

# Optoelektronik – Übung 1

## Optik in Halbleiterbauelementen

Sommersemester 2018

LICHTTECHNISCHES INSTITUT (LTI)



# Organisatorisches

## ■ Übungsleiter

### ■ Philipp Brenner

- philipp.brenner@kit.edu
- Raum: 118.2
- Tel.: +49 721 608-47721



## ■ Termine: 6-7 Übungen, Dienstags 9:45 – 11:15, Hörsaal LTI

### ■ 15. Mai

### ■ 29. Mai

### ■ 12. Juni

### ■ 26. Juni

### ■ 03. Juli

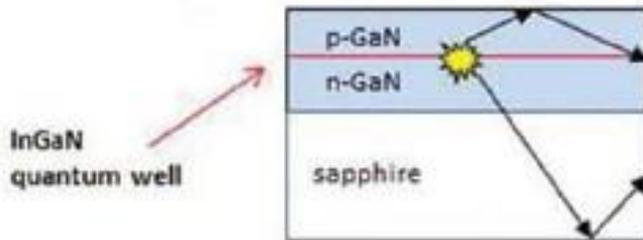
### ■ 10. Juli

### ■ (17. Juli)

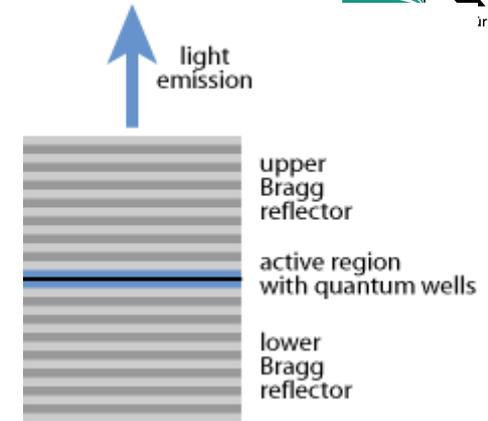
- Übungsblätter und Lösungshinweise werden auf dem ILIAS zur Verfügung gestellt.

# Optik in Halbleiterbauelementen: Reflexion und Wellenleitung

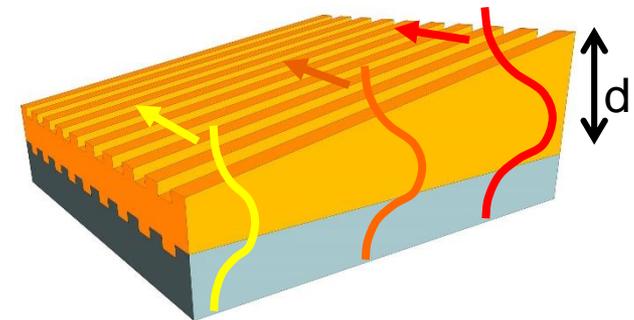
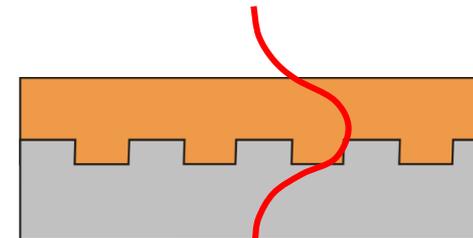
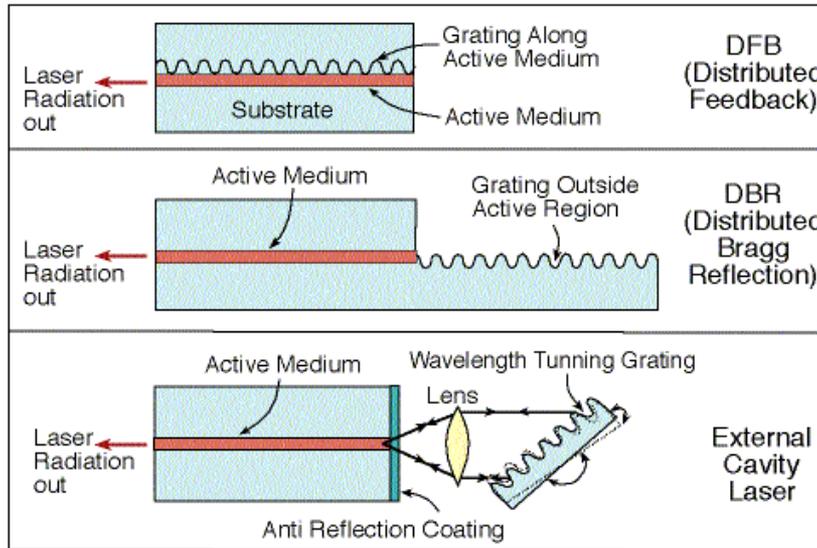
## Einige Beispiele aus der Optoelektronik:



Quelle: nap.edu



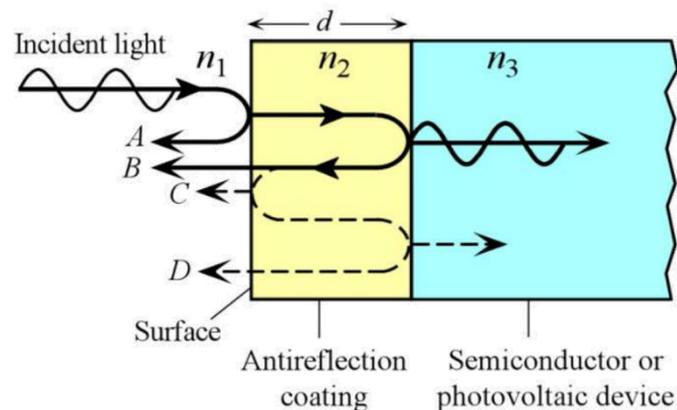
Quelle: rp-photonics.com



Quelle: Thesis. S. Klinkhammer, LTI KIT

# Aufgabe 1 – Antireflexschichtbeschichtungen

- a) Betrachten Sie das untenstehende System aus drei dielektrischen Medien mit flachen und parallelen Grenzflächen mit den Brechungsindizes  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$ . Leiten Sie eine Bedingung für den Brechungsindex  $n_2$  und die Dicke  $d$  her, sodass die Reflexion des einfallenden Strahls minimiert wird. Betrachten Sie hierbei nur die Strahlen A und B und vernachlässigen Sie Vielfachreflexion.
- b) Wie hoch ist die Reflexion an einer GaAs-LED (Wellenlänge 800nm,  $n=3.6$ ) ohne Antireflexschicht (ARS). Welchen Brechungsindex und Dicke sollte eine ARS haben?



## Aufgabe 2 – Antireflexschichtbeschichtungen

- Der Reflexionsgrad für eine beliebige  $\frac{\lambda}{4}$ -Schicht kann mithilfe der

Transfermatrixmethode berechnet werden zu:  $R = \left[ \frac{n_2^2 - n_1 n_3}{n_2^2 + n_1 n_3} \right]^2$

Betrachten Sie nun eine Si-Photodiode (Brechungsindex 3.5), die für den Betrieb bei 900nm konstruiert wurde. Als mögliche Antireflexbeschichtungen (AR) kommt Siliziumdioxid mit einem Brechungsindex von 1.5 und Titandioxid mit einem Brechungsindex von 2.3 in Frage. Welches Material würden Sie benutzen? Welche Dicke sollte die Antireflexbeschichtung haben?

Welcher Brechungsindex wäre eigentlich ideal für die AR-Beschichtung?

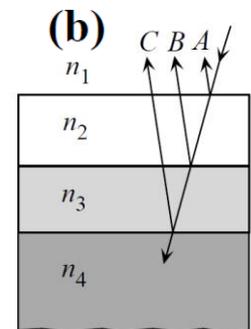
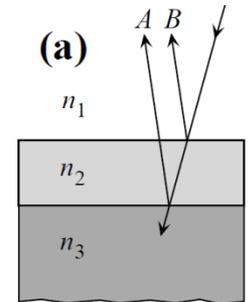
Eine Einführung in die Transfermatrixmethode befindet sich im Ilias unter: “Transfermatrixmethode\_Formeln\_und\_Herleitung“

# Aufgabe 3 – AR Einfach- und Doppelschicht

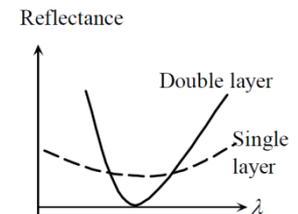
- Für eine einlagige AR-Beschichtung Abb. (a) steht oft zur Beschichtung kein Material mit geeignetem Brechungsindex zur Verfügung. Doppellagige Antireflexbeschichtungen, wie in Abb.(b) dargestellt können für eine stärkere und schärfere Reflektionsunterdrückung von Vorteil sein (siehe Abb. (c) ). Der Reflexionsgrad einer solchen Schicht kann durch die Transfermatrixmethode berechnet werden und ist gegeben

$$\text{durch: } R = \left[ \frac{n_3^2 n_1 - n_4 n_2^2}{n_3^2 n_1 + n_4 n_2^2} \right]^2$$

Eine solche doppellagige Beschichtung zeigt als Funktion der Wellenlänge eine V-artige Reflektion und wird auch als V-Coating bezeichnet.



(c)



# Aufgabe 3 – AR Einfach- und Doppelschicht

- a) Zeigen Sie, dass für die doppelagige Beschichtung die Reflektion verschwindet falls

$$\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2 = \frac{n_1}{n_4}$$

- b) Betrachten Sie ein InGaAs Halbleiterkristall mit einem Brechungsindex von 3.8, der als Photodetektor verwendet wird. Welche 2 Materialien aus der Tabelle würden Sie für ein V-coating verwenden?

## Typische Materialien und Brechungsindizes für AR Schichten

	MgF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeF <sub>3</sub>	SiO	ZrO <sub>2</sub>	ZnS	TiO <sub>2</sub>	CdS
n	1.38	1.46	1.65	1.65	2.0	2.05	2.35	2.35	2.60

# Aufgabe 4 – Wellenleiter I, Strahlenoptik

- a) Geben Sie den maximalen Akzeptanzwinkel ( $\theta_0$ ) einer Glasfaser als Funktion der Brechungsindizes an.
- b) Sie möchten einen Strahl mit einem Durchmesser von 1cm in eine Faser ( $n_1 = 1.44$  und  $n_2 = 1.43$ ) mit Hilfe einer Linse einkoppeln. Welche Brennweite sollten Sie mindestens verwenden?

