht in einen tieferen Zustand über. Die häufigkeit dieses Prozesses ist proportional zur spektralen Energiedichte.

Durch aufstellung von Ratengleichungen für das thermische Gleichgewicht in einem Zweiniveausystem wird deutlich, dass in einem solchen Fall die Spontane Emmission überwiegt und keine Verstärkung auftreten kann, da die Warscheinlichkeit für Absorbion und Stimulierte Emmision gleich, sowie immer mehr Teilchen im Grundzustand als im angeregten Zustand sind.

Für die Photonenzahldichte q gilt mit der spektralen Energiedichte $\rho(\nu)$ und dem Einsteinkoeffizienten für Stimulierte Emission und unter Vernachlässigung der spontanen Emission:

$$\frac{dq}{dt} = \rho(\nu)B_{21}(N_2 - N_1) \quad (2)$$

Damit eine Verstärkung auftritt muss gelten:

$$N_2 > N_1 \quad (\text{Erste Laserbedingung})$$