

# グラントムソプリズムを用いた光の可変減衰器

Variable Attenuator of Light using Glan Thompson Prism

斎藤 成文・黒川 兼行・横山 幸嗣

## 1. 序

近年レーザの開発が進むにつれ、光の明るさの定量的な加減が必要となってきたことから、その一方法として偏光子のグラントムソプリズムを組み合わせることによって減衰器の試作を行ない、良好な結果を得たので報告する。

光の明るさの調整方法としては従来実験室で使用されている一對の灰色の楔ガラスをたがいに反対方向に重ねてずらすことによって、透過率を連続的に変化させる灰色ガラスによる減光法。また二つの回転プリズムの間に開き角  $\alpha$  が可変のセクターをおき、その対称の隙間に光を通す回転プリズムによる減光法とがある。前者では灰色ガラスが選択的に光を通し、特に可視部の光の端のほうは一般によく透過する性質をもち、光の各波長における較正を必要とする。後者の方法では時間的に変化する光束たとえば交流で働かすランプでは光のちらつきの時間的關係に注意しなければならない。これに対しここで述べる方法は偏光子を用いるもので、前後の偏光子を平行ニコルに固定し、中央の偏光子を 90 度回転して光の明るさを調整するものである。すなわち従来の方法に対し偏光子を用いることによって、光の波長および光源に関係なく透過光の明るさを連続的に微調加減できるものである。

## 2. 原理

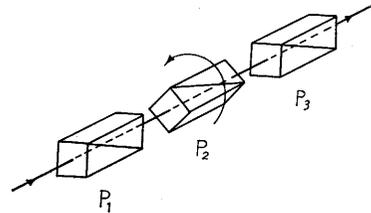
偏光子は特定の方向に振動する直線偏光に対してはほとんど透明であるが、それに垂直に振動する光はすべて吸収してしまう性質のものである。そこでこのような偏光子を幾つか組み合わせることによって、光の明るさを調整できるわけである。いま偏光子二つを一直線上に配置し、一つを偏光子  $p$ 、他を検光子  $A$  とするとき偏光子  $p$  を通して垂直に振幅  $a$  の直線偏光を入射させると、検光子  $A$  が偏光子と振動方向が  $\theta$  だけの光角をなしていれば、検光子  $A$  を出る光の振幅  $a'$  は

$$a' = a \cos \theta \tag{1}$$

である。光の明るさは振幅の二乗  $I_0 = a^2$  であるから出射光の明るさ  $I$  は

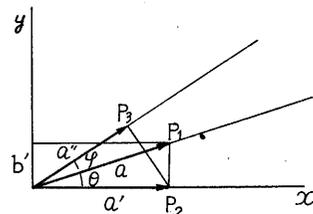
$$I = I_0 \cos^2 \theta \tag{2}$$

で与えられる。すなわち検光子を回転することによって、出射光の明るさを変えることができる。しかしこの場合、検光子の回転角  $\theta$  の変化によって偏光面が回転される欠点がある。そこで第 1 図のように偏光子三つ ( $p_1$



$p_1, p_3$ : 平行ニコル  $p_2$ :  $0^\circ \sim 90^\circ$  回転

第 1 図 原理図



第 2 図 光の振動の分解

$p_2, p_3$ ) を使い、 $p_1$  と  $p_3$  を平行ニコルに配置し  $p_2$  を回転すれば、入射される直線偏光の方向に等しい出射光の明るさを加減できる。いま偏光子  $p_2$  に偏光子  $p_1$  を通して垂直に振幅  $a$  の直線偏光を入射させると、第 2 図のように  $p_2$  が  $p_1$  と振動方向が  $\theta$  だけの光角をなしていれば、互いに垂直に振動する常光線と異常光線のうち、偏光子  $p_2$  を通過する異常光線の振幅  $a'$  は

$$a' = a \cos \theta \tag{3}$$

であるから、これを  $p_1$  と光角  $\varphi$  を有する偏光子  $p_3$  を通過させると透過光の振幅  $a''$  は

$$a'' = a' \cos(\theta + \varphi) = a \cos \theta \cos(\theta + \varphi) \tag{4}$$

となる。また偏光子  $p_2$  に投射する光の振幅は  $a$  であるから、その明るさ  $I_0$  は

$$I_0 = a^2 \tag{5}$$

と取ると透過光の明るさ  $I$  は

$$I = a^2 \cos^2 \theta \cos^2(\theta + \varphi) = I_0 \cos^2 \theta \cos^2(\theta + \varphi) \tag{6}$$

で与えられる。ここで  $\varphi = 0$  すなわち  $p_1$  と  $p_3$  を平行ニコルにすれば

$$I = I_0 \cos^4 \theta \tag{7}$$

となり、偏光子  $p_2$  を回転して  $\theta$  を  $0^\circ$  から  $90^\circ$  まで変えることによって、 $p_3$  の出射光の明るさを  $\cos^4 \theta$  の曲線にそって連続的に変えることができる。

## 3. 構成・測定

減衰器の構造は第 3 図に示すように三つの偏光子を一

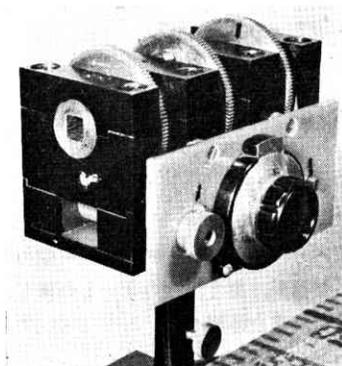
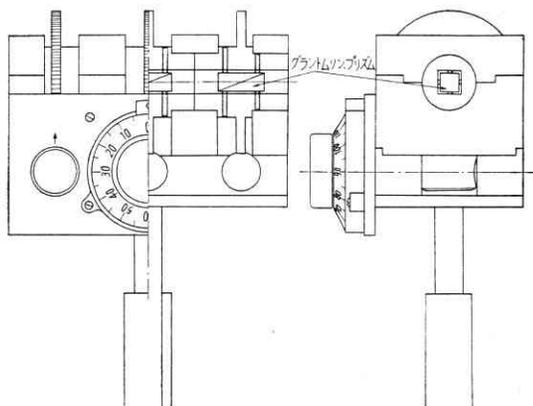


写真 1



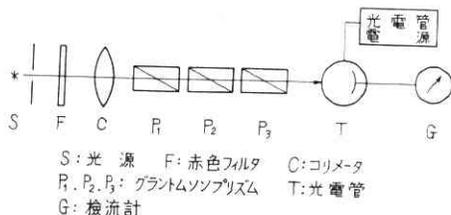
第 3 図 構造 図

直線上に配置し、偏光子  $p_1$  と  $p_3$  を平行ニコルに固定し、偏光子  $p_2$  を前面にて  $1/10$  度の精度で微調回転できるようにしている。偏光子としては  $8\text{ mm}$  角、長さ  $20\text{ mm}$  のグラントムソンプリズムを使用している。これは他の偏光子に対し特に射出光の振動方向が光軸および入射光を含む主振動面に対称となっているから、視野全体に一律な偏光が得られる特徴がある。

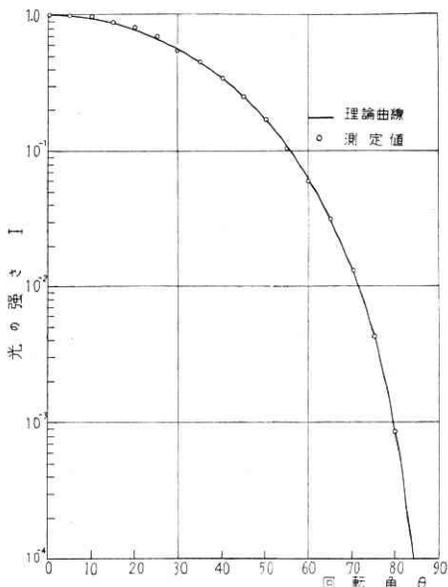
これで第 4 図に示すように測定回路を構成する。まずコリメータによって、平行光線にされた単色光において偏光子の光軸調整を行なう。すなわち偏光子  $p_2$  を  $180$  度回転したときの射出光の明るさに変化のないことを確かめた後、偏光子  $p_1$  と  $p_3$  を平行ニコルに固定する。偏光子  $p_1$  を通った直線偏光は偏光子  $p_2$  の回転によって、その透過光を調整し、偏光子  $p_3$  の射出光を光電管にて検出して  $p_2$  の回転角  $\theta$  に対する検流計の読みを取る。つぎに光の強さが距離の二乗に逆比例することを使って光電管の校正を行なって実際の減衰特性を求めると。

4. 結 果

上記の測定法にしたがって、偏光子  $p_2$  の回転を  $3^\circ$  ずつ変化させ  $0^\circ$  から  $180^\circ$  までの偏光子  $p_3$  の射出光の



第 4 図 測定 回路



第 5 図 減 光 特 性

明るさを測定した結果、 $90^\circ$  に対して対称な値をとり、光軸が合っていることが確かめられた。つぎに距離に対する光電管の較正を用いて減衰器の特性を求めた結果、第 5 図に示すように三つの偏光子について、 $\cos^4 \theta$  の曲線にそって変化することが確かめられ、減衰器として十分な精度特性を持つことが明らかとなった。

以上の実験でわかったことは、良質の偏光子を選ぶことが第一であり、また偏光子の光軸を正確に合わせることが大切だということである。

5. む す び

三つの偏光子の内、偏光子  $p_1$  と  $p_3$  を平行ニコルに固定し偏光子  $p_2$  を回転することによって、光の明るさを加減する一方法を紹介した。この方法によれば従来の方法に対し光の波長および光源に無関係な減衰特性が得られること、それに上述のように良好な精度特性を得たことは測光学の微細な調整およびレーザ光の調整等に広く応用されるものと思われる。(1963 年 5 月 27 日受理)

文 献

- 1) 中村清二：物理実験学，第 6 卷 光学 河出書房
- 2) コールラウシュ：実験物理学，3，光学 商工出版