

Optoelektronik – Übung 2

Sommersemester 2018

LICHTTECHNISCHES INSTITUT (LTI)



Organisatorisches

■ Übungsleiter

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



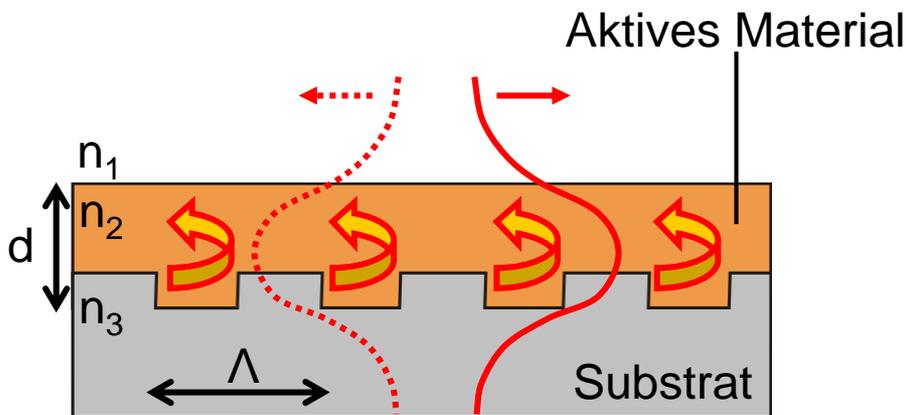
■ Termine: 6-7 Übungen, Dienstags 9:45 – 11:15

- 15. Mai
- **29. Mai**
- 12. Juni
- 26. Juni
- 03. Juli
- 10. Juli
- (17. Juli)

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

Aufgabe 1 – Wellenleiter II, Wellenoptik

- Beispiel: Distributed Feedback Resonatoren
- Bragg-Streuung in Schichtwellenleiter durch Brechungsindexmodulation
- Engl. Distributed Feedback (DFB)



Bragg-
Ordnung

Gitterperiode

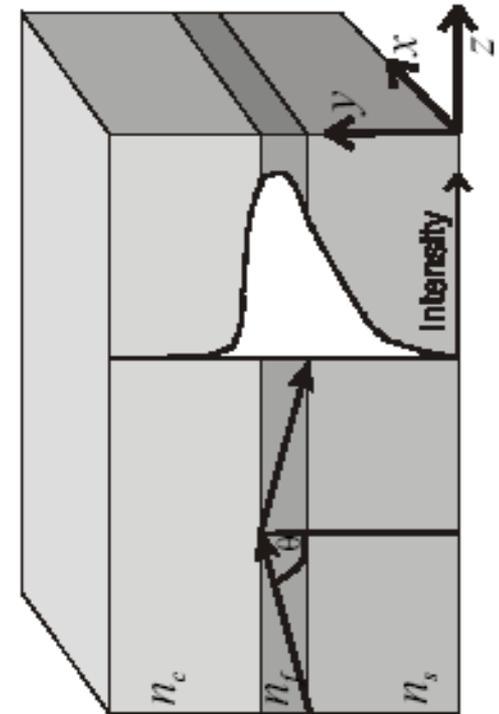
$$m \lambda_{\text{Laser}} \approx m \lambda_{\text{Bragg}} = 2 \Lambda n_{\text{eff}}$$

Effektiver Brechungsindex
 $f(n_i, d, \dots)$

Aufgabe 1 – Wellenleiter II, Wellenoptik

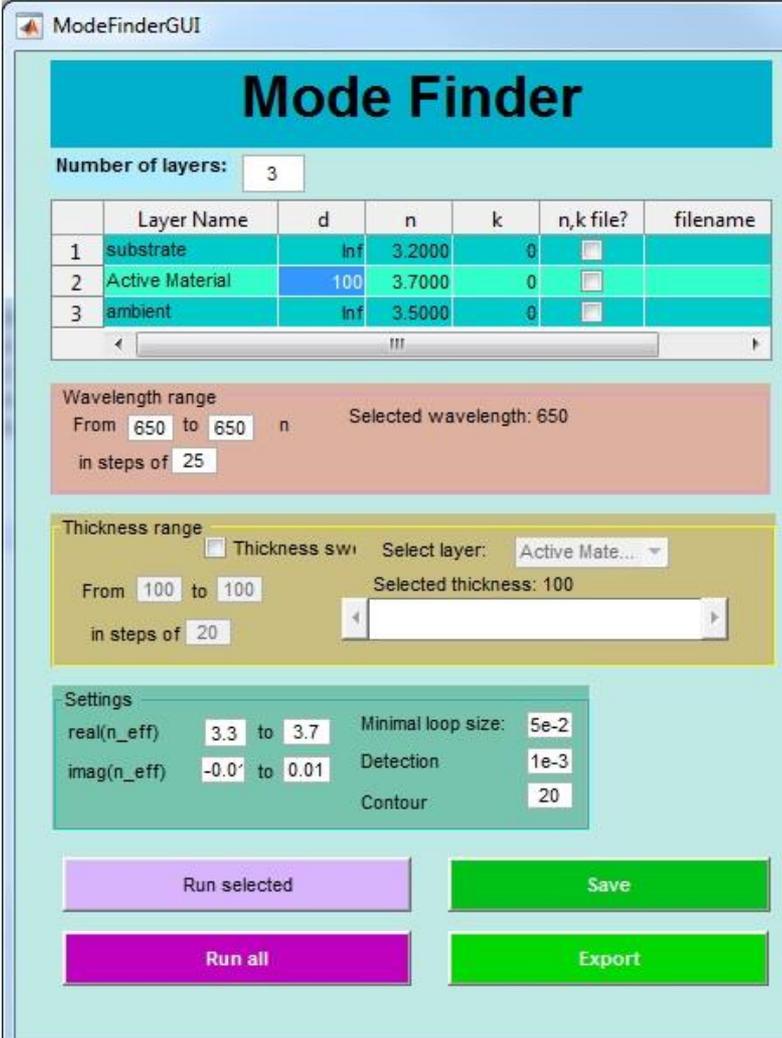
- Berechnen sie die effektiven Brechungsindices mit dem Matlab Program Modfinder.gui, das sich auf dem Ilias befindet für die Brechungsindices in den Teilaufgaben a),b) und c). Die mittlere Wellenleiterschicht soll hierbei eine Dicke von 100 nm haben, die Randschichten werden als unendlich ausgedehnt angenommen. Die zu auswertende Wellenlänge liegt bei 650nm (siehe Einstellungen auf der folgenden Seite). Skizzieren sie zudem die $|E|^2$ der TE_0 Mode. Welche Laserwellenlänge würde sich für ein DFB-laser 1.Ordnung mit einer von Periode 120 nm ergeben.

- a) $n_c = 3.2$; $n_f = 3.7+0.0001i$; $n_s = 3.5$
- b) $n_c = 3.2$; $n_f = 3.7+0.0001i$; $n_s = 3.2$
- c) $n_c = 3.2$; $n_f = 3.7+0.0001i$; $n_s = 2.5$



Aufgabe 1 – Wellenleiter II, Wellenoptik

- Einstellungen im Modefinder.gui:
- $\text{real}(n_{\text{eff}}) = 2.5$ to 3.75
- $\text{Image}(n_{\text{eff}}) = 0.00$ to $+0.01$
- Minimal loop size: $5e-3$
- Detection: $1e-4$
- Contour: 20



ModeFinderGUI

Mode Finder

Number of layers: 3

	Layer Name	d	n	k	n,k file?	filename
1	substrate	inf	3.2000	0	<input type="checkbox"/>	
2	Active Material	100	3.7000	0	<input type="checkbox"/>	
3	ambient	inf	3.5000	0	<input type="checkbox"/>	

Wavelength range
 From 650 to 650 nm Selected wavelength: 650
 in steps of 25

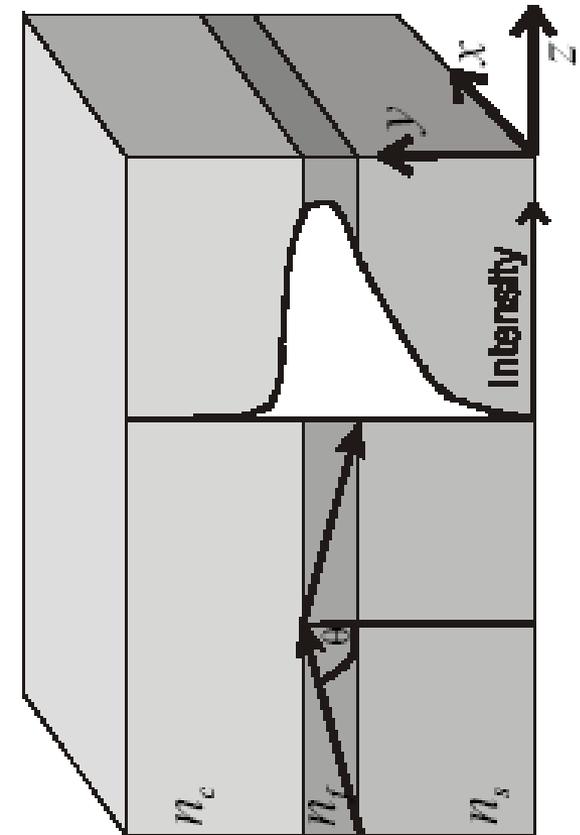
Thickness range
 Thickness swi Select layer: Active Mate...
 From 100 to 100 Selected thickness: 100
 in steps of 20

Settings
 real(n_{eff}) 3.3 to 3.7 Minimal loop size: 5e-2
 imag(n_{eff}) -0.0 to 0.01 Detection: 1e-3
 Contour: 20

Run selected Save
 Run all Export

Aufgabe 1 – Wellenleiter II, Wellenoptik

- d) Lassen Sie nun einen Schichtdickensweep der mittleren Schicht von 50nm bis 800nm in Schritten von 25nm mit den Brechungsindexwerten aus Teil a) laufen. Ab welcher Dicke existiert eine TE-Mode. Ab welcher Dicke gibt es höhere TE-Moden?



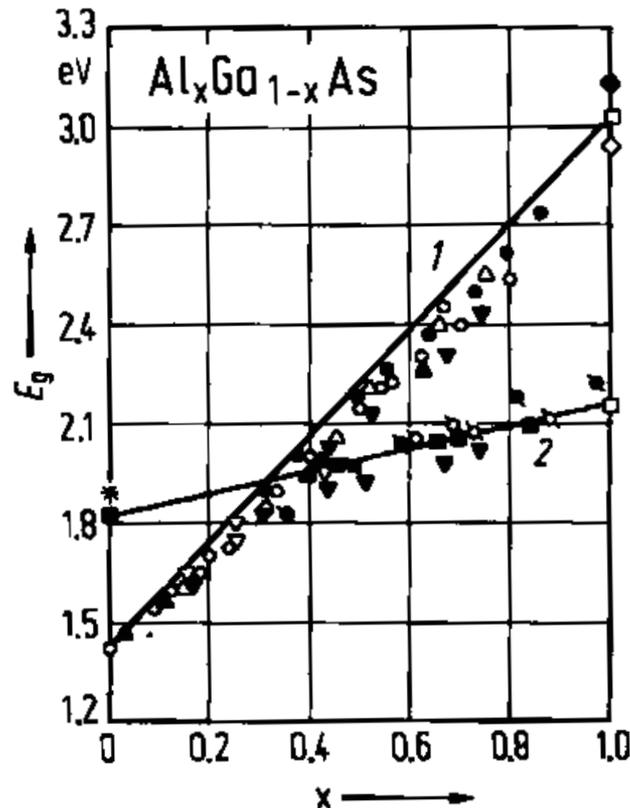
Aufgabe 2 – Materialien in der Optoelektronik

- a) Welcher wesentliche Unterschied besteht bezüglich der Energielevels zwischen Festkörper- und Diodenlasern?
- b) Nenne wesentliche Unterschiede zwischen Diodenlasern und Gas/Festkörperlasern. Gebe einige Beispiele für Anwendungen der jeweiligen Lasertypen

- Für welche Wellenlängen von Diodenlasern benutzt man die folgenden Materialsysteme:
 - c) InP/InGaAsP:
 - d) GaAs/AlGaAs:
 - e) GaInN:
 - f) AlGaN:

Aufgabe 3 – Materialkomposition

- Ein LED-Hersteller soll Leuchtdioden mit einer Wellenlänge von 650 nm produzieren und wählt dafür $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ als Material aus. Welche Legierung muss er als Schicht herstellen?



$$E_G = 1.425 \text{ eV} + 1.247 x \text{ eV}$$

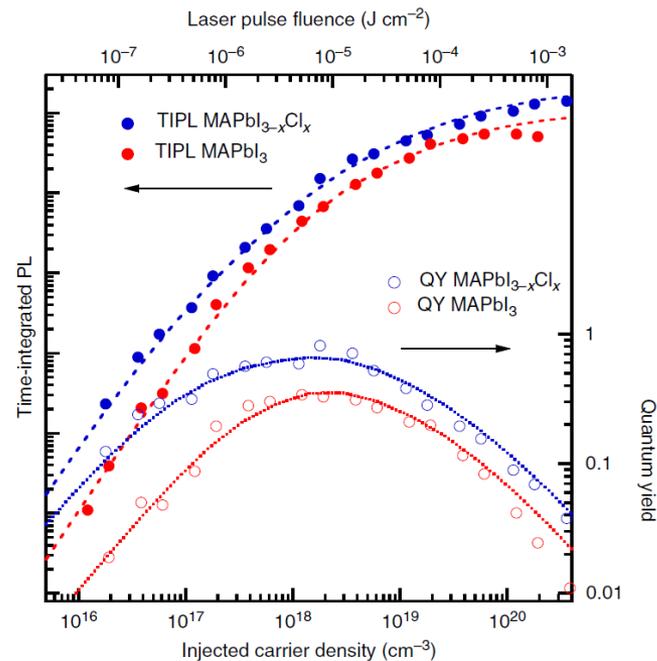
Aufgabe 4 – Bandstruktur $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$

- Im direkten Halbleiter $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ kann die Bandstruktur im Bereich der Bandlücke durch folgende Parameter beschrieben werden:
 - $E_{C,0} = -5,905 \text{ eV}$
 - $E_{V,0} = -6,667 \text{ eV}$
 - Effektive Masse der Elektronen $m_e^* = 0,0436 m_0$
 - Effektive Masse der Löcher $m_h^* = 0,4287 m_0$

- a) Skizzieren Sie die Bandstruktur.
- b) Welche maximale Wellenlänge hat emittiertes Licht dieses HL?
- c) Ein Elektron mit dem Impuls $5,806 \cdot 10^{-26} \text{ kgms}^{-1}$ rekombiniert strahlend. Welche Wellenlänge hat das emittierte Photon?

Aufgabe 5 – Rekombinationsprozesse

- a) Beschreiben Sie kurz die wichtigsten Rekombinationsprozesse in Halbleitern. Wie hängen diese von der Ladungsträgerdichte ab? Wie würden Sie die Ladungsträgerdichte als Funktion der Zeit modellieren?
- b) Erklären Sie mit den verschiedenen Rekombinationsprozessen den Verlauf der Photolumineszenz Quantenausbeute (Quantum Yield) als Funktion der Ladungsträgerdichte in unterem Schaubild.



NATURE COMMUNICATIONS | 5:5049 | DOI: 10.1038/ncomms6049

Aufgabe 5 – Rekombinationsprozesse

- In einer Doppelheterostruktur-LED mit einer Emissionswellenlänge von $1.55 \mu\text{m}$ soll eine optische Leistung von 1 mW erzeugt werden (Dicke der Schicht: 100 nm, Querschnitt $1 \times 1 \text{ mm}^2$).

Die Rekombinationskoeffizienten betragen:

- Monomolekulare Rekombination (Traps, Grenzflächen): $A = 5 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$,
 - Strahlende Übergänge: $B = 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$,
 - Auger-Rekombination: $C = 6 \cdot 10^{-29} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$.
- c) Mit welchem Strom muss die LED betrieben werden?
- d) Wie groß ist die Quantenausbeute?