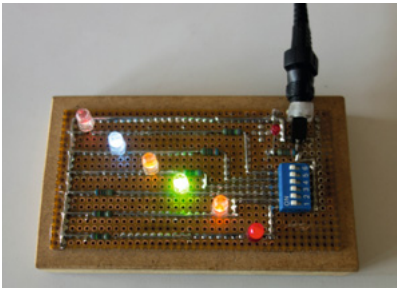
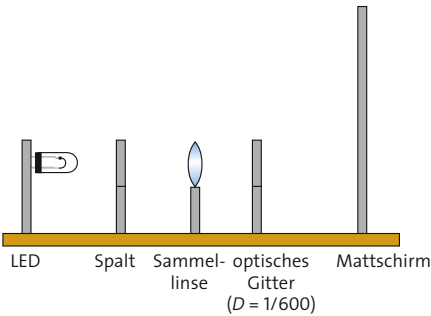


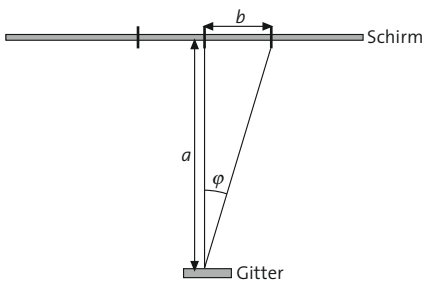
Klein aber hell



B1 Leuchtdioden auf einer Platine



B2 Versuchsaufbau zu V2



B3 Versuchsauswertung von V2

1. Abmessen von Abstand a (Gitterschirm) und Abstand b (beobachtetes Hauptmaximum und Spektrallinie auf dem Schirm) in cm (vgl. B3)
2. Berechnung der Wellenlänge λ nach¹:
 $\lambda = b \cdot D / \sqrt{a^2 + b^2}$ (Umrechnen in nm) mit Gitterkonstante $D = 1/600$ (D in mm)
3. Berechnung der Bandlücke nach:
 $1240 / \lambda = E_g$ (λ in nm, E_g in eV)

B4 Schritte für die Ermittlung der Wellenlänge in V2, Auswertung c).

Versuche

Hinweis: Für die Versuche können einzelne handelsübliche Leuchtdioden mit farbloser Umhüllung verwendet werden. Alternativ eignet sich eine Platine, auf die mehrere verschiedenfarbig leuchtende Leuchtdioden aufgebracht sind (B1). Legen Sie keine Spannung an, die oberhalb des vom Hersteller genannten Wertes liegt, da die Leuchtdioden sonst Schaden nehmen können.

V1 Untersuchen Sie den Aufbau verschiedener Leuchtdioden mit einer Lupe. Verbinden Sie dann die Leuchtdioden nacheinander über ihre Pole über Krokodilklemmen und Kabel mit einer Spannungsquelle (Gleichspannung). Regeln Sie die Spannung **vorsichtig** von 0 V auf ca. 5 V (je nach Herstellerangabe ist die Betriebsspannung unterschiedlich) hoch und notieren Sie die Farbe des Leuchtens.

V2 Echtfarben-Emissionsspektren (EFES) von verschiedenfarbig leuchtenden LEDs: Bauen Sie den Versuch nach B2 auf einer optischen Bank auf. Dabei muss durch Hin- und Herschieben der einzelnen Komponenten eine Einstellung gefunden werden, bei der möglichst scharfe Linien auf dem Mattschirm erkennbar sind. Legen Sie nacheinander Spannung an die zu untersuchenden Leuchtdioden an und betrachten Sie das sich jeweils ergebende Spektrum. Führen Sie die Messungen für Auswertung c) durch.

Auswertung

- a) Vergleichen Sie die Ansprechzeit der Leuchtdioden mit der des „Leuchtenden Scherblatts“ von S. 244.
- b) Geben Sie an, um welche Art von Spektren es sich in V2 handelt.
- c) Ermitteln Sie anhand der Schritte in B4 die Wellenlänge des in V2 emittierten Lichts.
- d) Betrachten Sie die Wellenlängen aus c) und die jeweilige Farbe der Lumineszenz. Ordnen Sie dann die Leuchtdioden aus V2 nach der Größe ihrer Bandlücke.
- e) Stellen Sie einen Zusammenhang zwischen der Größe der Bandlücke und der Wellenlänge des emittierten Lichts her und vergleichen Sie mit der Formel aus Schritt 3 in B4.

Musterrechnung:

Aus dem EFES einer grünen LED ergibt sich:

a) $a = 11,7 \text{ cm}; b = 3,9 \text{ cm}$

b) Berechnung der Wellenlänge:

$$\lambda = b \cdot D / \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\lambda = 3,9 / 6000 \cdot \sqrt{11,7^2 + 3,9^2} \text{ cm}$$

$$\lambda = 0,0000527 \text{ cm}$$

$$\lambda = \underline{527 \text{ nm}}$$

c) Berechnung der Bandlücke:

$$E_g = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / 527 \text{ nm}$$

$$E_g = \underline{2,35 \text{ eV}}$$

B5 Musterrechnung zur Ermittlung der Bandlücke in einer grünen LED

¹ Eine Linie erscheint dort, wo die Bedingung $\lambda = D \cdot \sin \varphi$ erfüllt ist.

Anorganische Leuchtdioden

Leuchtdioden LEDs (light emitting diodes) sind nicht mehr aus unserem Alltag wegzudenken. Betrachtet man diese kleinen Lichtquellen unter der Lupe, sieht man, dass im Inneren ein silbrig-grauer Feststoff-Block über einen dünnen Draht mit zwei Kontakten verbunden ist (B5). Dieser Feststoff besteht aus anorganischem Halbleiter-Material (vgl. S. 80), weshalb man auch von anorganischen LEDs spricht. Beim „Leuchtenden Scherblatt“ von S. 244 ist die Lumineszenz das Resultat des Übergangs der Luminophor-Teilchen aus dem elektronisch angeregten Zustand in den Grundzustand. Das Leuchten der LEDs beruht auf Vorgängen innerhalb des Halbleiter-Blocks, also innerhalb eines Feststoffs mit Gitterstruktur. Wieder findet der Übergang aus dem elektronisch angeregten Zustand in den Grundzustand unter Emission von Lichtquanten statt. Da es sich hier aber um Halbleiter-Materialien handelt, erfolgt dieser Übergang zwischen Energiestufen, die im **Bändermodell** als **Valenzband** und **Leitungsband** beschrieben werden (vgl. S. 80, B2).

Wenn man Spannung an die Kontakte einer LED anlegt, entstehen im Halbleiter-Material Elektron-Loch-Paare. Mit der Rekombination eines Elektrons und eines Lochs geht die Emission jeweils eines Lichtquants bestimmter Wellenlänge λ einher. Beim Leuchten von LEDs handelt es sich um „reine“ **Elektrolumineszenz** (vgl. S. 245, B5).

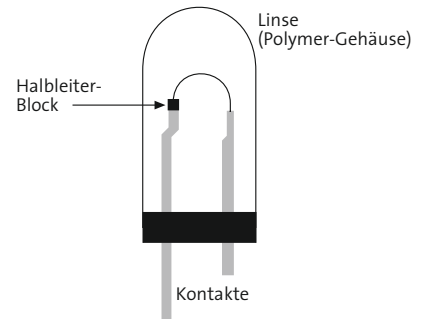
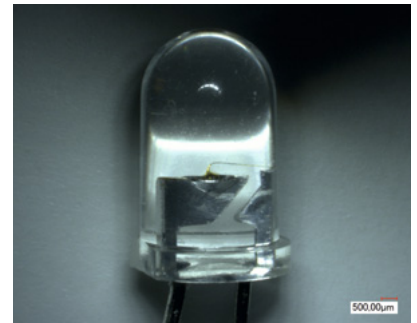
Obwohl man baugleiche LEDs optisch äußerlich zunächst nicht voneinander unterscheiden kann, können sie in verschiedenen Farben leuchten (V1). Maßgeblich für die Wellenlänge der emittierten Lichtquanten ist die Größe der **Bandlücke** E_g . Also müssen die LEDs aus verschiedenen Halbleiter-Materialien mit unterschiedlich großen Bandlücken bestehen. Aus V2 kann man ableiten, dass Halbleiter-LEDs mit kleiner Bandlücke Licht großer Wellenlänge, z. B. rotes Licht, aussenden. Blaues Licht entsteht bei Halbleiter-Materialien mit großer Bandlücke. Dieses Licht ist im Gegensatz zu dem Licht der fluoreszierenden und phosphoreszierenden Proben von S. 245 annähernd **monochromatisch**, d. h. Licht einer Wellenlänge. In V2 erhält man aus diesem Grund auch Bandenspektren nur einer Farbe und nicht mehrfarbige Spektren wie in B1 von S. 172.

LEDs zeichnen sich durch Licht hoher Intensität, niedrige Betriebsspannungen, schnelle Ansprechzeit, große Robustheit und Langlebigkeit aus. Dank dieser Eigenschaften haben LEDs ein weites Anwendungsfeld z. B. in Ampeln (B6), Informationsanzeigen, Monitoren und als Fahrzeugleuchtmittel.

Aufgaben

A1 Begründen Sie ausführlich, ob das rote Leuchten einer LED ähnlich entsteht, wie es in B5 auf S. 245 dargestellt ist.

A2 Erstellen Sie eine Tabelle, in der Sie für 1. Glühlampen, 2. das „Leuchtende Scherblatt“ und 3. anorganische LEDs die folgenden Punkte gegenüberstellen: a) Lichtentstehung, b) Art des Lichts, c) chemischer Stoffumsatz, d) Energieumsatz und e) Betriebsspannung. Bewerten Sie auf dieser Grundlage, ob das „Leuchtende Scherblatt“ oder die LEDs sinnvolle Alternativen zu Glühlampen sind.



B5 Aufbau einer Leuchtdiode. **A:** Erklären Sie mithilfe des Bändermodells, warum Metalle keine geeigneten Materialien für LEDs sind.



B6 Verkehrsampel mit LEDs. **A:** Nennen Sie Vorteile, die der Einsatz von LEDs in Ampeln gegenüber herkömmlichen Glühlampen bringt.