

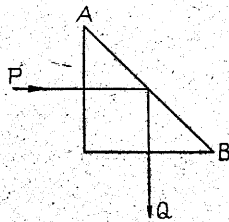
# 全反射を應用した半透明鏡

佐藤俊夫・久保田 廣

寫眞機を手にした人がまずのぞいて見るのは距離計であろう。距離計の生命は半透明鏡で  
 明るい半透明鏡を作る事は光學技術者への宿題であつた。この研究はできるだけ簡単なもの  
 とするため、今までのように金屬薄膜あるいは多層の非金屬薄膜を使わずに全反射プリズム  
 を利用してその解決をはかつた一つの試みである。

## 1. 緒言

光が第1圖のように直角プリズムに入ると、その斜面  
 ABで全反射されて、ちょうどABの位置に鏡をおいた  
 と同じように、Qの方へ全部  
 出てくることはよく知られて  
 いる。しかしこの時入射した  
 光はABの表面で反射され  
 るのではなく、波長程度  
 の深さではあるが、一た  
 んABの外、すなわち空気中



へ出てその後再び硝子中へ  
 どり反射されてくる。すなわち光は第2圖のように進む  
 のである。そこで同圖に點線で示したように、第二のプ  
 リズムの斜面A'B'をAB面から波長程  
 度の距離に近づけると、入射した光の一部はA'B'面を通つ  
 て第二プリズム中へ  
 入りQ'の方へ進み  
 あたかも光を二つに  
 わける半透明鏡のよ  
 うな作用をする。こ  
 の場合出てくる光の  
 強さは、プリズムの  
 間隔dを加減することによつて任意に變化させることが  
 できる。従つてこの間隔を適當にしてやれば、透過光Q'  
 と反射光Qの強さが等しい理想的な半透明鏡を作ること  
 ができる。しかも從來の金屬薄膜を付けた半透明鏡の  
 ような吸収による光の損失が全くないので、極めて明  
 りなものになる。これと同様にほとんど吸収のない半透明  
 鏡が、筆者の一人(久保田)により三層薄膜を用いて作ら  
 れているが(本誌1, p. 38 (1949) 11) 今回のものは空  
 氣の薄層を利用するだけで薄膜を全く用いないのが特長  
 である。

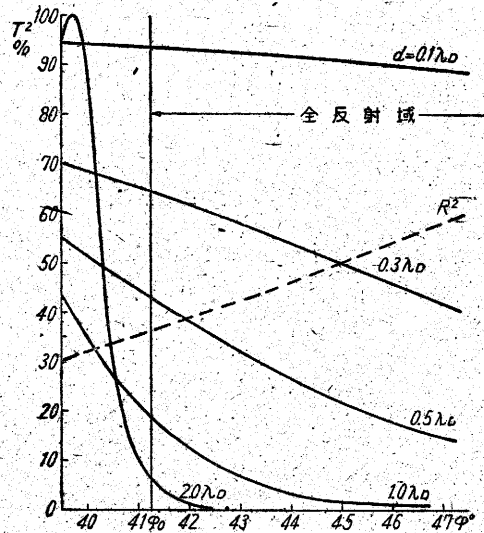
第2圖 全反射を利用する半透明鏡の原理

この圖は非常に誇張して書いてある、実際にはAB面から空気中に出る深さは1/1000 m以下であり、dも同様である。

第1圖 全反射プリズム

## 2. 透過率および反射率の計算

透過光の強さは間隔dに關係し、 $d=0$  (密着) の時には透過率100%で、 $d$ が波長にくらべ十分大きければ、普通の全反射プリズムの場合のように0である。間隔がその中間、すなわち波長程度の場合には透過率は入射角、屈折率等の複雑な函数であるが、それを計算した一例を示すと第3圖のようになる。横軸は斜面への入射角、縦軸はD線(波長589.3 m $\mu$ )に對する透過率で間隔dをパラメーターとして示してある。 $\varphi_0$ はdが十分大きい場合に全反射を起しはじめる角すなわち臨界角である。間隔が數波長以上の時は臨界角より大きな入射角では光ははまだほとんど全部反射され  $T^2 \approx 0$  であるが、間隔が



第3圖 間隔dが種々の値をとつた時の入射角とD線に對する透過率の關係(計算値)  
 $\lambda_D=589.3 \text{ m}\mu$ , プリズムの屈折率  $n_D=1.516$

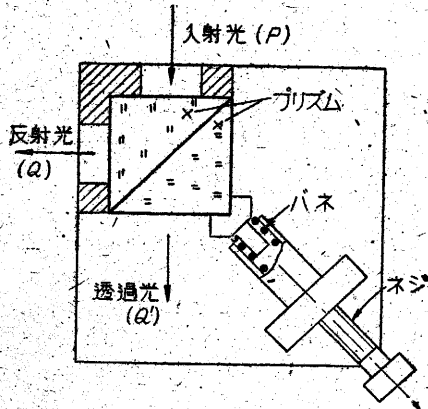
波長の數分の一程度になると臨界角以上の入射角でも多くの光が透過するようになり、かつ透過率の入射角による變化が少なくなつてかなり廣い視野にわたり大體一樣な透過率が得られるようになる。一方反射率は  $R^2=1-T^2$  で表わされ、例えば  $d=0.3 \lambda_D$  の時は圖の破線で示され

るから、プリズムの間隔を  $0.3 \lambda D$  とすれば入射角が  $45^\circ$  の場合  $D$  線に対する透過率および反射率がともに約 50% となり完全な半透明鏡が得られることがわかる。

3. 実験方法

このような半透明鏡が実現し得るか否かを試みるにあつて、まずプリズムの斜面の平坦さと清潔さが問題になる。前述のように理論が要求するプリズムの間隔は波長以下の量であり、また第3圖からわかるように透過率反射率は間隔  $d$  が變るとかなりいちじるしく變化するから斜面に凹凸や曲率があれば一様な透過率が得られないので、プリズムは十分に研磨した大きなガラス板の中央部から切り出して作った。またガラス面を清潔にするためには、エーテルとアルコールを 4:1 の割合に混合した液で拭く、拭き上げ法と拭き上げた後にさらにガラス面を、完全燃焼するガスバーナーの焰にあてる焰の方法を用いた。

このようにプリズムの斜面をできるだけ平坦かつ清潔にすれば理論的には二つのプリズムが接觸する前にすでに大きな透過率が得られているはずであるが、実際には軽く接觸させただけではほとんど光は透過せず、プリズムをたがいに押しつけてやると初めてかなりの透過率が得られることがわかつた。そこで第4圖のような装置を

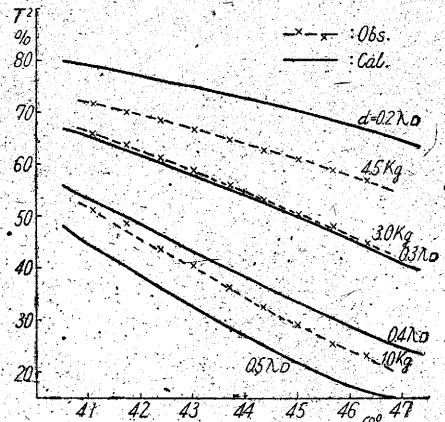


第4圖 プリズム加壓装置

作り二つのプリズムをパネでおしつけて透過率および反射率を分光測光装置により測定してみた。この装置は筆者の一人(佐藤)が本誌に既報(3, p. 162 (1951) 4)の直流増幅回路を用いたもので、測定精度は約  $\pm 1\%$  であつた。

4. 実験結果

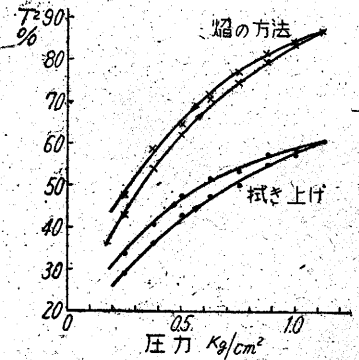
第5圖の破線は斜面を拭き上げ法により清浄し、プリズムに加える力を増して行つた場合の  $D$ -線に対する透過率の測定値で、實線はプリズム間に空隙があるものとした場合の計算値であるが、測定値はこれとほとんど同じ傾向を示している。



第5圖 プリズムに力を加えておし付けた時の、入射角と透過率の關係(測定値)ならびに計算値(實線)との比較  
處理: 拭き上げ

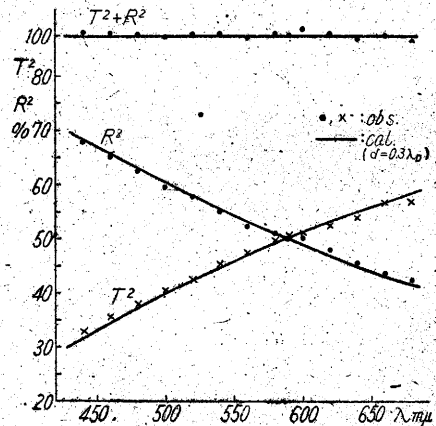
壓力を次第に増して行つた場合と減らして行つた場合

とでは、いわゆるヒステリシス現象があり往路と復路とでは異なる透過率を示す。これを入射角が  $45^\circ$  の場合について第6圖に示してある。拭き上げ法のみにより清浄した時は、焰の方法を併用した時にくらべ 50% の透過率を得るために約二倍以上の壓力が必要であつた。



第6圖 プリズムに加える壓力による透過率の變化  
入射角  $45^\circ$ ,  $\lambda = 589.3 \text{ m}\mu$

$D$ -線に対して 50% の透過率を示す半透明鏡の分光透過率および反射率を第7圖に示してある。圖の實線は  $d =$



第7圖 分光透過率および反射率の一例  
その計算値(實線,  $d = 0.3 \lambda D$ )との比較  
處理: 拭き上げ, 壓力 =  $0.72 \text{ kg/cm}^2$

0.3  $\lambda$  とした計算値である。透過率と反射率の和は平均 100.3% であつて、実験誤差の範囲内で光の損失がないことがわかる。

5. 結果の考察

以上の実験結果中で問題となるのは、所要の透過率を得るためには理論的には波長の 1/3 程度の空隙を残しておくべきであるのに実際には二つのプリズムをある壓力でおしつけねばならないこと、この所要壓力が斜面の清淨方法によりいちじるしく異なることである。これは種々の清淨方法を講じてもお表面に波長以下程度の汚れが残るためにプリズムの間隔が所要の値例えば 0.3  $\lambda$  になつたと同じ状態にするためには、二つのプリズムを前記のような壓力でおしつけてやる必要があり、またその壓力も汚れ等の表面状態によりいちじるしく變るものと考えられる。焔の方法を併用した時には拭き上げのみの場合に比べて表面がより清潔になるために所要壓力が

少くて済むのであろう。實際斜面の清淨が不十分の場合には非常に大きな壓力を加えても、得られる透過率は極めてわずかである。従つて焔の方法（これは學習院大學の木下是雄氏の示唆によるものである）はガラス面の清淨方法としてすぐれたものであることがわかる。

この半透明鏡の透過率および反射率は第 3 圖第 5 圖に示すように入射角により變化するから、大きな視野を必要とする寫眞機用の距離計に使用するような場合には視野の各部で透過光と反射光の明るさが變ることになるが、屈折率の高いプリズムを使用すればこの變化をある程度小さくすることができる。

この半透明鏡を使用する距離計を作るには別に特殊の設計を必要とせず、従來の半透明鏡の位置に二つのプリズムを適當な方法で加壓したまゝ固定すればよい。このようにして作つた半透明鏡は安定であつて、長時日放置しても透過率反射率に變化は認められない。なお詳細な実験データ等は後日他へ發表の豫定である。

速報 28

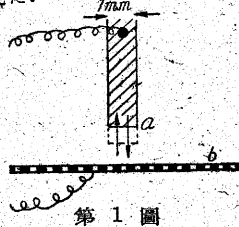
探針式振動容量電位計

中田一郎・小川岩雄

物體の表面の状態を調べる一つの手段として、振動容量法による表面電位解析が近頃さかんに應用されている。その際時としては、できるだけ狭い極板を使って（これを假に探針式とよぶ）物體面の表面電位分布を調べることが必要になる。

探針を用いて試料面の表面電位の局所的分布を測定した例としては、ボロウム法による液體表面の薄膜の研究等があるが、振動容量法による探針測定はあまり見受けないので<sup>(1)</sup>、簡単な装置を試作し感度および分解能について二三調べて見た。

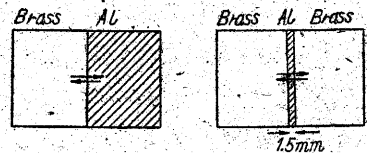
用いた装置の振動容量の部分の略圖を第 1 圖に示す。振動電極の方は直径 1 mm の銅線を金めつきしたものを使用し、微動装置により試験面  $b$  に沿つて動かして、 $b$  面の表面電位の分布を調べた。振動中の  $ab$  間の容量の變化は普通に用いられる平行板型の場合にくらべてかなり小さくなるはずであるので、容量の變化を大きくして感度を上げるためには振幅をできるだけ大きくすればよいが、そのときは、分解能がずつと悪くなるので結局、兩電極をなるべく近づけることが必要になる。ところが、平行平面的なときと違つてあまり近づけすぎると振動中の容量變化がかえつて小さくなるので、適當にはなして振動させなくてはならない。筆者等の用いたものは大体 0.5 mm はなして 0.3 mm 程度の振幅で測定する場合に最大の感度および分解能が得られ、感度（最



第 1 圖

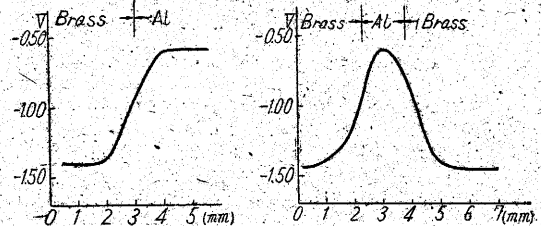
小識別電位差) は大体  $\pm 10$  mV で、注意すれば  $\pm 5$  mV 程度に上げることができた。

‘分解能’がどの程度かを見るために、第 2 圖に示されるような真ちゆう板の半分をアルミニウム箔でおおつたもの、および幅 1.5 mm の帯狀のアルミニウム箔を



第 2 圖

はつたものについて矢の方向に探針を移動させ表面電位を測つた結果を第 3 圖に示す。これにより、振動電極（探針）の底面積にくらべて廣い表面電位のむらがあ



第 3 圖

るときには大體正確に測れるが、底面積に比して細かいむらは正確には測れないことがわかる。

なお、示零法で測定を行う場合に、探針がアルミニウム箔の縁にさしかるところでは零點ははつきり出ないが、測定の感度および分解能にはあまり影響がない。零點のぼける原因は筆者等<sup>(2)</sup>の一人が先に指摘した三導體の相互靜電誘導と考えられる。

文 献 (1) 吉賀：科學 Vol. 19, 563 (1949) の示唆および O. Blüh & B. I. H. Scott: R. S. I. Vol. 21, 867 (1950) の試作もあるも後者には分解能は示されていない。

(2) 小川：應用物理 Vol. 19, p. 189 (1950)