

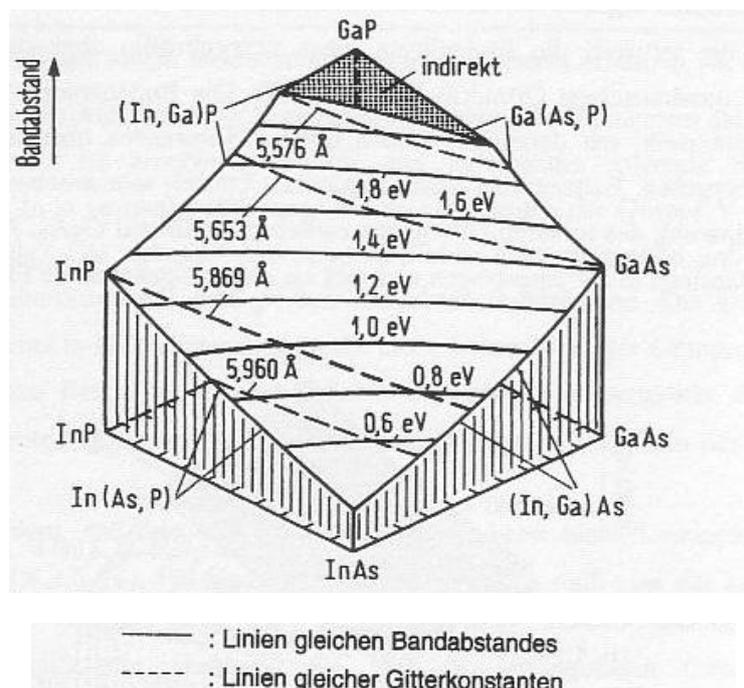
Optoelektronik I

Übung Nr. 4

Aufgabe 1: Quaternäre Halbleiter-Mischreihen: wichtige Materialeigenschaften

Quaternäre Verbindungshalbleiter (oder Mischungshalbleiter) sind aus 4 Atomsorten aufgebaut. Ein Vertreter dieser quaternären Mischungshalbleiter ist $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$.

- a) Nennen Sie bitte die Arten der Mischungshalbleiter, welche sich mit den III-V-Halbleitern bilden lassen.
- b) Bitte zählen Sie die Eigenschaften der Halbleiterkristalle auf, welche sich durch Änderung der Mischungsparameter (x,y) beeinflussen bzw. einstellen lassen.
- c) Was muss unbedingt beim Wachstum (der Herstellung) der Halbleiterschichten beachtet werden. Welche beiden Parameter müssen für die verschiedenen Schichten übereinstimmen?
- d) In der Abbildung ist ein Diagramm zu sehen, welchen den Bandabstand der quaternären Verbindung $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ angibt. Bitte bestimmen Sie ungefähr die Mischungsparameter x und y so, dass die der Halbleiter Rekombinationsstrahlung von $\lambda=1,2\mu\text{m}$ erzeugen kann und eine Gitterkonstante von $0,5869\text{nm}$ zeigt (Wachstum auf InP-Substrat möglich).



Quelle: Wagemann: „Grundlagen der optoelektronischen Halbleiterbauelemente“

Aufgabe 2: Wechselwirkung von Licht und Halbleiter

Bitte nennen Sie die drei wesentlichen Wechselwirkungen von Licht mit dem Halbleiter.

- Welcher dieser Wechselwirkungsprozesse ist für i) die Photodiode, II) die LED und iii) den Laser von Bedeutung.
- Erklären Sie den Begriff der Injektionslumineszenz.
- Was ist Fundamentalabsorption?
- Warum kann Si nicht effizient leuchten?
- Zeichnen Sie bitte den typischen Verlauf des Absorptionskoeffizienten eines direkten Halbleiters als Funktion der Energie der eingestrahlteten Photonen $\alpha = \alpha(hf)$. Welche mathematische Funktion beschreibt diesen Verlauf?

Aufgabe 3: Bedingungen für effiziente Lumineszenz.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist Lumineszenz aus einem Halbleiter möglich.

- Nennen Sie bitte die zwei Voraussetzungen dafür, dass strahlende Rekombination (Lumineszenz) aus einem Halbleiter möglich ist.
- Was verstehen wir unter einem Halbleiter im thermischen Gleichgewicht?
- Was zeichnet einen Halbleiter im Nichtgleichgewichtszustand (angeregter Zustand) aus?
- Wie kann man sehr effizient ein Nichtgleichgewichtszustand zwischen Elektronen und Löchern technisch erzeugen?
- Definieren Sie bitte mit Hilfe einer Formel den Gleichgewichtszustand und den Nichtgleichgewichtszustand (angeregter Zustand) eines Halbleiters.

Aufgabe 4: Ladungsträgerlebensdauern und interner Wirkungsgrad.

Angeregte Elektronen und Löcher (im Nichtgleichgewichtszustand) rekombinieren, um einen Gleichgewicht zwischen Elektronen und Löchern herzustellen.

- Bitte nennen Sie mindestens einen Kanal der strahlenden Rekombination und einen Kanal der nichtstrahlenden Rekombination.
- Definieren Sie die Größe Rekombinationsrate als Funktion der Lebensdauer und der Dichte der Überschuss-Ladungsträger.
- In einem Halbleiter kann ein angeregtes Elektron mit einem Loch strahlend (Lebensdauer im angeregten Zustand $\tau_s = 50\text{ns}$) und nichtstrahlend (Lebensdauer des angeregten Zustands $\tau_s = 100\text{ms}$) rekombinieren. Berechnen Sie die Lebensdauer des angeregten Zustandes und den internen Wirkungsgrad unter der Annahme beide Rekombinationskanäle sind möglich.