Laserphysik

WS 2018/19 **10 . Übung** **15.01.2019**

Aufgabe 1

Halbleiterlaser

Ein in CD-Spielern verwendeter Halbleiterlaser hat folgende Daten: Emissionswellenlänge $\lambda = 780$ nm, optische Leistung (pro Austrittsfläche) $P = 5$ mW, Schwellenstrom $I_{\text{th}} = 30$ mA, differentieller Quantenwirkungsgrad (pro Fläche) $\eta_{\text{diff}} = 25\%$, Serienwiderstand $R = 4\,\Omega$. Wie groß ist die zugeführte elektrische Leistung P_{el} ?

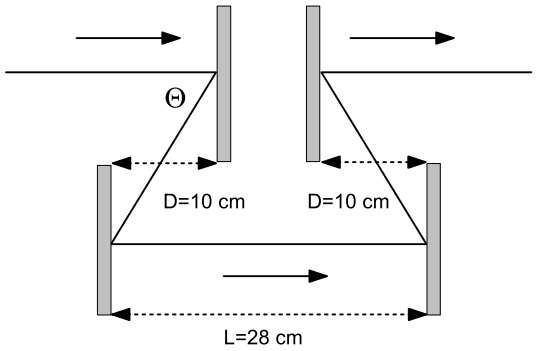
Aufgabe 2

Gitterkompressor

Wir betrachten einen Gitterkompressor (siehe Skizze) bestehend aus 4 identischen, parallel orientierten Reflexionsgittern mit jeweils 300 Linien/mm. Die Abstände zwischen den Gittern sind durch die gestrichelten Pfeile in der Skizze gegeben.

a) Berechnen Sie die Dispersion des Kompressors, d.h. die optische Weglänge als Funktion der Wellenlänge λ.

b) Es wird nun ein bandbreitebegrenzter gaußförmiger Lichtimpuls (Spitzenintensität $I_0 = 1$ GW cm^{-2}, Dauer $t_p = 100$ fs, Zentralwellenlänge $\lambda_c = 800$ nm) durch diesen Kompressor geschickt. Berechnen Sie die Amplitude $A(t)$ und Phase $\phi(t)$ des elektrischen Feldes des transmittierten Lichtimpulses.



Aufgabe 3

Quantenkaskadenlaser

In einem Quantenkaskadenlaser (QCL) durchlaufen alle Elektronen (Flächendichte: $N_A = 10^{11}$ cm^{-2} pro $L_{\text{per}} = 40$ nm langer Periode) sequentiell das obere Laserniveau (nichtstrahlende Lebensdauer: $\tau = 2$ ps) von 30 Perioden. Der Übergang bei $\lambda = 10$ μm in das untere Laserniveau hat ein Dipolmoment von $d = e_0 \times 2$ nm und ist homogen verbreitert mit $\Delta\nu = 1$ THz. Im Gegensatz zu einem konventionellen Interband-Halbleiterlaser gehorcht die Besetzungsinversion der Gleichung $\Delta n = j\ \tau/e_0\ L_{\text{per}}$ mit der Stromdichte j und der Elementarladung e_0.

a) Bei welcher Schwellenstromdichte j_{th} (Einheit: kA cm^{-2}) werden die Verluste von $\alpha = 50$ cm^{-1} eines Wellenleiters mit Brechungsindex $n = 3.3$ ausgeglichen ?

b) Wo liegt die Schwelle, wenn an beiden Auskoppelflächen 50 % transmittiert werden ?

c) Wie lang ist ein Laser, in dem nur eine longitudinale Mode anschwingt, und wo liegt dessen Schwelle ?

Aufgabe 4

Laser im stationären Betrieb

Ein Festkörperlaser der Länge $L = 15$ cm besteht aus einem aktiven Medium mit einem Emissionswirkungsquerschnitt von $\sigma = 10^{-19}$ cm^2 und nichtresonanten Verlusten $\alpha = 0.1$ cm^{-1} in einem Fabry-Perot-Resonator, dessen Spiegel Reflektivitäten von $R_1 = 0.9$ und $R_2 = 1$ aufweisen. Berechnen Sie die Schwelleninversion des Lasers. Wie groß ist für diese Inversion die Verstärkung des Mediums im Einfachdurchgang ?