

電磁気学III 試験問題

1 電磁波のかたより

講義中に使ったレーザーポインターの光のように指向性のよいレーザー光で、次のような実験を行った。それぞれの場合について問いに答えよ。なお、実験は大気中で行なったが、空気の誘電率と透磁率は真空中の値で近似し、それぞれ ϵ_0, μ_0 を記号として使いなさい。

1.1 マクスウェルの方程式 (10 点)

式(1)に示した自由空間のマクスウェル方程式を参考にして、 z 軸方向に進む直線偏光の電場が $\mathbf{E} = (E_0, 0, 0) \cos(kz - \omega t)$ で表される場合の磁場 \mathbf{B} を求め、この光ビームのポインティングベクトル ($\mathbf{E} \times \mathbf{H}$) を求めよ。

$$\text{rot } \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0, \quad \text{rot } \mathbf{H} - \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = 0, \quad \text{div } \mathbf{D} = 0, \quad \text{div } \mathbf{B} = 0 \quad (1)$$

1.2 直線偏光分配器 (15 点)

講義で使った直線偏光板に類する図1に示すような直線偏光素子を使う。つまり紙面に垂直な直線偏光 (\odot) と紙面に平行な直線偏光 (\updownarrow) を含むレーザー光を素子に照射すると、紙面に垂直な直線偏光は進行方向を 90° 偏向させられ、紙面に平行な直線偏光は進行方向を変えずに進む。

さて、 $\mathbf{E} = (E_x, E_y, 0) \cos(kz - \omega t)$ [E_x, E_y は実定数] の光を照射し、図1のように2つの検出器で素子の後の光の強度 [W] を測定した。光強度はポインティングベクトルの大きさに比例する。それぞれの光ビームの強度比を求めよ。また、 $E_x = E_y$ のとき直線偏光素子 (直線偏光分配器) 入射前の電場ベクトルを波の $1/4$ 周期ごとに図にし、電場ベクトルの時間変化を示せ。

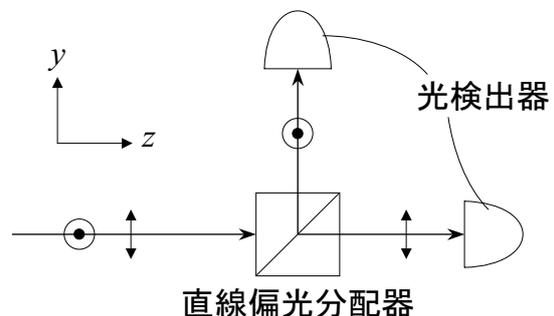


図1: 直線偏光を2つに分配する実験

1.3 偏光変換器 I (15 点)

直線偏光素子の前に図 2 のような透明な結晶板を置いた。つまり、 x 軸の直線偏光は何も変化せずに透過するが、 y 軸に偏向している直線偏光は、光の位相が $\phi_y = \pi$ だけ変化する。この結晶板に入射する光の電場が $E = (E_x, E_y, 0) \cos(kz - \omega t)$ であ

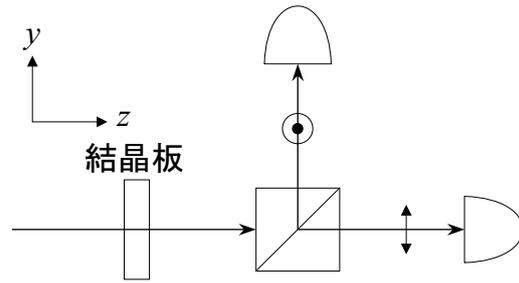


図 2: 直線偏光を変換する実験

るとき、結晶板を通過した光の電場の x 成分が \boxed{a} であるのに対し、 y 成分が \boxed{b} になるので、結晶を通過した光は偏光方向の異なる直線偏光になる。ところで、直線偏光素子と光検出器を使うことによって結晶板の存在を知ることができるであろうか？ 前問と比較しながら根拠を示して意見を書きなさい。

1.4 偏光変換器 II (15 点)

今度は結晶板を変えて、 y 軸に偏向している直線偏光の位相が $\phi_y = \pi/2$ だけ変わるようにした。そのような結晶板に $E = (E_0, E_0, 0) \cos(kz - \omega t)$ の光が入射した。結晶板を通過した光の電場を求めよ。また、電場ベクトルの時間変化を波の $1/4$ 周期ごとに図示せよ。

1.5 偏光に関する現象 (15 点)

直線偏光や円偏光に関する現象の例を挙げ、その現象を電磁気学の観点から説明せよ。次に列挙するキーワードに関する現象について述べてもよい。

[旋光性、反射率、ブリュースタ角、全反射、電気双極子放射、アンテナ]

2 電磁波に関する保存則 (15)

講義で示したように、電磁波ではエネルギーも運動量も定義できる。図 3 のように、電磁波の進行方向に対向して原子が並進運動している。原子は電気双極子が誘起されて、その電磁波を吸収することができる。エネルギー保存則、運動量保存則をふまえて、電磁波の吸収前後の原子の状態について述べよ。

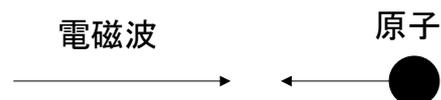


図 3: 原子による電磁波の吸収