

LED-Spektrometer

07.12.2009 – 15.01.2010

PPG 5

Michele Collodo, Andreas Glossner,
Karl-Christoph Gödel, Bastian Hacker,
Maria Obst, Alexander Wagner, David Winnekens
Tutor: Xiaoyue Jin

http://pp.physik.uni-erlangen.de/groups/ws0910/ppg5/ppg5_start.html

Inhaltsverzeichnis

1	Grundgedanke des Versuchs	3
1.1	Aufbau und Funktionsweise einer LED	3
1.2	Umkehrung des Effekts - LEDs in der Absorption	4
1.3	Vergleich von Emissions- und Absorptionsspektren	4
2	Messung der Absorptionsspektren	5
2.1	Versuchsaufbau	5
2.2	Reduktion der Spektren	7
3	Bau des Spektrometers	7
3.1	Funktionsprinzip Übersicht	7
3.2	Elektronik	7
3.3	Auswertungsprogramm	7
4	Autorenverzeichnis	8

Bla

1 Grundgedanke des Versuchs

1.1 Aufbau und Funktionsweise einer LED

Die Leuchtdiode, kurz LED (für engl. "Light Emitting Diode") ist eine Halbleiter-Diode die es ermöglicht elektrische Energie in Licht verschiedener Wellenlängen umzuwandeln.

Da im vorliegenden Projekt nur bedrahtete LEDs als Absorber verwendet wurden, wird im Folgenden nur der Aufbau dieser Leuchtdioden-Bauform dargestellt. Die prinzipielle Funktionsweise ist jedoch bei fast allen Bauarten identisch. Lässt man durch Anode und Kathode der LED einen Strom in Durchlassrichtung fließen, so beginnt der Halbleiter in einer von Material und Dotierung abhängigen Wellenlänge zu strahlen. Für Leuchtdioden im sichtbaren Spektralbereich, wie sie hier verwendet wurden, kommt meist eine Galliumverbindung zum Einsatz.

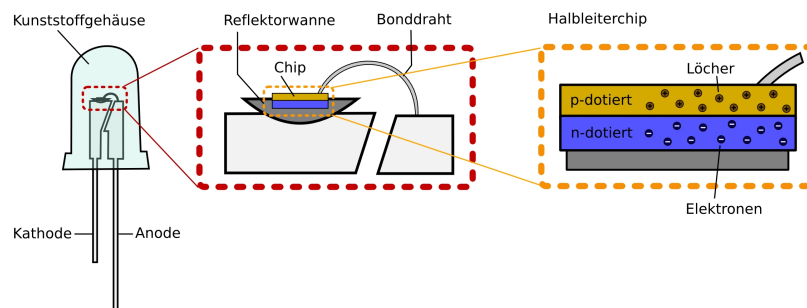


Abbildung 1: Aufbau einer bedrahteten Leuchtdiode

Das Funktionsprinzip einer LED basiert auf dem Aufbau des Chips, der aus zwei verschieden dotierten Halbleiterschichten besteht. In der p-dotierten Schicht befindet sich ein Überschuss an positiven Ladungsträgern (Löcher), in der n-dotierten Schicht überwiegen negativ geladenen Teilchen (Elektronen). Wird nun ein Strom in Durchlassrichtung an den Chip angelegt, können Elektronen und Löcher am p-n-Übergang rekombinieren. Da sich die Elektronen im n-dotierten Halbleiter im Leitungsband befinden und auf das energetisch niedriger liegende Valenzband der p-dotierten Schicht wechseln, wo sie rekombinieren, wird ein fester Energiebetrag frei, der in Form eines Photons abgestrahlt wird.

Die Energie dieses Photons entspricht der Bandlücke zwischen Valenzband und Leitungsband. Somit ergibt sich die Wellenlänge des emittierten Photons wie folgt:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E_{\text{Bandlücke}}}$$

Dabei bezeichnet h das Plancksche Wirkungsquantum und c die Phasengeschwindigkeit des Lichts.

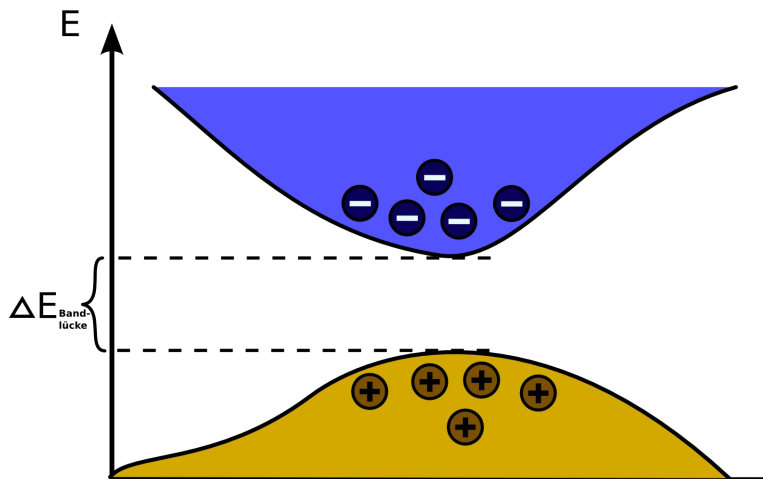


Abbildung 2: Baenderstruktur der Halbleitergrenzschicht

1.2 Umkehrung des Effekts - LEDs in der Absorption

In diesem Versuch sollten jedoch die LEDs nicht als Lichtemitter, sondern als Absorber dienen. Es wurde also versucht, die Funktionsweise der Lichtdioden umzukehren.

Bei Bestrahlung der LEDs mit Licht kann eine Spannung und ein Strom am Halbleiter abgegriffen werden. Besonderes Interesse gilt der Abhängigkeit dieses Stromes von der Wellenlänge des eingestrahltten Lichtes, je nach Farbe (Emissionswellenlänge) der LED. Da die Leuchtdioden auch in der Absorption wellenlängenabhängig sind, ist es möglich aus mehreren LEDs, die den gesamten visuellen Spektralbereich abdecken, ein Spektrometer für optische Spektren zu konstruieren.

1.3 Vergleich von Emissions- und Absorptionsspektren

Es stellt sich jedoch die Frage, wie Absorptions- und Emissionsspektrum der Leuchtdiode zusammenhängen. Trägt man Absorptions- und Emissionskurve in einem Diagramm auf, ist gut zu erkennen, dass das Absorptionsspektrum gegenüber der Emission blauverschoben ist. Die Verschiebung $\Delta\lambda$ ist jedoch bei verschiedenen LEDs unterschiedlich stark.

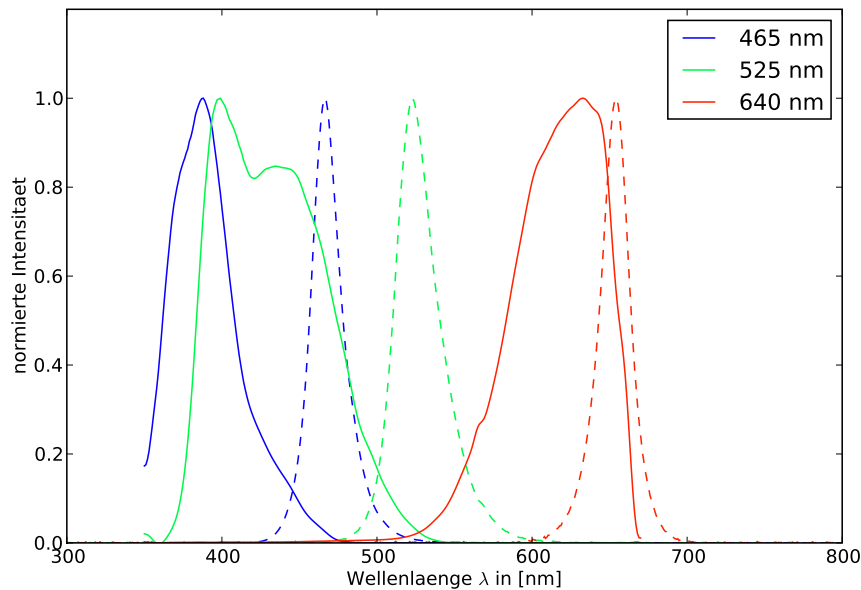


Abbildung 3: Absorptions- (durchgezogen) und Emissionsspektren (gestrichelt) verschiedener LEDs

2 Messung der Absorptionsspektren

2.1 Versuchsaufbau

(Lichtquelle, LED vs. Halogen ...)

Zur Erzeugung eines Spektrums gibt es diverse Möglichkeiten. Es stellte sich aber heraus, dass die Verwendung eines Prismas aufgrund der geringen Winkelausdehnung des erzeugten Spektrums für uns wenig lohnenswert ist. Ebenso mussten wir trotz langen Experimentierens und unter Verwendung verschiedener Linsenanordnungen auch auf ein Transmissionsgitter verzichten, da die Intensität des Spektrums nicht stark genug war. Folglich griffen wir auf ein holographisches Reflexionsgitter zurück.

Für die Auswertung der Messdaten ist es von grundlegender Bedeutung, zu wissen welcher Wellenlänge die gemessene Intensität zuzuordnen ist. Um dies zu erreichen wurde folgendes Vorgehen gewählt: Durch die Verwendung eines Reflexionsgitters und dessen Justierung derart, dass der Strahlengang in einer zum optischen Tisch parallelen Ebene verläuft, lässt sich die Wellenlänge durch Formel XXX leicht in den Winkel zwischen ein- und ausfallendem Strahl umrechnen. Da ein manuelles Auslesen der Intensität und dessen zugehörigem Winkel ein aussichtsloses Unterfangen darstellen würde, benutzten wir ein Drehpotentiometer zur automatischen

Auswertung des momentanen Winkels. Dieses wurde so auf dem Tisch positioniert, dass die Drehachse möglichst genau unter dem Mittelpunkt des Gitters ist, also dem Punkt, an welchem sich ein- und ausfallender Strahl treffen. Desweiteren wurde der Dreharm, an dessen äußerstem Ende sich der Halter für die LEDs befindet, mit der Drehachse verbunden, sodass das Schwenken des Armes den Widerstand des Potentiometers ändert.

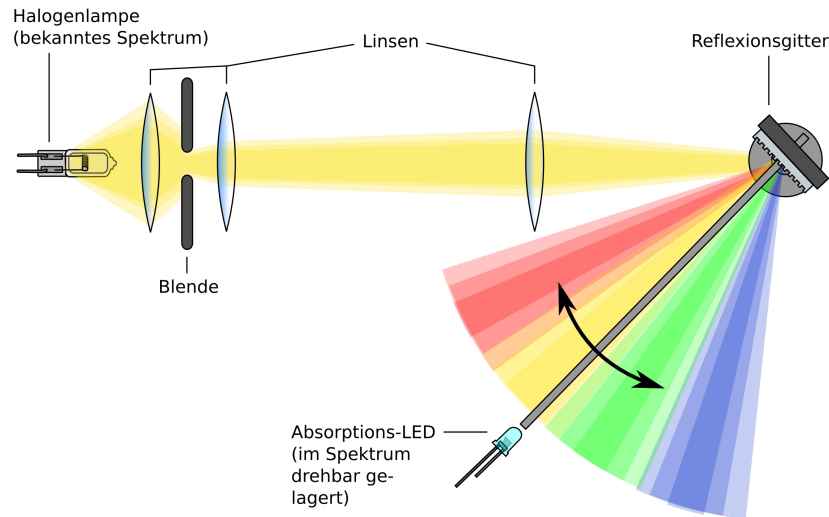


Abbildung 4: Versuchsaufbau

Anschließend wurde in 2° -Intervallen der Winkel und die Spannung am Potentiometer notiert. Wiederholtes Messen dieser Spannungs-Winkel-Abhängigkeit zeigte eine sehr gute Reproduzierbarkeit. Lediglich beim Wechsel des Drehsinns zeigte sich ein Offset, sodass entschlossen wurde alle Messungen immer mit Drehung im Uhrzeigersinn durchzuführen.

Somit konnten wir die momentane Spannung am Potentiometer auslesen lassen, was uns den Winkel gibt und somit die Wellenlänge berechnen lässt.

2.2 Reduktion der Spektren

3 Bau des Spektrometers

3.1 Funktionsprinzip Übersicht

3.2 Elektronik

3.3 Auswertungsprogramm

4 Autorenverzeichnis

<i>Autor</i>	<i>Kapitel</i>
Michele Collodo Andreas Glossner Karl-Christoph Gödel Bastian Hacker Maria Obst Alexander Wagner David Winnekens Wickie Pedia	Recherchen