１．実験の目的

レーザーを使った簡単な実験によって、光の反射と偏光について学ぶ。また、レーザーの波長を測定する。

２．実験原理

省略

３．実験方法

（１）偏光

半導体レーザーと検出器の間に二枚の偏光板Ａ、Ｂを置き、偏光板Ｂの回転角φを５°ずつ回転させて偏光板を通過したレーザー光の強度を測った。

（２）反射率

半導体レーザー、ガラス板、検出器を図のように配置し、レーザーの偏光方向が実験台に垂直の場合（ｓ偏光）、偏光方向が実験台に平行な場合（ｐ偏光）のそれぞれについて、反射光の強度が入射角θによってどのように変化するのかをθを５°ずつ回転させて測定した。

（３）レーザーの波長

図のように、ヘリウム・ネオンレーザー光を金尺の0.5mm間隔の目盛がついた部分に、入射角が９０°に近くなるように当て、スクリーン上に生じた輝点の位置を測定した。金尺がないときにレーザー光のあたる点を原点として、一番明るい輝点の位置を、それより外側の点の位置を順次、…とし、それよりレーザー光の波長を計算した。

また同様に、レーザー光のあたる部分を0.5mm間隔から1mm間隔に変えたとき、スクリーン上の輝点がどのように変化するか、一番明るい点より内側に点は現れるかどうかを観察した。

４．実験結果

（１）偏光

以下の表に偏光方向と透過容易軸とのなす角φとそのときの光の強度（電圧及びφ＝０°の強度を１としたときの相対強度）を示す。

　　　　　　　　　　　　　　偏光（回転角と強度）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 回転角φ（度） | 出力（Ｖ） | 強度 |  | 回転角φ（度） | 出力（Ｖ） | 強度 |
|  | 0 | 1.261 | 1 |  | 50 | 0.538 | 0.427 |
|  | 5 | 1.238 | 0.982 |  | 55 | 0.449 | 0.356 |
|  | 10 | 1.221 | 0.968 |  | 60 | 0.349 | 0.277 |
|  | 15 | 1.188 | 0.942 |  | 65 | 0.244 | 0.193 |
|  | 20 | 1.125 | 0.892 |  | 70 | 0.167 | 0.132 |
|  | 25 | 1.051 | 0.833 |  | 75 | 0.112 | 0.089 |
|  | 30 | 0.987 | 0.783 |  | 80 | 0.044 | 0.035 |
|  | 35 | 0.875 | 0.694 |  | 85 | 0.024 | 0.019 |
|  | 40 | 0.766 | 0.607 |  | 90 | 0.006 | 0.005 |
|  | 45 | 0.664 | 0.527 |  |  |  |  |

次にこの表をグラフにしたものを示す。

（２）反射率

　以下の表はレーザー光のガラス板に対する入射角、そのときの反射光の強度及び反射率を示す。

偏光方向が実験台に垂直の場合（ｓ偏光）　　　　　　偏光方向が実験台に平行な場合（ｐ偏光）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 入射角θ(度） | 強度（Ｖ） | 反射率 |  | 入射角θ(度） | 強度（Ｖ） | 反射率 |
|  | 0 | 測定不能 | ― |  | 0 | 測定不能 | ― |
|  | 5 | 0.118 | 0.031 |  | 5 | 0.119 | 0.033 |
|  | 10 | 0.119 | 0.031 |  | 10 | 0.114 | 0.031 |
|  | 15 | 0.121 | 0.032 |  | 15 | 0.107 | 0.029 |
|  | 20 | 0.136 | 0.036 |  | 20 | 0.101 | 0.028 |
|  | 25 | 0.155 | 0.041 |  | 25 | 0.093 | 0.025 |
|  | 30 | 0.169 | 0.044 |  | 30 | 0.075 | 0.021 |
|  | 35 | 0.194 | 0.051 |  | 35 | 0.066 | 0.018 |
|  | 40 | 0.206 | 0.054 |  | 40 | 0.051 | 0.014 |
|  | 45 | 0.272 | 0.071 |  | 45 | 0.032 | 0.008 |
|  | 50 | 0.358 | 0.094 |  | 50 | 0.018 | 0.005 |
|  | 55 | 0.461 | 0.121 |  | 55 | 0.008 | 0.002 |
|  | 60 | 0.591 | 0.155 |  | 60 | 0.016 | 0.004 |
|  | 65 | 0.697 | 0.183 |  | 65 | 0.054 | 0.015 |
|  | 70 | 0.937 | 0.246 |  | 70 | 0.133 | 0.036 |
|  | 75 | 1.34 | 0.352 |  | 75 | 0.352 | 0.096 |
|  | 80 | 2.01 | 0.528 |  | 80 | 0.781 | 0.214 |
|  | 85 | 2.71 | 0.711 |  | 85 | 1.781 | 0.488 |
|  | 90 | 3.81 | 1 |  | 90 | 3.65 | 1 |

次にこの表をグラフにしたものを示す。

（３）レーザーの波長

　以下の表にこの実験の結果およびレーザーの波長を求めるのに必要な諸値を示す。

0 5mm間隔 1.0mm間隔

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | m |  |  |  | m |  |  |
|  | 0 | 2.65 | ― |  | 0 | 5.72 | ― |
|  | 1 | 4.09 | 5.89 |  | 1 | 6.22 | 3.11 |
|  | 2 | 5.01 | 5.91 |  | 2 | 6.77 | 3.55 |
|  | 3 | 5.65 | 5.65 |  | 3 | 7.12 | 3.32 |
|  | 4 | 6.37 | 5.92 |  | 4 | 7.46 | 3.25 |
|  | 5 | 6.91 | 5.89 |  | 5 | 7.81 | 3.26 |
|  | 6 | 7.57 | 6.21 |  | 6 | 8.08 | 3.18 |
|  | 7 | 7.92 | 5.96 |  | 7 | 8.42 | 3.34 |
|  | 8 | 8.34 | 5.93 |  | 8 | 8.68 | 3.21 |
|  | 9 | 8.76 | 5.95 |  | 9 | 9.01 | 3.29 |
|  | 10 | 9.14 | 5.93 |  | 10 | 9.26 | 2.96 |

Ｌは、0.5mm間隔のとき48.7cm、1.0mm間隔のとき50.4cmであった。

ここで

　にそれぞれの値を代入することにより

　0.5mm間隔のとき、

1.0mm間隔のとき、とレーザーの波長が求まった。

また、ｄを０.５ｍｍから１ｍｍに変えた時、輝点の間隔が狭くなり、一番明るい輝点よりも内側に点が現れたことが観察できた。

５．考察

（１）偏光

　自然光にはさまざまな方向に振動している光が平均して含まれている。一定方向に振動している光のみを取り出すのが偏光板である。偏光板には非常に狭い間隔で線が引かれているのでその線に平行な光だけが偏光板を通過する。その平行軸を通過容易軸といい、その方向に振動している電場の光しか通さない性質を持っている。

仮に、振幅Ａで振動しているレーザー光が偏光板に通過容易軸と角度φをなして通過したとする。通過した光の振幅はＡcosφとなる。ここで光の強度は　Ｉ=ＫＡ　であらわせられる。（Ｋは波の種類と媒質によって決まる比例定数）ゆえに、偏光板を通過した光の強度は

 ＫＡφ = I φ

　　　　これにより相対値 ／Ｉのグラフはφとなる。

実験で得たグラフも確かにφのグラフように見えるが多少誤差が見られる。これは偏光板の角度調整が正確でなかったこと、偏光板にキズがあり他の方向の振動している光も通してしまった。この他の原因として、部屋の蛍光燈の光がいっしょに検出されてしまったために値がずれてしまったことがあげられる、これは暗室で行えば、φ＝９０°のとき強度は０になると予想される。

（２）反射率

　反射率の結果より、偏光が実験台に垂直な場合の方が平行な場合よりも反射率が高いことが分かる。

また、グラフより偏光が実験台に平行な場合では入射角が約５５のとき、反射光がないことが分かる。

次にこれについて考えてみる。

今、自然光がガラス面で反射されたとする。入射光の入射面（入射光、法線、反射光を含む面）に対して垂直に振動する光（ｓ波）と、入射面に対して平行に振動する光（p波）の成分の反射係数が異なるために、反射光は部分偏光になっている。部分偏光とは、あらゆる方向の振動を含むがその分布が一様でない光のことをいう。

そして、ある特定の角度 の時には、p波成分の光は反射せず、反射光はｓ波成分のみの完全偏光となる。この時の角度 をBrewster（ブルースター）角という。

実験では、自然光ではなく偏光を使用したので、偏光方向を実験台に平行にしたとき、垂直方向の成分がなかったために、ブルースター角になった時、反射光が観察されなっかたのである。

次に、このブルースター角を求めてみる。

まず、ｓ波、ｐ波　それぞれの振幅反射率　ｒ、ｒは次のように書ける。

　　　　（フレネルの式）

ブルースター角 ではｐ波の反射率が０、ｒ＝０であるから、が無限大にならなければいけない。よって 

この時の入射角 がブルースター角であるから として、

屈折の法則　　に代入する



よってブルースター角は次のように与えられる。



これをBrewster（ブルースター）の法則という。

ここで、実験書によるとガラスの空気に対する屈折率は　およそ１.５であるのでブルースター角を求めると

 = 

となる。

実験結果ではブルースター角は 約５５°となっているが、５５°と６０°の間は測定していないので正確にはわからない。この誤差の原因としてあげられるのは、偏光の時にもあげたように、角度調整が正確でなかったこと、および蛍光燈の光が検出されてしまったことがある。また、与えられた屈折率は石英ガラスの値であるが、使用したガラスが純粋な石英ガラスとは限らないので、それによっても誤差が生じたと考えられる。

（３）レーザーの波長

　ヘリウム・ネオンレーザーの実際の波長は　　である。

実験により求まった値は　λ＝622.6nmと644.1nmであり多少ずれがある。この原因は、スクリーンまでの距離Ｌが精密に測ることができない。これによって生じる誤差は±２ｃｍくらいはズレていたので、これによる誤差はもっとも大きいと考えられる。1.0mm間隔のときを計算してみると595.8～698.4nmと非常に値が変わってしまう。しかし、赤色の600～700nmの範囲にはほぼおさまっている。他には輝点はある程度の大きさを持つために正確に間隔を測れなかったことなどがあげられる。

次に、ｄを０.５ｍｍから１ｍｍに変えた時に、輝点の間隔が狭くなる理由を考えてみる。

波長を求める式　　において　ｄ　→　２ｄ　とすると、λ・Ｌは一定であるので　は 倍にならなければいけないないので、このことから の値が小さくなり、輝点の間隔が狭くなることが分かる。

６．参考文献

　　　　屈折率：山口重雄　　共立出版

　　　　物理入門増補板：林憲二、白藤孟志　　共立出版