

い金属でももし一寸でも発振すればその瞬間には発振し易い金属と殆ど同じ出力になる。R.C. 振動の考へによれば放電電流の増加及び電極面積の減少に伴ふ出力の増大は impulse の回数の増加に依ると説明される。電極間容量 C を減じた時の一つ一つの impulse の振幅は直接に観測しても僅かしか減少しない。又前述の間隙長をかへる実験で F_s を實測して見ると 10 圖 (b) の様になる。前述の (D-P) 曲線の P は帶域幅 10^4 cycle の增幅器で観測した一種の時間平均出力であるが、この様に F_s の D による變化は大きくなきから、一つ一つの impulse の出力についても曲線型は餘り變はないものになる。長い波長で impulse の出方がはじめ D と共に増大する事は電極間にかかる直流電位差の増大によつて高周波の振幅の増大する爲と思はれる。(容量の減少による放電電気量の減少は振幅を餘り減少させない。) 併し出方が極大値を過ぎて再び減少する事は、波長が短くなるに従ひもつと D の小さい所で極大が起る様になる事と合はせ考へて、放電の成長にこの電波の一周期程度の時間を必要とする様になつた爲と解釋する事も可能ではなからうか。もしこれが正しいとすれば間隙の小さい時、発振限界の波長を 10cm とし発振の波長分布幅を考慮に入れるところの放電形成の時間として 10^{-9} 秒程度が與へられる。この様な電界強度に於ける電子の mobility は明らかでないが、簡単に $(\text{mobility}) \propto 1/\sqrt{\text{電場}}$ として弱い電場の data から計算するとこの間隙を横ぎるのに $10^{-9} \sim 10^{-10}$ 秒程度を要すると思はれる。

5. 結 語

以上此の形式の火花発振器について 1944 年以來最近に至る迄の實驗経過の概要を記述して來た。なるべく忠實に data に依つて確からしいと思はれる事を書いたつもりであるが、觀察の不充分と火花特有の再現性の悪さが相俟つて、あるひは誤った部分があるかも知れない。放電の條件を全く同一に再現する事は極め

て困難だから一つ一つの data の數値そのものにはあまり意味を持たせないでいただきたい。唯それ等多くの data の中から繰返し現れる一定の傾向には何等かの物理的意味を附してよいかと思ふ。實驗事實として注目すべき事は要約して、

- a) この様な形式の空氣中の火花放電では比較的能率よく発振出来る波長に限界の存在する事。(*)
- b) 発振の Spectrum は第一近似としては共振回路で決定されるが放電間隙内の状態によつて組織的な變化を示すこと。
- c) 特殊な自動的間歇放電が或種の金属に限つて存在し之が輻波の発振を能率化して居ること。
- d) 其の他出力變動の問題等となる。

この発振器は實用を目的として出發した。始めに述べた様に出力を上げ短い波長を出さうとする目的色々の實験は結局あまり大した進歩をもたらさなかつたが、今日でも依然として輻波の實験をする際に便利なものである。これは結局スキッチ一つで何時でも確實に働くこと、非常に廣帶域である事に由來する。

終りに終始御熱心に御指導を頂いた熊谷先生、一緒に考へて屡々 idea を提供された理學部物理教室霜田光一氏、實驗に協力された松本健、塙田甲子男の諸兄、空洞共振器の製作に協力された第一部の工作係の方々に厚く御禮申上げる。

文 獻

- 1) J. Strong : Procedures in Experimental Physics. page 159.
- 2) 山本賢三、長谷部堅陸 : 電氣學會雜誌, 69 (1949), 161.

(*) 火花間隙を油等の中に入れた場合にどうなるかは未だ實驗して居ない。Galvanometer を用ひて検出出来る位の微弱な出力では、cm 及び mm 領域の発振に成功した例が數多くある。空氣中でも第二工學部野村民也氏は波長 2cm 位まで発振させた。

鑽石檢波器の特性について (II)

— 感度の分布と周波數特性 —

阿 部 英 太 郎

On the Characteristics of Crystal Detectors. II.

- Distribution Charts of the Rectifying Ability over the Crystal Surface
and its Frequency Response.

By Hidetaro Abe.

ABSTRACT : A cat-whisker was moved along the surface of the sample crystal, and the variation of characteristics from point to point was measured. Over the same location of a sample crystal good agreements were obtained between the distribution charts of different kind of characteristics, for D.C., 50 cycle A.C. and high frequencies. On some part of surface of some silicon crystals the direction of the rectified current was different from that of others. In the case of many galena detectors, the direction of rectified current of the electro-magnetic waves of the order of 10 M.c. was opposite at lower applied voltages to that of lower frequencies.

The effect of the bulk body and soldered contact on the static characteristics was also investigated. It was found that the resistance of the soldered contact is so small and steady that it does not play an appreciable rôle in the anomalous phenomena mentioned above.

(1949年10月7日受理)

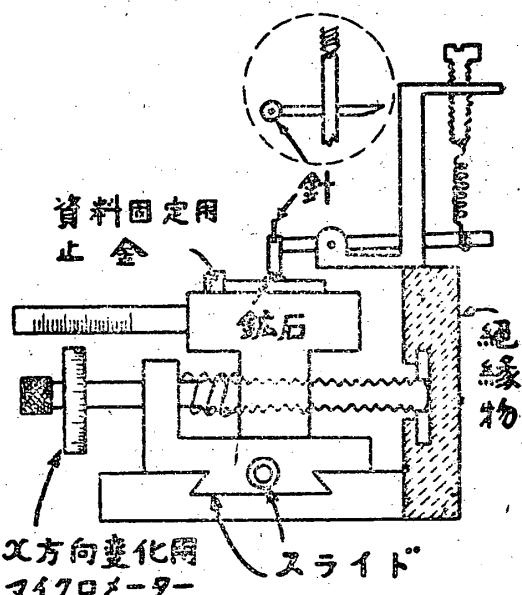
1. 緒 言

日本のマイクロ波の研究に於ては 1943 年まではその検出器たる鑑石検波器は不安定でつかいものにならないと稱せられていた。即ち机の上で動かしただけで感度が變り、ひどいものでは感度がなくなつてしまふといわれていた。しかし 1943 年に改良が行われて¹⁾ 實用上安心して使えるようになつたが、現在では外部の容器の改良によつて、こわれないという點では真空管以上のものも出來てきている。²⁾

感度が不安定である最大の原因は、針が鑑石表面に接する點が機械的ショックで動いてしまう事に由ると考えられる。そこで針が鑑石表面に接する位置をどの程度の精度で一定場所に保つたらよいか見當をつける爲に、針を鑑石表面上で移動させたとき感度がどのように變化するかを測定してみた。これは昭和 20 年に故佐野由信君が豫備的な實験を行い、³⁾ 感度のよい點は全く at random に分布しているのではなくて、domain をつくつてゐる事を見出していた。そこでこの線に沿つて實験を進め、針の位置を鑑石表面に對して相対的に充分精密に移動せしめる装置を製作し、繰り返して測定しても同じ結果が得られるまで改良した。これを用いて各種の特性と種々の周波數に對する感度を比較する事によつて、整流方向の逆轉等の興味ある結果が得られた。

2. 装 置

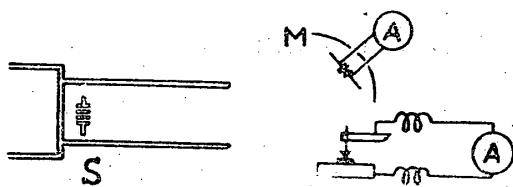
第1圖に實験装置の外觀及び針の可動部分であるビボット軸承を示す、水平面内の互いに垂直な二方向(以



第2圖 鑑石面の感度分布を測定する装置

後 α 及び β 方向と呼ぶ) に slide をもつた micro-meter 式のねじおり装置 (最小目盛は $1/100$ mm) に依つて鑑石を移動せしめる。針はタンクステン及び steel の先端を顯微鏡でたしかめて $1/100$ mm 以下の曲率に磨き上げたものである。針を鑑石面におしつけるには長い spring を用いたが、可變範囲は後に較正した所によると 40~500 gr の重量を針の直上にのせたのと同等である。

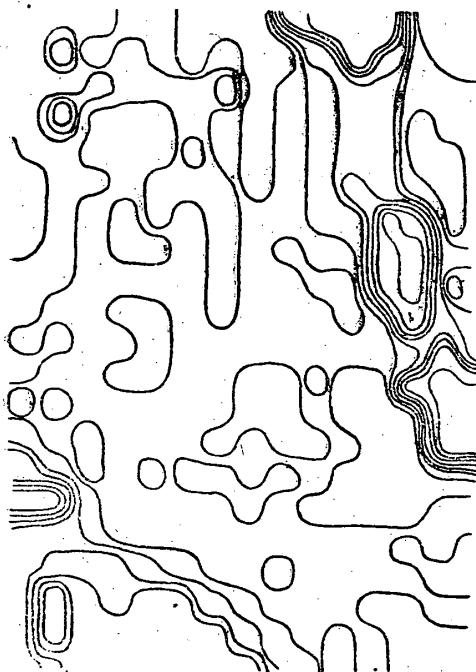
直流及び低周波交流に對する感度は前報⁴⁾のやうな回路で測定した。極波に對する感度は火花發振器⁵⁾に依つて發振せる波長約 13 cm (2300 Mc) の電波を印加したときの整流電流を用いた。第2圖にはその回路



第2圖 滬波に對する感度を測定する回路を示す。發振出力の變化は monitor M によつて補正している。發振している勢力は大體ミリワットまたはその數分の1の程度と思われる。

3. 感度の分布

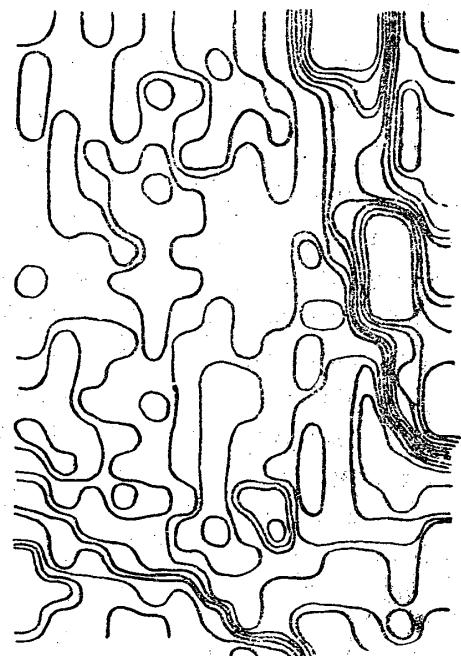
各々の場所に於て得られた感度を等感度線で結ぶと第3及び4圖の様な感度の地圖が得られる。これらはある硅素の研磨面上の同一場所に於て、第3圖は 50 サイクルに第4圖は滬波に對して得られた感度地圖である。兩者の間にかなりよい對應がみられる。この資



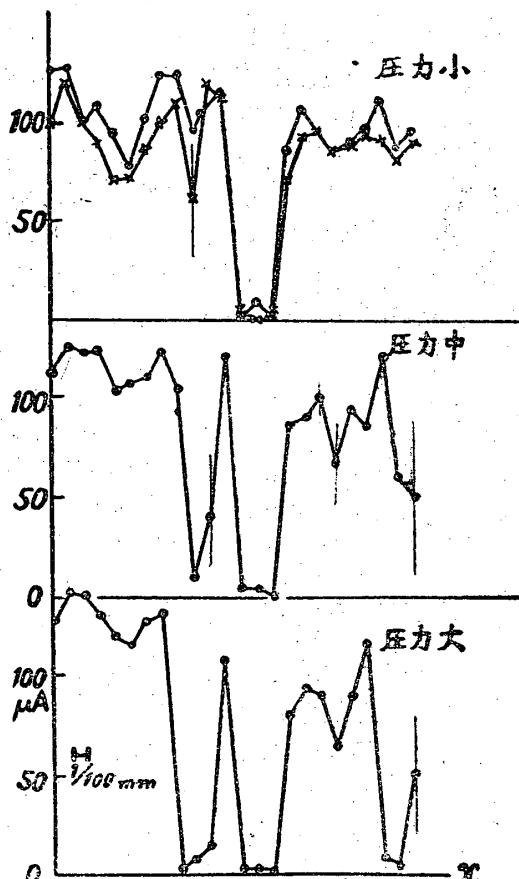
第3圖 硅素研磨面上の各點で 50 サイクル 0.5 ボルトを印加したときの等整流電流線を示す。
(鑑石面上に於ける大きさは $0.15\text{mm} \times 0.20\text{mm}$)

料で同時に靜特性も測定してみると、交流及び滬波特性の悪い部分は順電流も増すが逆電流はさらに急激に増している。測定した硅素の研磨面を顯微鏡で見たが、少し見た所では感度の地圖に相當するやうな模様はわからなかつた。

また黃鐵礦の自然結晶面について測定したが、結晶面の方向と感度地圖の模様とは全然關係がないやうである。



第4圖 第3圖と同一場所の滬波に對する感度地圖



第5圖 針に加える壓力による感度斷面の變化

第5圖は硅素の研磨面に於て針をおず壓力を変えたときの感度曲線の變化である。測定は 50 cycle で 0.5 volt を印加して行われた。

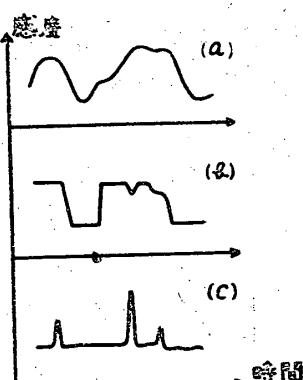
4. 感度の変動

一般に針の接触する點をかえた瞬間はや、不安定であるが、それが過ぎると感度が安定して一定値におちつく點と、静かに放置しておいても常に感度が変動してゐる點がある。しかも不安定な點は鑑石面上のある場所に集合している。多くの資料に於ては、この様な場所は感度が場所と共に急激に変化している所や、第5圖に見られる様に圧力と共に感度が急激に変化するところに多い。たまたまこの様な部分に針がおかれることが、検波器の外部容器を充分注意しても安定性の悪いものが出来る原因の一つであらう。

またこの変動についてもいくつかの類型があり典型的なものを第6圖にあげる。(a)は普通のもので周期は大體秒の程度であるが、早いものはメーターの固有周期以上である。時には思い出した様に變る事も勿論ある。(b)は大體二つのstatesがあつて時々その一方から他方へ jump するもの。(c)は(b)の極端なもので、大體安定しているが、時々思い出した様に一方向へ變化するものである。

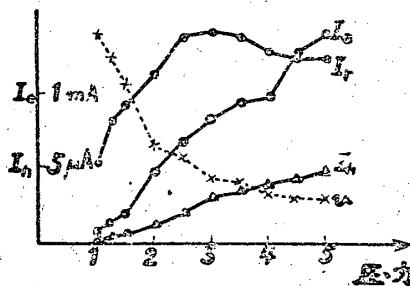
5. 圧力による特性の変化

圧力による特性の変化は極めて複雑であるが、いくらか共通した性質が見られる。第7圖に代表的な一例を示す。波長 13 cm の輻波を印加した場合の整流電



第6圖 感度の時間的変動

へつないだ時のプレート側の出力電圧（近接せる二點 A, B に対する測定）である。横軸は圧力を加えている spring の長さの変化であり、目盛 0.5~1 の附近で針が接触をはじめ目盛 6 で針の真上に約 300 gr の鍤りをのせたのと同等である。第8圖には同時に D.C. 0.5 volt を印加したときの順逆電流を示す。一般に壓



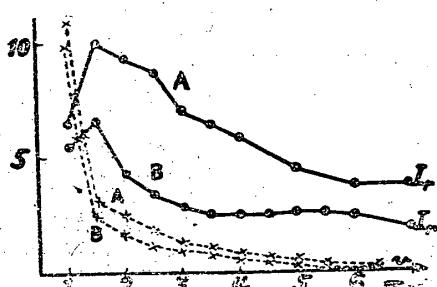
第8圖 静特性及び検波感度の圧力による変化

力を増すと順逆電流は共に増大し、整流比といわれる $(I_e - I_h)/(I_e + I_h)$ は圧力と共に減少する。この事から針の壓力が増すと鑑石検波器の實効的な内部抵抗は減少する事がわかり（この事は特性曲線をブラウン管上にかゝせ乍ら針の壓力を變えてみてもわかる）、圖の整流電流（實線）と負荷のない鑑石兩端にあらわれる電圧（點線）との對應をつけて考える事が出来る。

6. 逆整流

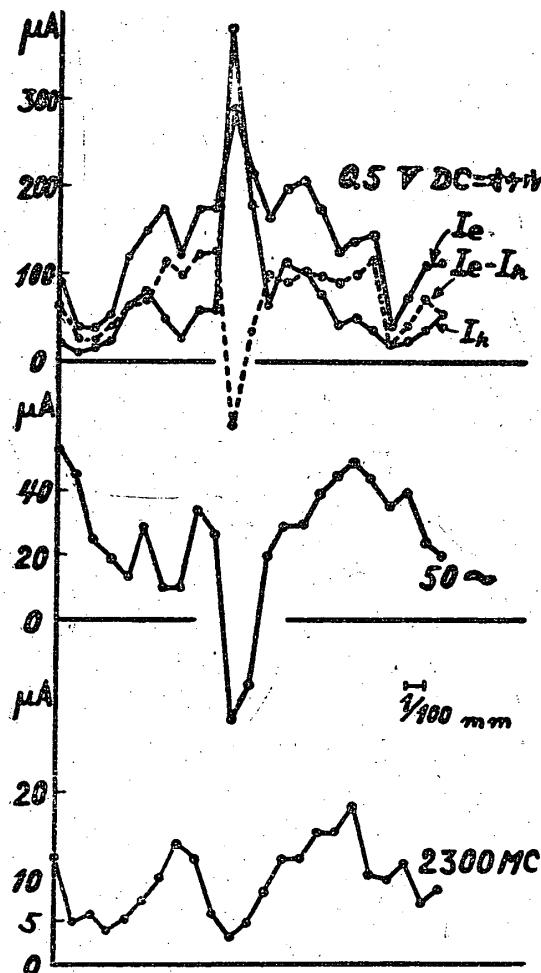
通常得られる硅素は順電流の方向が鑑石から針の方向であるが、時としてこれが逆のものがある。検波器を組立てると多い時は數 % この様なものがあらわれる。數年前實驗室では不思議な事實の一つであつた。

（しかし今日では不純物の入れ方でどの様にもなる事がわかつて來て、前者を n-type の硅素、後者を p-type と稱する。）鑑石面の交流 50 サイクルに對する感度分布を調べてみると、資料に依つては鑑石表面の一部分で整流電流の方向が逆になる事がある。これを逆整流と稱する事にする。例えば第9圖はこのやうな部分を示す感度斷面である。逆整流の部分が直徑 0.3~0.5 mm の程度にわたつて分布している事もある。この部分の靜特性は同圖上部に示した如く、順電流逆電流共に増しているが、逆電流が順電流を追い越している。こゝでも $(I_e - I_h)$ の曲線をつくると、低周波交流の感度斷面とはよく對應している。従つてこの様な異常な特性の場所でも $(I_e - I_h)$ は感度の目やすにすることが出来る。また同じ場所の輻波特性をとると、曲線の形は低周波特性の斷面とよく似ている。たゞ輻波の特性には逆整流があらわれないので、丁度低



第7圖 針に加える圧力による特性の変化。A, B は近接せる二點に對する測定値を示す。

流である。圖の實線は内部抵抗約 500 ohm のマイクロアムメーターをつないだときの整流電流であり、點線は鑑石検波器を直接真空管のグリッドとアースの間



第9圖 逆整流を示す部分の各特性の感度断面

周波特性の零點をずらしたやうにみえる。これは前報告⁴⁾に於て述べた如く、次のやうに考えれば一應の説明がつく。一つの接點に互に逆方向に整流する二つの機構が共存していて、それらの差引きとしての整流電流が観測される。そして硅素鑛石の表面の通常の場所では鑛石から針の方へ整流する機構が斷然優位にあるが、場所によつては逆方向に整流する機構の方が優位の部分があつてこゝでは整流電流の逆轉が起る。しかしこの逆方向に整流する機構は超高周波たる極波に對しては機能を失つてしまい、通常の方向の整流のみが生き残る。この様に考えれば一應の説明はつく。

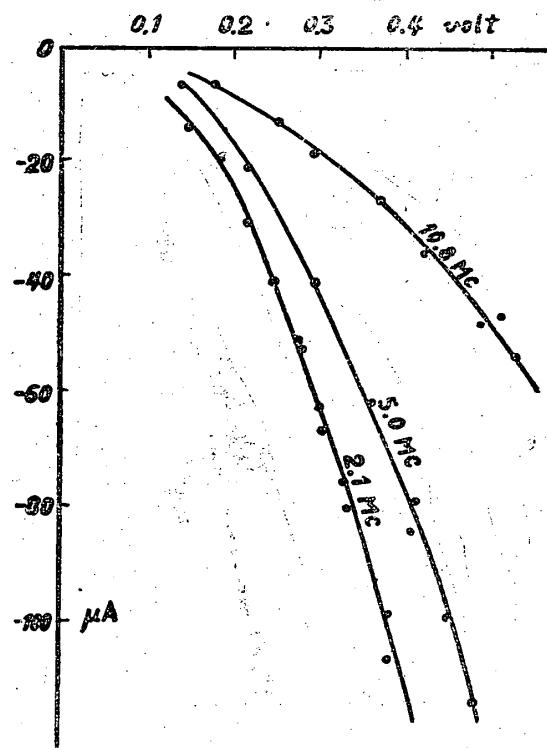
7. 鑛石検波器の周波数特性

鑛石検波器は高周波電流を検波するための装置として製作されながらその周波数特性は實驗も極めて乏しく、理論も目ぼしいものはないやうである。Goodman等⁵⁾は鑛石たる半導體内部の不純物原子の電子がionizeするに要する時間から容量の外見的減少を論じ、硅素検波器がその接點に有する容量から豫想されるより

もはるかに高周波まで能率よく動作するのを説明しようとしている。

しかし乍ら一方幾何學的には大體同等と考えられる鑛石検波器が、用いられた半導體鑛石の種類に依つては、あるものは極波の様な高周波までよく検波し、また他のものはこのやうな高周波に對しては感度が全然なくなつてしまう事も衆知の事である。即ち低周波に對しては同様な感度がありながら、硅素やある種の黃鐵礦のみが波長數極の電波までよく検波する。

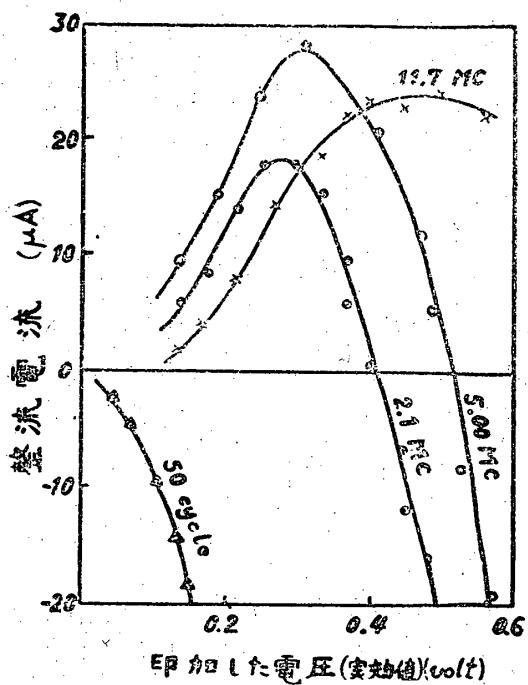
しかし方鉛礦の検波器では數 mega cycle の前後で感度はかなり急激に悪くなる。一例を第 10 圖に示す。多くの場合この悪くなり方は整流電流の比でみる



第10圖 方鉛礦検波器の周波数特性

と印加電圧の小さい場合の方がや、急激である。(但し鑛石から針の方向に流れる整流電流を正としている。

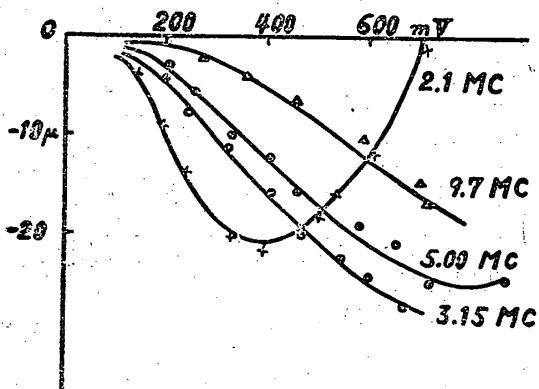
また一方相當多數の方鉛礦検波器がこの附近の周波数領域に於て、その整流電流の方向が印加する電波の周波数及び振幅に依つて逆轉することが見出された。一例を第 11 圖に示す。方鉛礦検波器の特性は一般に不安定で、特に接點に大きな電流が流れているときには熱的にまた機械的なショックで變化しやすい。また一回針をおくと鑛石面に傷がつくのか、同一場所で種々の特性の感度断面を測定して比較するという方法が採用出来ない。しかし實際に検波器として用いられる容器に組みこんでしまえば安定で、このやうな特性も



第11圖 方鉛鑄の周波數及び振幅による整流電流の逆轉

かなり長い日時がたつた後も再び繰返して測定可能である。この現象の解釋も方鉛鑄の接點に、互いに逆方向に整流する二つの整流機構があつて、静特性乃至低周波に於ては負方向に整流するものが優位であるので、差引として整流電流は負になる。そしてこの二つの整流機構は異つた周波數特性をもち周波數が高くなると負方向に整流する機構がまづその機能を失い、その結果整流電流はその附近の周波數では正方向になる。しかし更に周波數が高くなるとこの機構も整流機能を失つて整流電流は零に近づき、結局検波作用を全く失うと考えれば説明がつく。

また硅素の感度地図を測定してゐる時第12圖に示

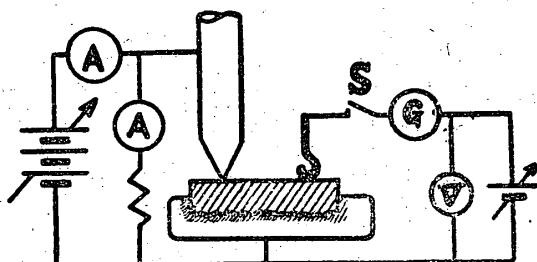
第12圖 硅素鑄石における周波數及び振幅による整流電流の逆轉
す様に方鉛鑄の場合と同じ様な異常性を示すものを見

出した。但し方鉛鑄の場合と整流電流の逆轉の有様が逆である。しかしこの様な現象は方鉛鑄に比べてはるかに頻度が少いらしく、20餘個の資料の中たゞ1個の面についてのみ観測された。なほこの資料は次節に述べる方法で測定して、鑄石の裏面はハンダで充分よく密着している事を確めてある。

8. 鑄石裏面の接觸について

鑄石検波器は多くの人が指摘している様に本質的には鑄石と金属の二つの接點（即ち針と鑄石面との接點と、その裏側の鑄石を埋めこんでいるハンダ等との間の接觸）を持つてゐる。その兩方とも整流作用があるはづであるから、實驗は必らずこの二接點を直列にした特性を測定する事になる。理論と比較するためには裏面の接觸面積は針との間の接點に比べて充分大きいと假定すると、ハンダとの間は充分密着しているものと假定するとかしていった。

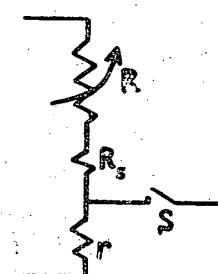
然るに上述の様な靜特性の解析や逆整流の問題を取り扱うと、それらが針と鑄石との接點自身の性質なのか、鑄石裏面の整流性が混入した事に依る副次的なもののかを決定しなければならない。それで感度地図を測定する装置を少し改造して第13圖の様に main の接



第13圖 鑄石裏面の接觸をしらべる裝置及び回路
點の他に鑄石面に對して固定した補助電極をつけ足し Brattain⁸⁾と同様の測定をした。即ち圖の様な回路で V, I を測定し、同時に電流計 G 及び電池をボテンショーメーターのやうに用いてハンダから鑄石表面までの電位差 φ を測定した。等價回路的には第14圖の様に考えて、鑄石の裏面の抵抗に相當するもの

$$r = v/I$$

を求めた。その結果 15箇程の資料について



i) r は多くの場合數 ohms の

程度のものである。即ち針と第14圖 第13圖
との間の接點の抵抗に比べての等價回路

て裏面の抵抗は充分小さい。

- ii) 實驗誤差の範囲内で r は I によらない。即ち ohmic である。(r が極めて大きくて、僅かに ohmic でない資料が 1 箇あつた。)
- iii) 針を鑽石表面上の何所におくかにより、またその壓力に依り main の針と鑽石との間の特性は千差萬別に極めて甚だしく變化するが r は大體 1 つの資料については常數である。

以上の結果からこゝで用いた sample では裏側の接觸は充分よく、測定された諸現象は針との間の接點本来のものであらうと考えられる。他にプレーパラート式でなくして、通常の検波器の容器に組みこんだ鑽石の裏側の接觸をしらべて見た。埋めこみの時少し注意して、鑽石がその表面の中央部のみを除いてはスッポリとハンダの中に入っているものは殆んど皆裏側の接觸は完全であつて、大體 0.5~10 ohms の程度に過ぎずこれは針の spreading resistance R_s の 1 部に繰り入れて考えて實際上差支えない。

9. 結 語

以上の實驗から鑽石検波器は針がおかかる鑽石表面上の場所に依つて整流方向が逆になる事がある。また方鉛鑽等では數メガサイクルに於て印加する電波の周波数及び振幅によつて整流方向が逆轉するものがある。これらは検波器の靜特性とも考え合せて、接點に互に整流方向が逆でしかも各々異つた周波数依存性をもつ二つの機構が共存すると考えれば説明し得るものである。しかしそれらが carrier が障壁を通過する機構を異なるものであるか(例へば小林秋男氏⁹⁾が溫度に依つて整流方向が逆轉する現象を説明するために用いられた Mott 型と Wilson 型の共存か), 符合の

異なる carrier (電子と正孔等) の共存か、或は今までのモデルの取方を全然変えなければいけないのかは、これから後に残された問題であらう。これらの特性が溫度に依つてどの様に變化するかを檢べる爲に、現在その準備中である。

終りに臨み常に懇切なる御指導及び御配慮を頂いた熊谷寛夫教授に心からの感謝を捧げる。感度分布を聽べる事の可能性を實驗に依つて示された故佐野由信君に、また感度地圖の測定、製圖其他に多大の御協力を頂いた林巖雄氏に、その他多くの方々の御援助に對して厚く感謝の意を表する。

文 獻

- 1) 熊谷寛夫、霜田光一、飯尾慎、湯原次郎：物理學會誌, 2 (1947) 176.
- 2) 霜田光一氏(現在東大理學部物理教室) 及び林巖雄氏(理工研)がアメリカの 1N 型に似てそれよりやゝ大型のものに改良した。
- 3) 當時東大理學部物理學科學生で、熊谷助教授のもとで學生實驗中であつた。
- 4) 阿部英太郎：理工研報告, 3 (1949), 195.
- 5) 林巖雄、阿部英太郎：理工研報告, 3 (1949), 127.
- 6) B. Goodman, A. W. Lawson and L. I. Schiff : Phys. Rev. 71 (1947), 191.
- 7) A. H. Wilson : Proc. Roy. Soc. London. A, 136 (1932), 487.
W. E. Meyerhof : Phys. Rev. 71 (1947), 727.
- 8) W. H. Brattain and J. Bardeen : Phys. Rev. 74 (1948), 231.
- 9) 小林秋男：東芝レヴュー, 1 (1946), 65.

殘響法による吸音率の決定について

五 十 歳 壽 一

Determination of the Absorption Coefficient of Sound by the Reverberation Method.

By Juichi Igarashi

ABSTRACT : The sound absorption coefficients which were reported hitherto are not definite owing to the condition of the reverberation chambers. When we choose the reverberation method for the determination of the coefficient, we must realize the uniform sound field in the room. To eliminate the effects of the normal modes of the room, the author used the