

1) Frequenzkamm

- a) Wie entsteht ein Frequenzkamm?
- b) Wie lässt sich mit einem Frequenzkamm die Absolut-Frequenz einer optischen Strahlung bestimmen?
- c) Wie lässt sich die Frequenz von Laserstrahlung verdoppeln? Warum ist dies für die Absolutmessung der Frequenz notwendig?

2) Stabilität von Lasern

- a) Bei einem Laserresonator mögen die Endspiegel durch Stahlstangen der Länge $L = 1$ m mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ miteinander verbunden sein. Um wieviel ändert sich die Laserfrequenz $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ bei einer Temperaturänderung von $\Delta T = 1 \text{ K}$?
- b) Die Laserwelle möge im Resonator 40 cm pro Umlauf durch Luft bei Atmosphärendruck laufen. Um wieviel verschiebt sich die Laserfrequenz, wenn sich der Luftdruck um 10 mbar ändert?

Anmerkung: Der Brechungsindex n hängt von der Dichte der Luftmoleküle N ab $n = 1 + a \cdot N$, wobei a ein konstanter Faktor ist.

3) Halbleiterlaser

In der Halbleitertechnologie können Quantentöpfe (*Quantum wells*) realisiert werden, indem eine Schicht eines Halbleiters mit kleinerer Bandlücke zwischen zwei Schichten eines Halbleiters größerer Bandlücke eingebracht wird. Damit lassen sich Halbleiterlaser herstellen. Ein Beispielsystem ist die $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -GaAs- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ -Heterostruktur. Die direkte Energielücke in diesem Material wird im Bereich $x < 0.45$ gut durch

$$E_g(x) = (1.424 + 1.247x) \text{ eV}$$

beschrieben. In diesem Material soll mittels *Quantum Confinement* ein Laser hergestellt werden, dessen Emission im roten Spektralbereich bei $\lambda = 700 \text{ nm}$ liegt. Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass sich die Ladungsträger in der GaAs-Schicht in der z -Richtung nur zwischen zwei unendlich hohen Potenzialbarrieren im Abstand L bewegen können. Ferner soll es sich bei dem Laser-Übergang um einen elektronischen Übergang aus einem Elektronenzustand im Leitungsband ($m_e^* = 0.07m_e$) in einen schweren Lochzustand ($m_{hh}^* = 0.68m_e$) im Valenzband handeln. Wie groß muss die Breite L des GaAs Quantentopfs sein, damit der Laser bei der gewünschten Wellenlänge emittiert?

Hinweis: Die Energien im unendlichen Potentialtopf müssen nicht hergeleitet werden, sondern können aus der QM-Vorlesung/Internet benutzt werden.