１：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：器材

半導体レーザー

ヘリウム･ネオンレーザー

偏光版

測光器

電圧計と接続コード

ガラス板

金尺、竹尺

回転台

３：実験方法

３－１：偏光

半導体レーザーと検出器の間に1枚の偏光板を置き、偏光板の回転角φを変えて透過光強度を測った。まず、偏光板を枠ごと回転させて、透過容易軸を偏光方向と正確に平行（φ=0°）または垂直（φ=90°）にした。次に、偏光板だけを回転し、φ=0°のときの強度を1として、φと強度の関係をグラフに表した。尚、この時のレーザーの偏光方向は実験台の面に垂直にした。

３－２：反射率

まず、レーザーの偏光方向が実験台の面に垂直の場合に、反射光の明るさが入射角θ（0°<θ<90°）によって大まかにどのように変化するかを観察した。また、偏光方向を実験台に平行にして同様の観察をした。次に、スクリーンを取り除き、測光器を用いて入射光と反射光の強度を測定する事により、2つの偏光方向のそれぞれの場合についてθと反射率の関係をグラフに描いた。

３－３：レーザーの波長

ヘリウム･ネオンレーザー光を金尺の目盛りのついた部分に、入射角が90°に近くなるように当て、1m先のスクリーンに映る輝点の位置を測定した。金尺がないときにレーザー光の当たる点を原点として、一番明るい輝点の位置をl0、それより外側の点の位置を順次l1,l2…とした。

によって、波長λを計算する事ができた。ここで、*d*は金尺の目盛りの間隔、*L*は反射点からスクリーンまでの距離である。

金尺の目盛りが0.5mm間隔のときと1mm間隔のときで、スクリーン上の輝点がどのように変化するかを観察した。

４：実験結果

４－１：偏光角の測定を行いそれを表１にまとめた。

表１：偏光角

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 偏光角θ | データV | 透過率 | cosθ | cos2θ |
| 0 | 1.32 | 1.00 | 1.00E+00 | 1.00E+00 |
| 5 | 1.23 | 0.95 | 9.96E-01 | 9.92E-01 |
| 10 | 1.20 | 0.91 | 9.85E-01 | 9.70E-01 |
| 15 | 1.09 | 0.82 | 9.66E-01 | 9.33E-01 |
| 20 | 1.01 | 0.77 | 9.40E-01 | 8.83E-01 |
| 25 | 0.93 | 0.70 | 9.06E-01 | 8.21E-01 |
| 30 | 0.82 | 0.62 | 8.66E-01 | 7.50E-01 |
| 35 | 0.75 | 0.57 | 8.19E-01 | 6.71E-01 |
| 40 | 0.61 | 0.48 | 7.66E-01 | 5.87E-01 |
| 45 | 0.53 | 0.40 | 7.07E-01 | 5.00E-01 |
| 50 | 0.44 | 0.33 | 6.43E-01 | 4.13E-01 |
| 55 | 0.34 | 0.26 | 5.74E-01 | 3.29E-01 |
| 60 | 0.22 | 0.17 | 5.00E-01 | 2.50E-01 |
| 65 | 0.13 | 0.10 | 4.23E-01 | 1.79E-01 |
| 70 | 0.07 | 0.05 | 3.42E-01 | 1.17E-01 |
| 75 | 0.02 | 0.02 | 2.59E-01 | 6.00E-02 |
| 80 | 0.00 | 0.00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 85 | 0.02 | 0.02 | 1.70E-01 | 3.00E-02 |
| 90 | 0.04 | 0.04 | 9.00E-02 | 7.60E-03 |

グラフ１：透過率

４－２：反射率の測定を行い表２のようにまとめた。

表２：反射率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 反射角θ | S波出力 | S波反射率 | P波出力 | P波反射率 |
| 0 | 0.0430 | 0.0439 | 0.0880 | 0.0753 |
| 5 | 0.0600 | 0.0612 | 0.0865 | 0.0740 |
| 10 | 0.0760 | 0.0776 | 0.0803 | 0.0687 |
| 15 | 0.0850 | 0.0867 | 0.0714 | 0.0611 |
| 20 | 0.0920 | 0.0939 | 0.0581 | 0.0497 |
| 25 | 0.1020 | 0.1041 | 0.0530 | 0.0453 |
| 30 | 0.1100 | 0.1122 | 0.0284 | 0.0243 |
| 35 | 0.1220 | 0.1245 | 0.0201 | 0.0172 |
| 40 | 0.1330 | 0.1357 | 0.0080 | 0.0068 |
| 45 | 0.1680 | 0.1714 | 0.0098 | 0.0084 |
| 50 | 0.2170 | 0.2214 | 0.0220 | 0.0188 |
| 55 | 0.2650 | 0.2704 | 0.0387 | 0.0331 |
| 60 | 0.3840 | 0.3918 | 0.0501 | 0.0429 |
| 65 | 0.4610 | 0.4704 | 0.0840 | 0.0719 |
| 70 | 0.5830 | 0.5949 | 0.1210 | 0.1035 |
| 75 | 0.6670 | 0.6806 | 0.1650 | 0.1411 |
| 80 | 0.7420 | 0.7571 | 0.2930 | 0.2506 |
| 85 | 0.8720 | 0.8898 | 0.6320 | 0.5406 |
| 90 | 0.9800 | 1.0000 | 1.1690 | 1.0000 |

グラフ２：反射率

４－３：レーザーの波長の測定を行い表３にまとめた。

表３：レーザーの波長の測定

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ０．５mm | 点の間の距離 | lm(lm-l0) |
| 0 | 0.61 | 0.00 |
| 1 | 0.62 | -0.01 |
| 2 | 0.72 | -0.05 |
| 3 | 0.78 | -0.06 |
| 4 | 0.81 | -0.06 |
| 5 | 0.88 | -0.05 |
| 6 | 0.97 | -0.01 |
| 7 | 1.10 | 0.06 |
| 8 | 1.26 | 0.17 |
|  |  |  |
| 1.0mm | 点の間の距離 | lm(lm-l0) |
| 0 | 0.82 | 0.00 |
| 1 | 0.95 | -0.01 |
| 2 | 1.04 | 0.01 |
| 3 | 1.24 | 0.09 |
| 4 | 1.48 | 0.23 |
| 5 | 1.88 | 0.52 |

５：検討と考察

５－１：偏光実験

実験結果を見ると、偏光角度が増えるに連れて透過率は低くなっている。今回の実験では半導体レーザーの偏光方向は透過容易軸と平行なときを0°としたが、偏光方向が仮に90°回転していても偏光板との相対的な角度は(90-θになるだけなので結局得られる偏光角度と透過率との関係は0°～90°に向かって大きくなるか小さくなるかの方向の違いしかない。偏光板にレーザー光が透過するとどうなるのだろうか。まず、レーザー光の偏光方向というのは決めてある。つまり波の振動方向が限定されている。これが偏光板をとおるとき、その偏光板が振動方向（偏光方向）とθずれていると、波の振幅はcosθ倍されてしまう。というのは、振動方向のベクトルのうち偏光板のベクトル成分のみが透過できるからだ。ここで波の振幅Aと強度Iの関係は

という関係が成り立っているので振幅がcosθ倍されていれば、強度はcos2θ倍になる。つまり、θ=0°のときcosθ=1より、この時のI（=I0とする)を強度の基準とするなら各々のθの時の値はI0cos2θと表せる。そのため、偏光角度がθのとき透過率は理論的には

となってcos2θになっている。

そこで、グラフを見てみるとちょうど１０度だけ透過率とcos2θがずれているように感じられた。これは、中にある偏光板が何らかのミスにより、約１０度ずれてしまっている為であろう。また、誤差としては、角度を合わせた時のずれや、レーザー光の強度の測定ミスなどがあげられる。

５－２：反射実験

光の振動方向が入射面（入射光と反射光を含む平面）に垂直な光をＳ波（Ｓ偏光）とよび、平行な光をＰ波（Ｐ偏光）とよぶ。反射角度（入射角）を増やしていくと出力（つまり波の強度）がS波の場合は単純に増え、P波の場合は途中で減り始め、強度が0になるところがあるが、それを超えるとまた増え続ける。また、反射率も透過率と同様光の強度の比を表している。

Ｐ波のグラフに表れる反射率が0になってしまうという特殊な入射角はブルースター角とよばれ、反射光と屈折光のなす角が90°となる角である。反射というものを入射光によって励起された媒質中の電子の振動による再放射が反射光であると考えると、このブルースター角で入射した場合、電子の振動のうち、入射面での振動は屈折光の進行方向に垂直、つまり反射光の進行方向に振動するため、反射光を作り出すことができないのだ。そのため屈折光しかみられない。

では、入射角、反射角をθ、屈折角をφ、媒質の屈折率をnとすると、

より、屈折率nの物質ではブルースター角（偏向角）との間には

という関係がある。

今回は、４０～４５度の間にブルースター角があると考えられるので、便宜上、４３度にあるとすると、tan43°=0.932である。実験書の屈折率のガラスの部分と比較してみると、1.456とかなり違った値を取ってしまった。この理由としては、実験1の時の偏光板が10度ずれていると言う事が関係するのではないだろうか。また、試しにレーザーを全く発射しないでいる状態で数字を見てみると、0.008位の値を常にとっていた。多分蛍光燈などの周りの光によって屈折した光を測定してしまったせいではないかと考えている。逆算してみると、ブルースター角は約５６度であった。

５－３：実験回折

回折とは光が非常に狭いスリットなどを通過する際、その後方の陰になる部分にも広がって進む現象のことで、スリットを通過した光は回折して、干渉しあう。光のそれぞれのスリットによる回折光はそれらの経路差が波長の整数倍の時、位相が同じになるので強め合い、明るくなる。

実験書よりλとlm(lm – l0)の関係は

として、λを求めることができる。

表４－１：回折の計算値１

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.0mm | 点の間の距離 | lm(lm-l0) | λ |
| 0 | 0.82 | 0.00 |  |
| 1 | 0.95 | 0.01 | 1.15E-05 |
| 2 | 1.04 | 0.08 | 7.32E-05 |
| 3 | 1.24 | 0.13 | 8.17E-05 |
| 4 | 1.48 | 0.16 | 7.49E-05 |
| 5 | 1.88 | 0.24 | 8.79E-05 |

表４－２：回折の計算値２

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ０．５mm | 点の間の距離 | lm(lm-l0) | λ |
| 0 | 0.61 | 0.00 |  |
| 1 | 0.62 | 0.01 | 5.73E-06 |
| 2 | 0.72 | 0.08 | 3.66E-05 |
| 3 | 0.78 | 0.13 | 4.09E-05 |
| 4 | 0.81 | 0.16 | 3.74E-05 |
| 5 | 0.88 | 0.24 | 4.39E-05 |
| 6 | 0.97 | 0.35 | 5.38E-05 |
| 7 | 1.10 | 0.54 | 7.12E-05 |
| 8 | 1.26 | 0.82 | 9.47E-05 |

λを表４にまとめたが、ぐちゃぐちゃな値になってしまった。何故、こんなにも誤差が出たかというと、測定の時のミスが一番の要因であろう。またものさしにより回折を行っているので、ずれが生じていても仕方がないのかもしれない。

ｄ＝0.5から1.0に変化させると、波長λ、距離Lは変化しないので、0.5の時に比べて1.0の時の方がレーザーの光の点の感覚が狭くなっているのが分かる。

また、回折とは波動の伝播が障害物で一部遮られた時、障害物の影の部分にも伝播していく現象で、この実験ではレーザー光が金尺の目盛りの溝で乱反射することにより、金尺を高原の線対称軸とした対称位置から出た光が金尺の目盛りというスリットを通過して回折していると考えられる。

５－４：屈折の法則の証明

媒質１の中を速さV1（m/s）で進む平面波で1つの波面PQを考える。波面上のP点が媒質の境界面Aに入射した時、Q点は入射線上のB点に達している。Q点がBからB’点に入射するまでに時間ｔ(s)かかるとすれば、この間にAからは媒質２の中へ半径V２t（ｍ）の素元波が広がっており、AとB’の間の各点からも、順次遅れて素元波をしょうじている。（図１参照）従って、P点がA点に入射してからｔ(s)後の媒質２の中の波面は、その後、さらに進んで波面P’Q’となる。図１で△ABB’と△AA’B’を考えると、



また、BB’＝v1ｔ、AA’＝ｖ２ｔである。さらに、波の振動数ｆは屈折に際して変らないから、v1＝λ１ｆ、ｖ２＝λ２ｆより、



となることが分かる。

６：感想

今回は実験の数が多く、時間内に終わらなかった。光というものは身近にあるように感じられるので、実験していても分かりやすかったように思える。回折の実験ではレーザーで少し目が痛くなってしまった。今回は、考察が何を書けばいいのかを悩んでしまった。後、PCで複雑な図を書くというのが苦手なので今後書き方を覚えていきたいと思う。