

四訂水谷研究室物理学基礎知識例題

合格点 = 3

(第 8 回; 非線形光学)

1. 二次の非線形分極は、二次の非線形感受率 $\chi_{ijk}^{(2)}$ を用いて

$$P_{\text{NLS},i}^{(2)} = \chi_{ijk}^{(2)} E_j E_k$$

2. 閃亜鉛鉱型の結晶について許容な二次の非線形感受率成分は、

$$\chi_{xyz}^{(2)}$$

と、その添え字を任意に入れ替えたものである。

3. 金属表面などで許容な表面の二次の非線形感受率成分は、

$$\chi_{zzz}^{(2)}, \chi_{zxx}^{(2)}, \chi_{zyy}^{(2)}, \chi_{xzx}^{(2)}, \chi_{yzy}^{(2)}$$

である。

4. 非線形分極により発生する電磁波はマックスウェル方程式

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} + \frac{\epsilon}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}_{\text{NLS}}}{\partial t^2}$$

に従う。

5. SHG の場合位相不整合の値は、

$$\Delta \vec{k} = \vec{k}_T - \vec{k}_S$$

と書かれる。ここで k_T は homogeneous wave の波数ベクトル k_S は inhomogeneous wave の波数ベクトル。この時のコヒーレント長さは

$$l_{\text{coh}} = \frac{1}{|\Delta \vec{k}|}$$

となる。この時発生する電磁波振幅はこの周期で空間的に振動する。

この振動を、試料を回転することにより見たものを Maker fringe という。

6. 基本光が媒質に入射した時の、 k_S, k_T を作図せよ。(答えは Bloembergen の 77 頁。なお、この時、基本光、非線形分極、強制振動波、自由振動波の k ベクトルの方向はそれぞれどれか?)

7. 非線形な反射光の振幅を求めるには、強制振動波、自由振動波、非線形な反射光、の 3 つの間で、表面と平行方向の電場および磁場が連続であるという Maxwell の境界条件を用いる。これは線形な場合と同じである。

8. SHG 分極は対称性の破れている方向に発生する。これを求めるために、質点 m の変位 z の強制振動の振幅を、

$$m\ddot{z} + m\omega_0^2 z + 3ma_3 z^2 = F e^{-i\omega t}$$

を摂動法で解いて 2ω の変位の振幅を求めよ。ただし、 a_3 を1次の微小量とする。

9.半導体の二次の非線形感受率と線形感受率とで定義されるミラーの係数

$$\Delta_{ijk} = \frac{\chi_{ijk}^{(2)}(\omega_3 = \omega_1 + \omega_2)}{\chi_{ii}^{(1)}(\omega_3)\chi_{jj}^{(1)}(\omega_1)\chi_{kk}^{(1)}(\omega_2)}$$

は $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ の値に関係なく一定である。これをミラーの法則という。

10.長波長の極限においては、非線形感受率

$$\chi_{ijk}^{(2)}(\omega_3 = \omega_1 + \omega_2)$$

の値はijkを入れ替えても変わらない。これをKleinmann's symmetryという。

11. $\omega_1, \omega_2 = \omega_1 - \omega_{\text{phonon}}$ の周波数の2本のコヒーレントな光を媒質に入射させた時に ω_2 の光が増幅される効果を誘導ラマン効果とよぶ。 ω_{phonon} は媒質中のフォノンの周波数である。

12.Self Focusingとはなにか、説明せよ。

13.Self-Induced Transparencyとはなにか、説明せよ。

14.二光子吸収とは、2つの光子が同時に吸収されることをいう。1光子が吸収されるとそこに仮想準位ができ、緩和を経ずにただちに、その仮想準位から終状態に遷移する。途中で緩和がおき仮想準位から一旦実準位に移れば、それはカスケード的に二光子が吸収したという。

15.四光波混合とはなにか、説明せよ。

16.CARSとは、Coherent Anti-Stokes Raman Scatteringの略である。

17.Q-switched Nd:YAGレーザーの発振原理をのべよ。

18.水谷研にあるピコ秒レーザーの発振の原理を述べよ。

19.OPOとはなんの略か？水谷研にあるOPOの発振の原理を述べよ。