

VERSUCH NUMMER

TITEL

Yanick Sebastian Kind
yanick.kind@udo.edu

Till Willershausen
till.willershausen@udo.edu

Durchführung: DATUM

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
1.1	Ziel	3
1.2	Prinzipielle Funktionsweise eines Diodenlasers	3
1.3	Komponenten eines Diodenlasers	3
1.3.1	Aktive Medium	3
1.3.2	Interner Resonator	5
1.3.3	Externer Resonator/Gitter	5
1.4	Leistung	5
1.5	Einflüsse auf die Wellenlänge	6
1.5.1	Temperatur	6
2	Durchführung	6
3	Auswertung	6
4	Diskussion	6
	Literatur	6

1 Theorie

1.1 Ziel

In diesem Versuch wird der Diodenlaser eingestellt, dass dieser mit einer Energie abstrahlt, bei welcher Fluoreszenz bei Rubidium beobachtet werden kann. Außerdem wird das Absorptionsspektrum von Rubidium aufgenommen.

1.2 Prinzipielle Funktionsweise eines Diodenlasers

Grundlegend für einen Laser ist die Populationsinversion. Eine Populationsinversion liegt z.B. bei einem 2 Niveausystem vor, wenn in diesem System mehr Teilchen in dem Niveau 2 mit der Energie E_2 als in dem Niveau 1 mit der Energie E_1 , wobei $E_2 > E_1$ gilt, sind. Wenn ein Teilchen von Niveau 2 auf Niveau 1 springt, wird aufgrund der Energieerhaltung ein Photon mit der Energie $E_2 - E_1 = \hbar\omega$ abgestrahlt. Die Abstrahlung eines Photons wird Emission genannt, wobei bei dem Laser die stimulierte Emission genutzt wird, da diese kohärentes Licht abstrahlt, welches bei einem Laser von großer Bedeutung ist. Die stimulierte Emission wird durch ein Photon verursacht, weswegen ein Photon erzeugt wird, welches die gleiche Wellenlänge, Phase, Polarisation und Ausbreitungsrichtung besitzt. Somit ist das emittierte Licht kohärent.

1.3 Komponenten eines Diodenlasers

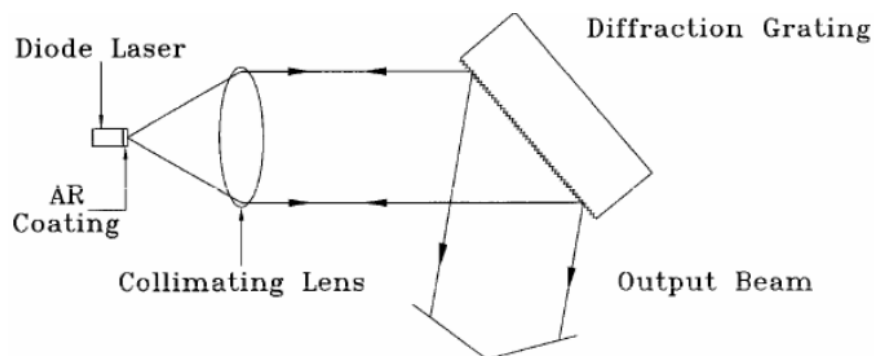


Abbildung 1: Grober Aufbau eines Diodenlasers[1]

Ein Diodenlaser (Laser ist ein Akronym für light amplification by stimulated emission of radiation) besteht im wesentlichen aus 3 Komponenten. Diese sind das aktive Medium 1.3.1, der interne Resonator 1.3.2 und der externe Resonator bzw. das Gitter 1.3.3.

1.3.1 Aktive Medium

In dem aktiven Medium werden Photonen durch p-n-Übergänge erzeugt. P-dotierte Halbleiter sind mit einem Element, welches ein Valenzelektron weniger besitzt, versehen. Dieses fehlende Elektron kann als Loch (positiv geladenes Quasiteilchen) behandelt werden. Das

Loch wird durch ein Valenzelektron eines Halbleiteratoms aufgefüllt, wodurch sich dieses schon bei geringen Temperaturen fortbewegen kann, da an diesem Halbleiteratom ein Loch entstanden ist, welches wieder aufgefüllt wird. Deshalb wird das Fremdatom auch Akzeptor genannt. Bei der n-Dotierung wurde dem Halbleiter ein Element hinzugefügt, welches ein Valenzelektron mehr besitzt. Dieses kann sich ebenfalls schon bei geringen Temperaturen frei bewegen, weshalb dieses Fremdatom Donator genannt wird. Entscheidend bei dem Laser ist der p-n-Übergang, welcher durch Kontakt einer p-dotierten und einer n-dotierten Halbleiterschicht entsteht. Dabei diffundieren die überschüssigen

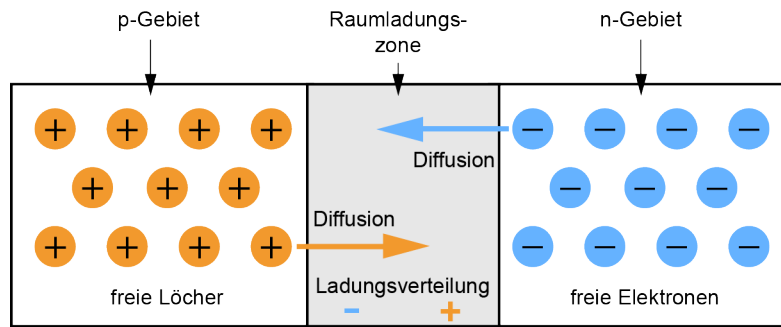


Abbildung 2: Diffusion bei Kontakt zwischen einem n- und p-dotierten Halbleiter[2]

Elektronen der n-dotierten in die p-dotierte Schicht, während die überschüssigen Löcher des p-dotierten Halbleiters in die n-dotierte Schicht diffundieren. Dadurch fehlen in den jeweiligen Schichten frei bewegliche Ladungsträger und die ortsfesten Dotierungsatome sind nicht mehr elektrisch neutral. Somit entsteht eine Raumladungszone mit einer inhomogenen Ladungsverteilung, wodurch eine Spannung erzeugt wird. Diese Spannung dient für die freien Ladungen als Potentialwall. Das Elektron in Abbildung 3 kann die Raumladungszone nur überqueren, wenn es die Energie E_C besitzt, wonach es mit einem Loch rekombinieren kann und Energie, die mindestens der Bandlücke entspricht, in Form von einem Photon abstrahlt. Wird nun eine externe Spannung angelegt, wobei

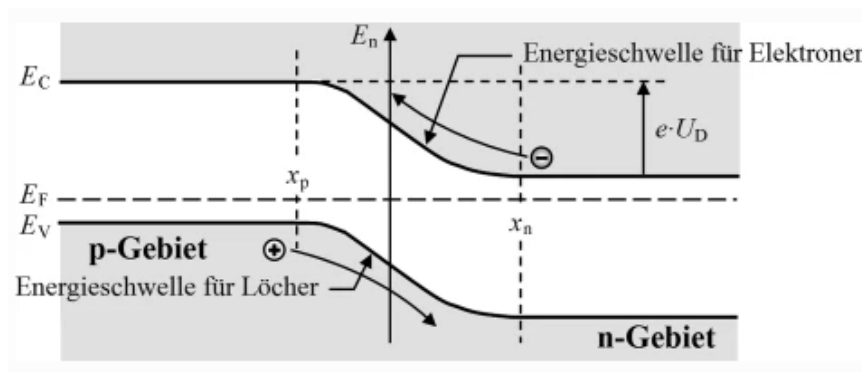


Abbildung 3: Die Krümmung der Bänder bei Kontakt von p- und n-dotierten Halbleitern[3]

der negative Pol an die n-dotierte und der positive Pol an die p-dotierte Schicht angelegt wird, wird diese Spannung vermindert, wodurch die freien Ladungen weniger Energie benötigen, um die Raumladungszone zu überqueren. Bei umgedrehter Polung würde die Potentialdifferenz erhöht, wodurch die freien Ladungen noch mehr Energie benötigen würden.

1.3.2 Interner Resonator

Der interne Resonator wird durch die gegenüberliegenden Ränder des Kristalls in horizontaler Richtung gebildet, welche eine verschiedene Reflektivität besitzen. Dadurch kann am richtigen Rand Licht austreten, während an dem anderen Ende kein Licht transmittiert wird. Dadurch kann eine reflektierte Welle durch stimulierte Emission weitere Photonen auslösen. Damit der interne Resonator tatsächlich als Verstärker dient, muss sich dort eine stehende Welle ausbreiten, für welche die Randbedingung

$$\psi(kL) \stackrel{!}{=} 0 \quad (1)$$

gilt. In dieser eindimensionalen Betrachtung ist ψ die Amplitude, k die Wellenzahl und L die Länge des Resonators bzw. Kristalls ist. Daraus folgt, dass die Wellen eine Wellenlänge von

$$\lambda = 2\frac{L}{n}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (2)$$

haben müssen.

1.3.3 Externer Resonator/Gitter

Die kollimierende Linse sorgt dafür, dass die Strahlen annähernd kollinear verlaufen, so dass der Laserstrahl gebündelt ist. An dem Gitter sind die durch Interferenz entstehenden Beugungsmaxima 0. und 1. Ordnung von Relevanz. Das 0. Maximum wird reflektiert, so dass dieses zum Experimentieren genutzt werden kann. Das 1. Maximum wird bei der richtigen Wellenlänge zurück zum Kristall reflektiert, wodurch ein Resonator möglich wird. Hierbei gilt die Bragg-Bedingung

$$k \cdot \lambda = 2d \sin(\theta), \quad k \in \mathbb{N}, \quad (3)$$

wobei d die Gitterkonstante, k die Ordnung des Maximums und θ der Beugungswinkel ist. Dieser externe Resonator wird durch die weniger reflektierende Seite des Kristalls und das Gitter gebildet. Die Funktionsweise ist hierbei dieselbe und die Relationen 1 und 2 gelten auch hier, wobei L jetzt nicht mehr die Länge des Kristalls sondern der Abstand des Gitters zum Kristall ist.

1.4 Leistung

Das in der Abbildung 4 zu sehende Maximum der Kurve des Mediums, lässt sich auf die Bandlücke zurückführen. Diese Photonen haben die zu der Wellenlänge λ_0 gehörende Energie ab, welche der Bandlücke entspricht. Da die Bandstruktur jedoch kontinuierlicher

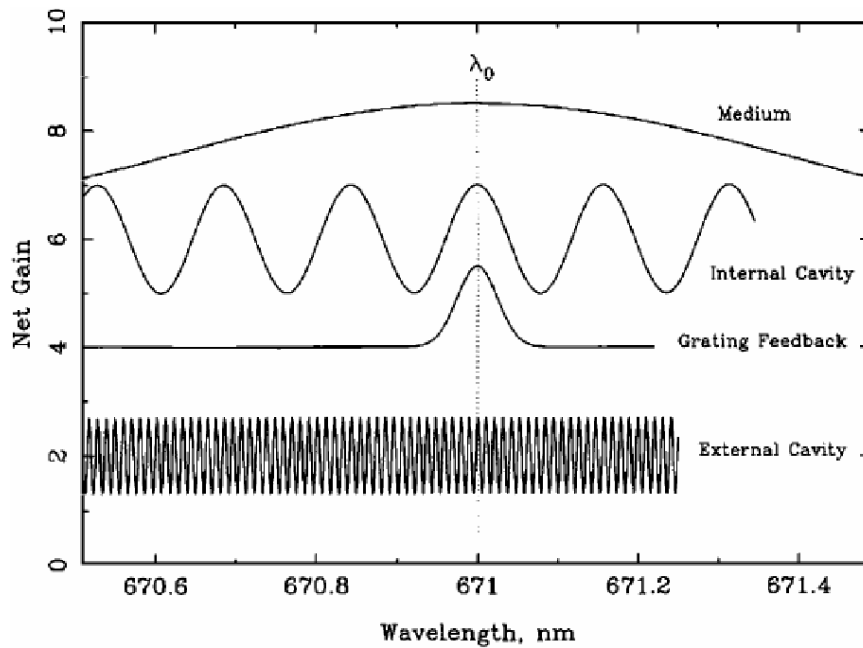


Abbildung 4: Die jeweiligen Leistungen der einzelnen Komponenten in Abhängigkeit von der Wellenlänge[1]

und nicht diskreter Natur ist, ist Maximum ein sehr Breites Maximum. Die Periodizität des internen und externen Resonators lässt sich mit der Bedingung 2 erklären, da nur Wellen mit einer am Rand verschwindenden Amplitude zur Leistung stark beitragen. Die höhere Frequenz der Kurve von dem externen Resonator in Abbildung 4 lässt sich ebenfalls mittels 2 erklären, da die

1.5 Einflüsse auf die Wellenlänge

1.5.1 Temperatur

2 Durchführung

3 Auswertung

4 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Diode Laser Physics*. 2022.
- [2] enargus. *p-n-Übergang*. URL: https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d14511-2/*/*p-n-%c3%9cbergang.html?op=Wiki.getwiki (besucht am 11.04.2022).

- [3] Leonhard Stiny. *Aktive elektronische Bauelemente. Aufbau, Struktur, Wirkungsweise, Eigenschaften und praktischer Einsatz diskreter und integrierter Halbleiter-Bauteile, 2. Auflage.* Springer Vieweg, 2015. ISBN: 9783658091521.