Prof. Dr. U. Keller SS 2007

Übungsblatt 12 zur Quantenelektronik I

Bereitgestellt: 11.06.07 Abgabe: 18.06.07 Rückgabe: 19.06.07

Aufgabe 1 Elektro-optischer Effekt

Das in der nichtlinearen Optik häufig gebrauchte Material $LiNbO_3$ bildet uniaxiale Kristalle mit der optischen Achse entlang der z-Richtung. Wird an einen $LiNbO_3$-Kristall über zwei Elektroden mit Abstand d = 1 mm eine Spannung U angelegt, so dass ein (statisches) elektrisches Feld der Stärke $E_z = U/d$ in z-Richtung entsteht, dann ändern sich die Brechungsindizes für die verschiedenen Polarisationsrichtungen gemäss $\Delta(1/n_x^2) = \Delta(1/n_y^2) = r_{13}E_z$ und $\Delta(1/n_z^2) = r_{33}E_z$ mit den elektro-optischen Koeffizienten r_{13} = 8.6 pm/V und r_{33} = 30.8 pm/V. Ohne elektrisches Feld sind die Brechungsindizes bei 1064 nm $n_x = n_y = 2.232$ und $n_z = 2.156$.

a) Wie stark ändert sich die Phasenverschiebung, die ein Strahl mit 1064 nm Wellenlänge beim Durchgang in y-Richtung durch einen 1 cm langen $LiNbO_3$-Kristall erfährt, wenn der Strahl in x-Richtung bzw. in z-Richtung polarisiert ist und eine Spannung von 100 V angelegt wird?

b) Wir betrachten nun den Fall, dass die Polarisation des einfallenden Strahls unter 45° zur $x-$ und z-Achse steht. Zeigen Sie, dass dann die Polarisation nur für bestimmte angelegte Spannungen linear ist, und berechnen Sie diese Werte.

c) Wenn wir in der Situation von Teil b) einen Polarisator hinter dem Kristall verwenden, erhalten wir einen Amplitudenmodulator. Berechnen Sie den Anteil der vom Polarisator durchgelassenen Leistung als Funktion der angelegten Spannung U und der Orientierung des Polarisators (Winkel α der durchgelassenen Polarisationskomponente zur x-Achse). Diskutieren Sie das Resultat.

d) Die Brechungsindizes sind auch temperaturabhängig: $\partial n_x / \partial T$ = 5.3·10^{-6} /K und $\partial n_z / \partial T$ = 39·10^{-6} /K. Welcher Spannungsänderung entspricht in Teil c) einer Temperaturänderung von 1 K?

Aufgabe 2 Bandbreite von λ/2-Plättchen

a) Wir betrachten ein λ/2-Plättchen aus Quarz für 590 nm. Wie im Skript (Kapitel 7.7.3) berechnet, beträgt die Dicke eines Plättchens 0-ter Ordnung 29.5 µm. Schätzen Sie ab, wie gross der Wellenlängenbereich ist, in dem das Plättchen funktioniert. Gegeben sind die Grössen $\frac{\partial n_o}{\partial \lambda}$ = -0.0266 /µm und $\frac{\partial n_e}{\partial \lambda}$ = -0.0281 /µm. Als akzeptabel gelte eine Abweichung der relativen Phasenverschiebung von π/100.

b) Da ein Plättchen mit 29.5 µm Dicke schwierig herzustellen ist, verwendet man manchmal Plättchen höherer Ordnung. Welche Auswirkungen hat das auf den nutzbaren Wellenlängen- und Temperaturbereich?

c) In der Praxis werden λ/2-Plättchen oft hergestellt, indem zwei "dicke" Quarzplättchen miteinander verbunden werden (z. B. mit einem optischen Zement), deren optische Achsen einen Winkel von 90° einschliessen. Der Dickenunterschied wird so gewählt, dass wieder die gewünschte Veränderung der Polarisation erhalten wird. Wie vergleicht sich der nutzbare Wellenlängenbereich mit den in Teil a) und b) diskutierten Plättchen?