

76.4~6

81. (甲) MCD装置の改善についての予備調査

- 1975年才3期(7~9月期)の4半期報に述べたように、反射のMCD測定においては、鏡を使用して光を検出器に導くための位相のとびのために、みかけのCDが生じることがわかった。そこでこのことを明確にし、さらにそのキャンセルの方法を探ることを試みた。
- まず判図に示すように、受光側に鏡を全く用いないで測定すると、ブランクの場合には、3000~4000Å 程度のみかけのMCD信号は 10^5 程度におさえることができる。この状態での標準試料のスペクトルを比較のために点線で示してある。
- 次に判2図~~判1図~~に、平面鏡1枚で折り曲げたときのブランクのスペクトル(a)と平面鏡の2つの組合せを用いて折り曲げたときのブランクのスペクトル(b)(c)を示す。平面鏡はアルミニウムの蒸着面を用いており、コーティングはしていない。この判2枚の組合せ平面鏡を用いるとタテのスリット像が横方向を向く。フォーマルを像の方向に平行になるようにおいた場合(b)と垂直においた場合(c)とでスペクトルが見る。(b)が最もフラットなスペクトルを与えることがわかる。
- 従って判1,2図の下部に描いた^(組合せ)折り曲鏡によって、平面鏡による位相のとびは十分に相殺できることがわかった。
- この系では^{準光に}入レンズを用いており、もしこれを^面夕円鏡や球面鏡におきかえれば、また~~反射の~~位相のとびの問題が生じる。従って2枚の平面鏡のかわりに2枚の夕円面鏡を組合せるなどの方法をもって等光すれば、この問題についても解決できるのではないかと考えている。
- 更に、このような折り曲鏡を装置内部に実装するためには~~ア~~スペースの狭小のための問題がかなりありそうである。その点も現在検討中である。

82. InSb 検出器のもつ みかけの CD 振動構造

我々は近赤外領域の検出器として、液体窒素冷却型 InSb ~~光起電力型~~ 赤外線検出器を採用した。それは、この素子が $1\sim 6\mu\text{m}$ の範囲で最も感度が高くかつ応答速度の早い検出器だからである。(4半期報 1974年4~6月期)

我々はMCD装置の近赤外受光部として、米国Judson社の InSb 検出器(仕様判表)を採用しこれを用いたMCDの実験のテストを行ってきた。

その結果、この検出器は

- ① 低温でのdc増幅が著しく低いため、オペアンプによる電流→電圧変換の方法が用いられず、トランスによる~~電圧増大~~電圧増大を行なって使用せねばならない。

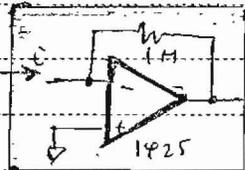
(電圧増大)

- ② 出力電圧が小さく、アンプゲイン(100w)をコレP250で分光してスリットを最大(入・出口とも 2mm)に用いても 10~100nV 程度の出力しか得られない。
- ③ 円偏光偏変調器の出力をこの検出器で受光したとき、計測4をおこなっても図 2.11 に示すような振動構造のスペクトルを示す。

このような問題が InSb 検出器すべてに共通する問題かどうかを調べるために、浜松テレビ(株)の御好意で同社の InSb 素子 P839S を借用し、それについてのテストを行った。この素子の仕様を表 2.2 に示す。

この結果 浜松の InSb は

- ① 低温での dc 抵抗が高く (数百kΩ) ~~非常に~~ 十分電流源とみられるので、オペアンプによる I-V 変換を用いて電圧に換えることができる。



オペアンプに テレサイン (425 を採用した場合、入力雑音の電圧ノイズは $3\mu\text{V}$ 、電流ノイズは 0.3pA であるから、フィードバック抵抗に $1\text{M}\Omega$ を用いて 3pA 程度が検出できる。

- ② 出力電流が大きいので (これはおそらく、視野 Field of View が 30° と狭いことによると思われる。Judson の素子では 120°) ① のオペアンプにより、 $100\mu\text{V}$ 程度の出力を得ることは容易である。

- ③ しかしながらこの素子を用いた場合にも Judson の素子にみられたような みかけの CD の振動構造があらわれる。(表 2.2 図)

この^{振動}構造のピークの位置はどんな条件のもとでも変らなかったが、ピークの振幅については、測定毎に異なり、最初液体窒素を冷却用テラワーに注いだときが最も大きく、時間がたつと徐々に減り、長時間経過した後には、非常に小さくなる。図に示すように大きいときには 10^2 程度ある振幅が、条件のよい時には 10^3 以下 場合によっては 10^4 程度まで減少する。ピーク位置を 波長 λ の逆数とあわせたとき表 2.3 表に示しておく。この間隔は 1/3 が平均であることがわかる。

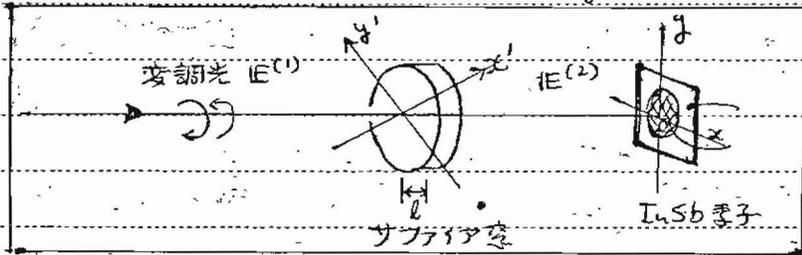
このような現象は、東北大非水研の 篠野先生のところでもおきており、

解決できなくて困っているということである。先生の考えでは、InSb 表面にパズンペーションのためにつけた膜がよくないと考えているようである。

しかし私は、このような膜のせいではなく、InSb 検出器の冷却用テラワーの窓材 サファイアに問題があるかと考え、その方向で調べてみた。

浜松テレビの語では、本来この検出器はサーモグラフに用いる熱線

の検出器として製造されているので、偏光性にはまで考慮を払っていないことである。従ってサファイア板にC面を用いていないことは十分ありうるのである。たとえば、下図のようにサファイアのC軸がx軸と45°の角をなす方向に向いているとする。



前期報(1976年1~3月期) p21 に記したように、円偏光変調器の出力光ベクトル $E^{(1)}$ は

$$E^{(1)} = \frac{E}{\sqrt{2}} e^{-i\omega t} (e^{i\delta} \hat{i} + \hat{j}) \quad (2.1)$$

で与えられる。 \hat{i}, \hat{j} は、x, y 方向の単位ベクトルである。また $\delta = \delta_0 \sin \pi t$ の形の変調をうけている。この式を x 軸と 45° の角をなす x', y' 軸の単位ベクトル \hat{i}', \hat{j}' を用いて書きなおすと

$$E^{(1)} = \frac{E}{2} e^{-i\omega t} \{ (e^{i\delta} + 1) \hat{i}' + (e^{-i\delta} - 1) \hat{j}' \}$$

サファイア板の複屈折 Δn のために \hat{i}' 方向に $\theta = \Delta n \cdot l \cdot \frac{2\pi}{\lambda}$ だけ遅延が生じるので、出力光 $E^{(2)}$ は

$$E^{(2)} = \frac{E}{2} e^{-i\omega t} \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} \hat{i}' + (e^{-i\delta} - 1) \hat{j}' \} \quad (2.2)$$

これを \hat{i}, \hat{j} の表記に換えると

$$E^{(2)} = \frac{E}{2\sqrt{2}} e^{-i\omega t} \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} + (e^{i\delta} - 1) \} \hat{i} + \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} - (e^{i\delta} - 1) \} \hat{j} \}$$

もし、InSb の感度が、x 方向の振動に比べて $S(1-p)$ 、y 方向に比べて S であるとするとき出力 I は

$$\begin{aligned} I &= \frac{E^2 S^2}{8} \left[(1-p) \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} + (e^{i\delta} - 1) \} \hat{i} + \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} - (e^{i\delta} - 1) \} \hat{j} \right]^* \\ &\quad \cdot \left[(1-p) \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} + (e^{i\delta} - 1) \} \hat{i} + \{ (e^{i\delta} + 1) e^{i\theta} - (e^{i\delta} - 1) \} \hat{j} \right] \\ &= \frac{E^2 S^2}{2} \left[\{ (1-p)^2 + 1 \} + \{ (1-p)^2 - 1 \} \sin \delta \sin \theta \right] \\ &\doteq E^2 S^2 \{ (1-p) - p \sin \delta \sin \theta \} \quad (p \ll 1) \quad (2.3) \end{aligned}$$

$$\sin \delta = \sin(\delta_0 \sin \pi t) = 2J_1(\delta_0) \sin \pi t + \dots$$

から

$$\frac{I_{ac}}{I_{dc}} = \frac{2p \cdot J_1(\delta_0) \sin \theta}{1-p} \doteq 2p \cdot J_1(\delta_0) \sin \theta = 2p \cdot J_1(\delta_0) \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta n \cdot l \right) \quad (2.4)$$

使用した装置の場合 $J_1(\delta_0)$ が常に最大値をとるように制御がなされているから

$$J_1(\delta_0) = 0.58 \text{ 等の } \frac{I_{ac}}{I_{dc}} = 1.16 \rho \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta n \cdot l\right) \quad (2.5)$$

という形で振幅に対して考へる。この式で $\varepsilon = 1/\lambda$ にしてエネルギーの単位でかきなおすと

$$\frac{I_{ac}}{I_{dc}} = 1.16 \rho \cdot \sin(-2\pi \Delta n \cdot l \cdot \varepsilon) \quad (2.6)$$

$2\pi \Delta n \cdot l \cdot \varepsilon$ が $\pi/2$ の奇数倍のとき $\rho = 5$

$$2\pi \Delta n \cdot l \cdot \varepsilon = (2\nu + 1) \pi/2 \quad (2.7)$$

のとき I_{ac}/I_{dc} は ± 1 となり その値は

$$\frac{I_{ac}}{I_{dc}} = 1.16 \rho (-1)^\nu \quad (2.8)$$

となる。この間の間隔 $\Delta\varepsilon$ は、 ν と $\nu+1$ にあつた (2.7) の差より

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{2\Delta n \cdot l} \{ 2(\nu+1) + 1 - (2\nu+1) \} = \frac{1}{2\Delta n \cdot l}$$

サフラスアの複屈折の大きさ Δn は表 2.4 に与えられているが 8×10^{-3} とおくことができる。実際にはサフラスアのカットが前頁の図に示したのとはずれているから、正確にはわからないが、この値を採用すれば、($l = 0.5 \text{ mm}$ であることが知られているので)

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{2 \times 8 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-1}} = \frac{1}{8 \times 10^{-4}} = 1250 \text{ cm}^{-1}$$

実際に観測された π - π' 間隔は、表 2.3 より平均 1600 cm^{-1}

であるから Δn に関するみつもりの rough さも考慮すればよく一致していると言えよう。

I_{ac} と I_{dc} との比は 1.16ρ となつて、InSb 素子の x 軸偏光と y 軸偏光とに対する感度の差に比例する。InSb 素子が基板の内壁に貼りつけられている事情を考慮すれば、冷却の際の歪により、InSb に歪が加わりバンドの分裂、その他を通じて光吸収の偏光依存性を生じることは十分にありうることである。 ρ が 10^{-3} 程度であっても十分我々の観測した現象を説明しうる。また冷却のし方に ρ が依存するから、振幅の再現性のなさを説明できる。

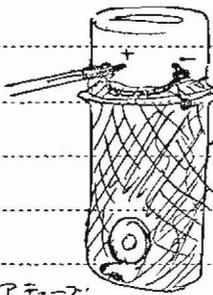
従つて InSb 検出器を用いた偏光の測定に用いた場合

- ① 窓材を複屈折のよい物質にする — 例えは infrasil quartz
- ② InSb に冷却の際の歪が加わらないような保持の方法を考える。

等の注意が必要である。現在、infrasilの窓材を用いた USB 検出器を浜松テレビに製作させている。おそらくかなり改善されているものと考えられる。

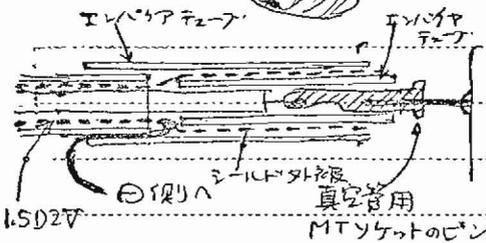
なおこの検出器の使用にあたっては、ノイズや誘導をひるいやすいので次のように注意が必要である。

① テューブの周囲はアルミフォイルで覆いシールドする。



このシールドは、信号用のケーブルの外被に接属する。

② 同軸ケーブルと検出器のリードポイントの接属はフニクワッパによらず、図のようにすくさばすくさばで同軸で導かれるようにし、またなすハズルをつ作らないよう - 復りのリードはシールドに当たってはわすようにする。



③ 同軸線のまわりに 6mm 線をかぶせるか、2重シールドの同軸ケーブルを用いる。

④ 入力オペアンプ (I-V 変換) のフットソルト抵抗に並列に C を用いて、スパイクノイズ等による高域の共振現象をおさえる。(SER のノイズなどをひるいやすい)

の共振現象をおさえる。(SER のノイズなどをひるいやすい)

8.3 CdCr₂Se₄ の吸収端付近の真 MCD 反射スペクトル

1976 年 1~3 月期の期報に、磁性半導体の MCD 反射スペクトルについて報告した。そのデータは、フォトマルによる測定の結果であるから 9200Å (1.35eV) までの範囲でとっており、CdCr₂Se₄ の吸収端 (4.2K では 1.1 eV 付近) のあたりの波長でのデータが欠けていた。

このほど、821-のハた浜松テレビの USB 検出器を用いて、この波長付近の測定を行なった。上記のハたおなみかけの CD があるため、正方向の磁場と逆方向の磁場とに対するスペクトルを測定し、その差をとることを行なった。結果は 8.3.1 図に示す。もとのデータはかなりノイズなので電算機による平滑化を行っている。前回の可視域の測定結果とを接続し、フラスコローニヒの式によって位相のずれ (カー回転) のスペクトルにほおす作等も現在すゝめている。(次回に報告する予定)

このスペクトルをみると、1.1 eV 付近に負のピークをもつ。1.2 eV 付近に肩状の構造、1.45 eV 付近に正のピークをもつ。このスペクトルは幅 ~ 1.8 eV のはんいでフォーマルのデータをかざりおいているが、~~これは~~重っている範囲内では両スペクトルはだいたいにおいて一致しており InSb によるデータもたの信頼性があるものと考えられる。

吸収末端に相当する MCD (又はカーチン率) のピークをこのようなシャープな形で報告した例はまだない。光伝導スペクトルとの関連も含めてエネルギー構造との関連を今後論じる予定である。

§4 MCD をプローブにした磁化曲線の測定

強磁性体の MCD ^{の大きさ} は、もし単一ドメインであれば、^{磁化の大きさ} 磁化の大きさによって決ってしまう。(波長を固定した場合)

ところが、実際には各ドメインの中での磁化の方向が、必ずしも磁場の方向を向いていないために、磁場をかえると MCD の大きさが変わるといふ効果がある。MCD の大きさは光の進行方向と磁化方向が平行であるとき最大値をとり、垂直なとき 0 となるので十分強い磁場を加え飽和した状態が最大の MCD を与える。逆方向に磁場を加えると逆向きの磁化をもつ磁区が増加のために MCD シグナルは減り、保磁力 (Hc) をこえる磁場によって MCD は符号を変え更に全磁区が逆方向に飽和すると逆符号の最大値をとる。このようにして MCD 測定により磁化曲線を観測することができるのである。Fig. 1 に示したのは、寺々テレビ方式で戸上氏の作成した Gd-Co 非晶質薄膜の MCD による磁化曲線である。光を用いているので、かなり局所的な磁化曲線を求めることができるので、光磁気書きこみ用材料探索のためのよいプローブになりうる。測定系の説明については研月報 10 月号に投稿中である。

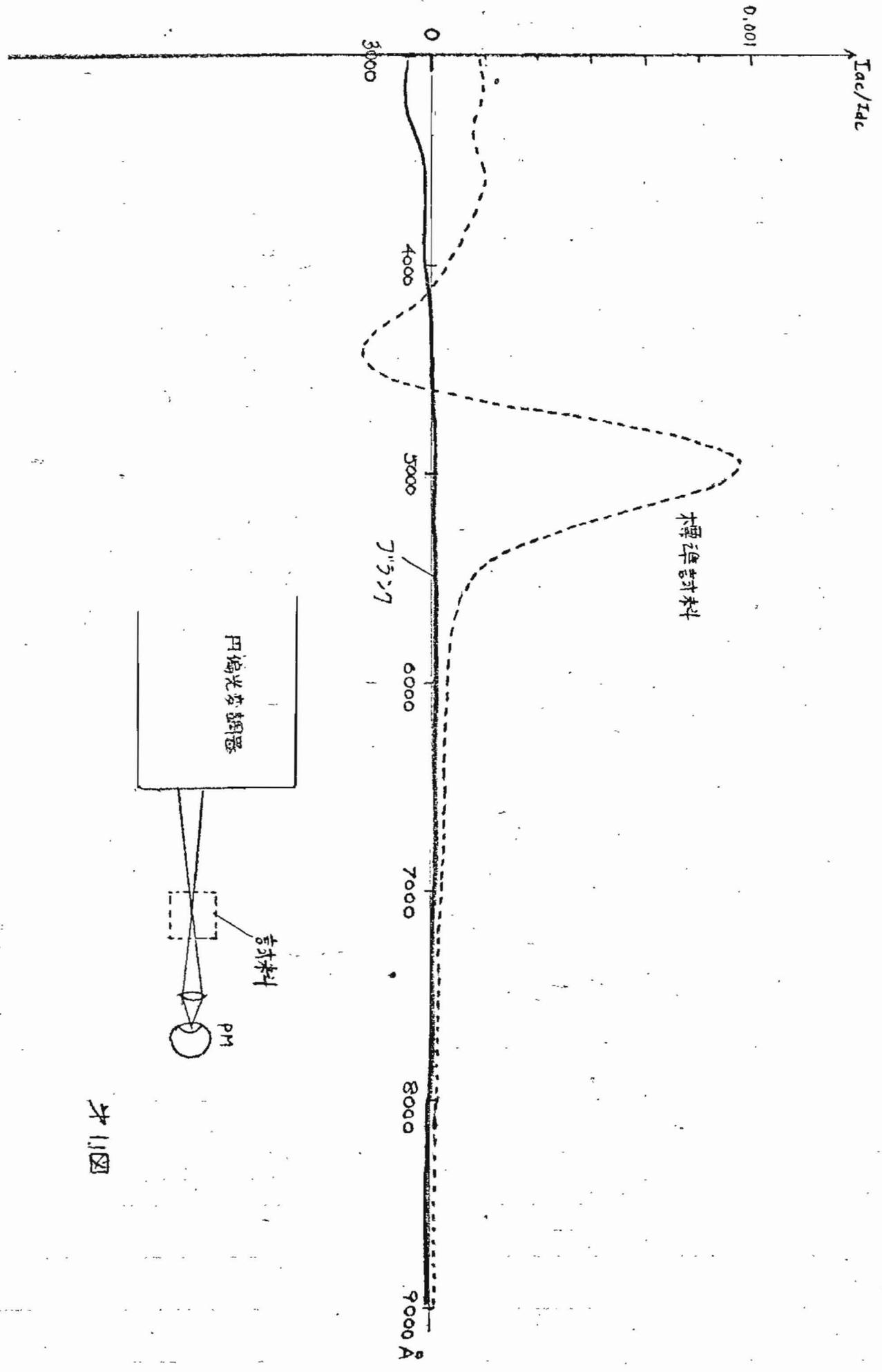
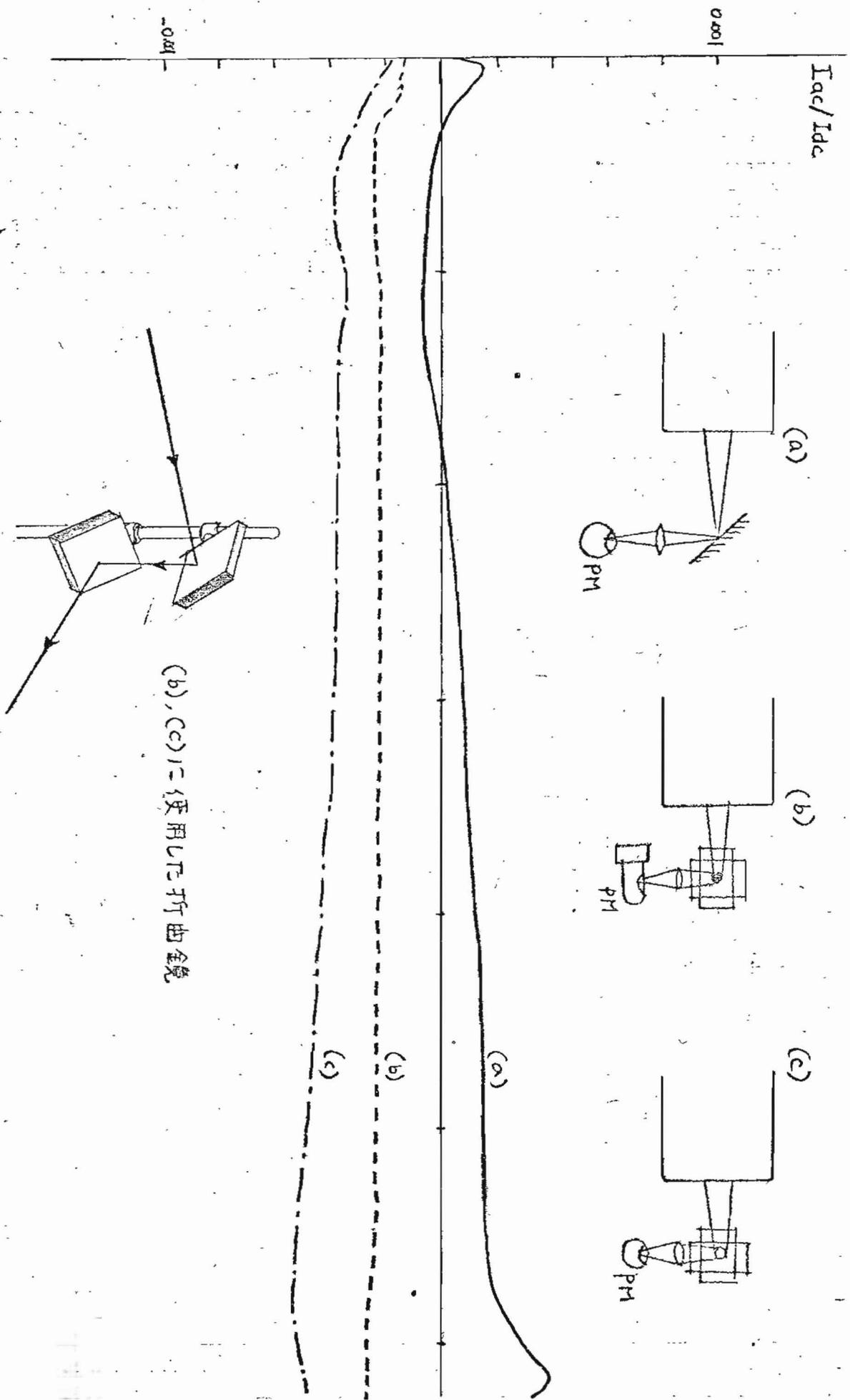


Figure 11

图 1.2



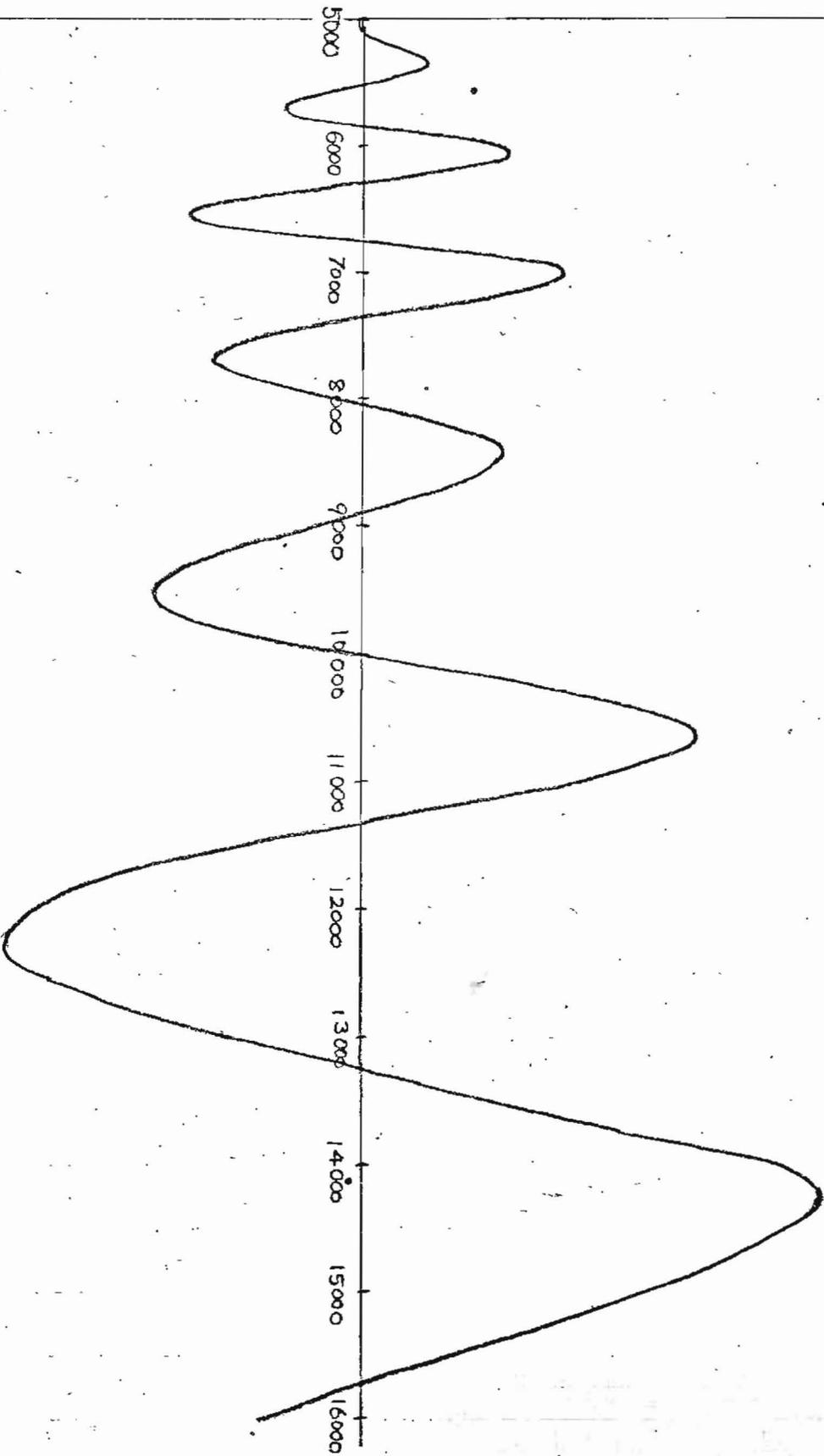


图 2.1

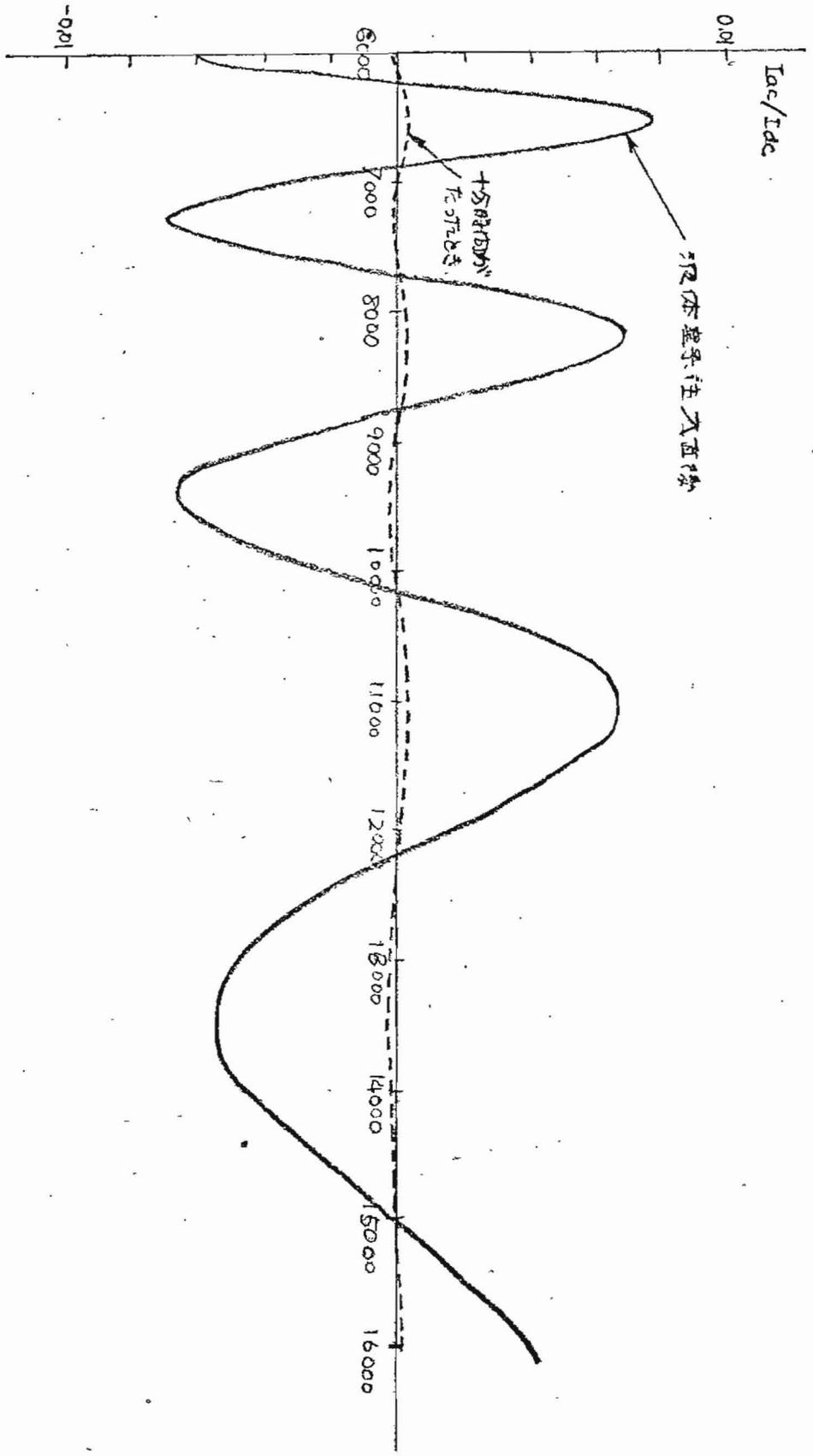


图2.2

