

第7圖 融點及び變態點

以上述べた様に此の變態の起る温度は主として炭素鎖の長さによつて決まり、變態後の性質はその置換基

の性質の相違に應じて變わるものと推測されるが、未だその具體的な形は判らない。これについてはX線その他による測定を準備中である。

最後にこの研究に終始御指導下さつた柿内助教授と、誘電率の結果を提供された小松八郎氏とに深く感謝する。

文 献

- (1) P. A. Thiessen E. Ehrlich : Zs. f. Phys. Chem. **B19** (2932), 299.
P. A. Thiessen E. Ehrlich : 同 **A165** (1933), 453.
P. A. Thiessen J. V. Klenck. 同 **A174** (1935), 335.
- (2) 長崎誠三・高木豊 : 應用物理 **17** (1948), 104.
- (3) 柿内賢信・櫻井敏雄 : 理工學研究所 第4回定期講演會 (1949).
柿内賢信・櫻井敏雄 : J Phys. Soc. Jap., **4** (1949), 印刷中.
- (4) 小松八郎 : 未發表.

炭化硅素の電氣的性質について

近 藤 研 二

Some Properties of Silicon Carbide

By Kenzi Kondo

ABSTRACT : Direct and alternating (50 and 3000 cycles per sec.) electric resistances dielectric constant and specific heat of powdered silicon carbide were measured at the room temperature up to 450°C.

The conductivity and the dielectric constant are increased when the temperature is raised. At about 291°C., the curves of conductivity and of dielectric constant versus temperature show knicks. The specific heat shows a broad minimum at about 330°C.

These properties may be ascribed to ionic conduction or to Sperrschicht.

(1950年1月20日受理)

炭化硅素の物理的性質及び其の表面に關連した問題に就て若干の研究が行われている。著者はこれらを補足する意味で粉末炭化硅素の電氣的性質についての研究を行つた。炭化硅素の物理的性質の本性を追求する意味では、粉末試料の研究は極めて不適當である。併し實用上では粉末をかためた物が使用されている以上それは必要なことだと考える。粉末試料についての研究は殆んど無いといつてよい現状なので、それを茲に報告する。當然のことではあるが、こゝに報告する諸結果を更に追求するためには、再び單結晶に戻る必要

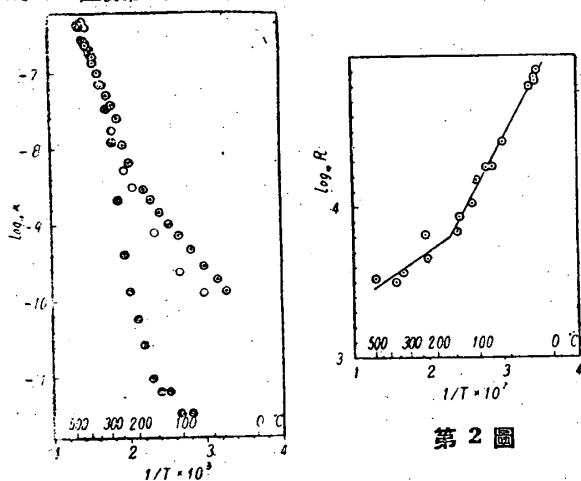
があろう。

著者は、その得た結果を單結晶についての從來の研究^{1,2,3)}と比較したが、半導體はその不純物により著しく性質を變えることを考えれば、この比較は極めて不十分なものであること勿論である。

1. 直流電氣抵抗

使用した炭化硅素は黑色を帯びた粉末で大きさは一定していない。此の粉末を鐵製の圓筒形の容器、直径29mm、幅1mm、深さ47mmに填めて、電流計と

電壓計により抵抗を測定した。炭化硅素の表面にはシリカの薄膜が生じ易いので、弗化水素で洗淨した。常温に於てはよい絶縁體であるが温度が上昇するにつれて導性をあらわして来る。装置の酸化を避けるために容器はニッケルメッキを施し、且つ石炭瓦斯中で測定を行つた。第1圖は直流電氣傳導度の對數と絶對温度の逆數の關係を示す。Weigel, Seemann のいう通り半導體ではあるが、低温では直線性がない。温度を上げる場合 (●, ○) と下げる場合 (⊙) では測定値が異なるが、高温では約 280°C 以上ではほぼ一致し、且つ直線性が現れる。試料を 1250-1350°C の間に水素氣中に 5 分間保ち、1300°C より室温まで水素氣中で約 5 分間で冷却すると試料はやや黒味を増し、粘着性を帯びて来る。此の試料についての測定結果も亦、上掲とほぼ同一である。Weigel の單結晶についての測定結果を第2圖に示したが、定性的には著者のとよく似ている。但し Weigel では高温領域 (160°C 以上) で測定點が散亂しているのに反して低温領域では比較的よい直線性を示している。



第1圖

第2圖

2. オームの法則

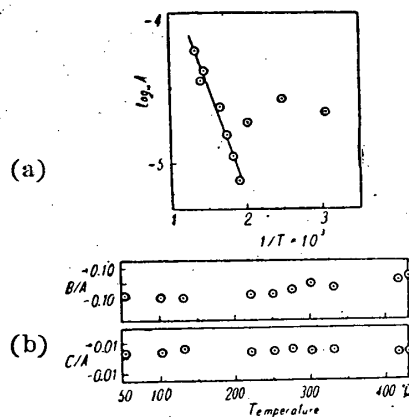
單結晶についての従前の研究によれば、炭化硅素はオームの法則に従わない。^{1,2)} このことから、炭化硅素の電氣傳導がイオン傳導を多分に含んでいることを示唆しているが、これは多分に疑問があるように思われる。

前記の試料容器と直列に高抵抗を入れ、容器の電極をブラウン管の横軸に、高抵抗の弱端を縦軸に連絡して電壓、電流特性を描かせ、各温度で寫眞に撮影し、それをコンパレーターで測定して結果を解析した。印加電壓は數十 Volt 以下の交流 (50~) である。得られた圖形は非對稱である。これは確かに試料の性質にも依

るのであるが、他方ブラウン管への結線が非對稱であることにもよる。傳導度 κ と電壓 V の關係を

$$\kappa = A + B \cdot V + C \cdot V^2$$

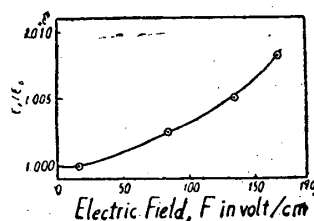
と假定して、各温度毎に A, B, C を算出し温度に對してプロットしたものが第3圖である。 A は 240°C 附近で明瞭な屈曲を示す (第3圖 a) が B/A 及び C/A (第3圖 b) は示さない。 B/A が 350°C 附近で負から正に變るのは少し珍しいが、常温での測定によると B が正のことも負のこともあることを考えると符號の變化は餘り意味のあることではないように思われる。従つて $B/A, C/A$ は温度に餘り依存せず、Ohm の法則からの逸れは温度によつて餘り變化しない。



第3圖

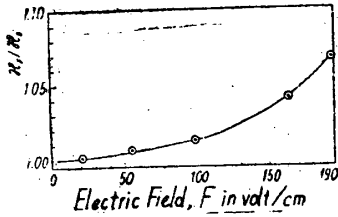
3. 誘電率と電媒損失

炭化硅素の各粒子が表面に高抵抗の皮膜を持つていると考えるならば直流による測定は此の皮膜の影響を大いに受けていることになる。この影響を調べるために 3000 ~ の交流で誘電率と電媒損失を測定した。用いた電橋は小容量の測定に用いられる Hart shorn Bridge である。試料を入れるコンデンサーとして、室温に於ける電場依存性の測定には約 350 μF の板状のもの、温度依存性の測定には前掲の圓筒容器 (73 μF) を使用した。電場の強度は Eccles-Jordan 型の真空管尖頭電壓計により電壓を測定し、計算で出す。誘電率と電氣傳導度の電場との關係を第4, 5圖に示した。試料が粉末であつて、絶對値は餘り意味を持た

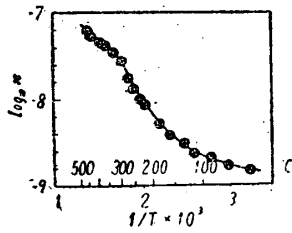


第4圖

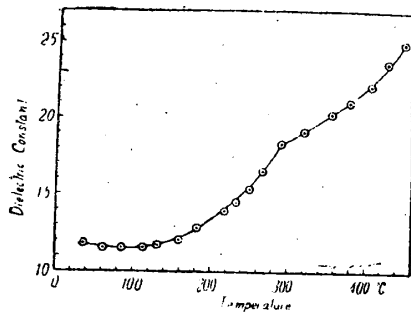
ないから電場 0 での値との比を示した。圖から分る通り、誘電率と傳導度は電場が強くなると増加する。



第5圖



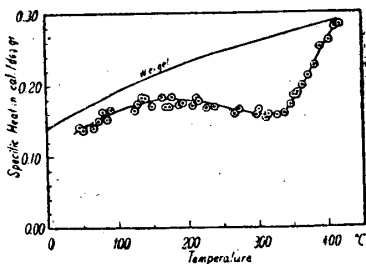
第6圖



第7圖

4. 比熱

前述の諸測定では表面の影響が大きい可能性がある之を除去するために比熱の測定を行つた。測定方法は



第8圖

著者が MnBi の測定に用いたのとは同じであるが、試料は銅の容器に收め、石炭ガスの中で測定を行つた。第8圖に其の結果を示す。上方にある實線は Weigel¹⁾ の結果

である。両者は可成り喰い違つている。

5. 結果の批判

以上の結果をまとめると次のようである。

1) 電気伝導度は與えた電壓と共に増加する。これは直流¹⁾でも、交流(50~3000 ω)でも成り立つ。

第6圖には電気伝導度と絶対温度の逆数との關係を、第7圖に誘電率と温度との關係を示した。何れも 291°C で曲線は折目を生ずる。電気伝導度は直流の場合と餘り違ひはない。従つて表面の抵抗は内部抵抗と餘り差がないと考えてよいように思われる。誘電率が温度と共に急激に増加することは特徴的である。

2) 半導體の特性を示す。290°C 附近を境にして高温領域と低温領域で挙動が異なる。著者の用いた試料では高温領域では電気伝導度の對数は絶対温度の逆数に比例する。Weigel¹⁾の結果は逆である。活性化エネルギーは同一系統の試料でも測定方法で異つている。直流測定では 0.52 eV、高温處理を施したものは 0.54 eV、Weigel¹⁾の單結晶での測定では 0.23 eV、50~の交流による測定では 0.29 eV、3000~での測定では 0.17 eV である。Weigelの結果を除けば、周波数が大きくなるにつれて活性化エネルギーが小さくなつている。

Ohm の法則からの逸脱は温度によつて殆んど變らない。

3) 誘電率は與えた電壓と共に増加する。

4) 誘電率は温度が上るにつれて顯著に増加するが、電気伝導度が挙動を變える温度 290°C で同じ様に挙動を變える。

5) 誘電率の大きさについては試料が粉末であるため信用ある結果は得られない。粉末の填充の仕方により數値が變つて來るからである。容量の大きいコンデンサーに出來る限り密に填充した場合の測定値は 6.1 位である。Weigel¹⁾が單結晶の屈折率の測定から得た結果を波長 ∞ に外挿して得る誘電率は 6.55 である。両者は接近しているが、比較してかれこれ結論を出すことは無意味であろう。

6) Weigel の試料では Debye の曲線に沿っているが、著者の試料では 330°C 附近にゆるやかな極小を生ずる。Ohm の法則からの逸脱の原因としては、イオン電流の存在と粒子の表面の影響が考えられる。

1)~4) の諸結果は上記の二つの機構の何れでも説明が出來そうに思われる。之に反して 5) は何れにも都合が悪い。イオン傳導があるとすれば低周波測定による誘電率は光波によるそれよりずつと大きい筈である。同様に表面層が關係するとすれば、表面の殆んど影響しない光波による誘電率と影響のある低周波によるそれとの値は喰い違ひる筈である。それでは全く別の原因を考えるべきであろうか。著者は 5) の實驗結果が不充分であると考え度い。

比熱においては非常にゆるやかな極小がある。従つて 290°C でみられる電氣的性質の異常性は結晶變態によるものではない。この比熱の舉動に解譯を早急につけることは危険である。比熱の異常と電氣的異常を結びつけるならば、この異常性は表面の現象と考えられないこともない。單結晶の塊では表面の影響は無視出來るが、粉末では無視出來ないからである。又

Weigel の結果にあらわれた異常性と著者のを全く別の現象とみなせば、内部的な現象とも考えられる。
 終りに臨み種々御援助を賜つた木村所員に厚く御禮を申し上げます。

文 献

- 1) O. Weigel : Göttinger Nachrichten (1915) 299.
- 2) H. J. Seemann : Phys. ZS., 30 (1929) 143.
- 3) E. Friedlich : ZS.f. Phys., 31 (1925) 814.
 F. P. Henninger : Ann. d. Phys., 28 (1937) 245.
- 4) G. I. Finch and H. Wilman : Trans. Faraday Soc., 33 (1937) 337.
- 5) 近藤 : 理工研報告, 第2巻, 1948年, 148頁,

クライストロンに使う空洞共振器の 波長とQ値の近似計算について

熊谷寛夫・山田和郎・庄野久夫

An Approximate Calculation of the Wave Length and the Q-value of Resonant Cavities used for Klystron Oscillators.

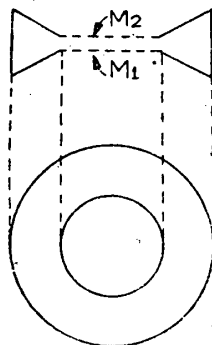
By Hiroo Kumagai, Kazuo Yamada and Hisao Shōno.

ABSTRACT : The resonant cavities used for klystron oscillators being special in type, their resonance wave-length and Q-value can be calculated by a simple approximate method, which was applied successfully for the selection of the cavity dimensions for a klystron of 1.8 cm wave-length.

(1950年2月27日受理)

1. 緒 言

クライストロンに用いる空洞共振器は第1圖のよ
 うな形状をしている。電子が金網 M_1 と M_2 の間を
 通過する時に、速度變調をうけ走っている間に密度變
 調となつて、この空洞の同じような金網の間を通過し
 て空洞に振動のエネルギーを與える。この時に電子が
 短時間に二つの金網の間を



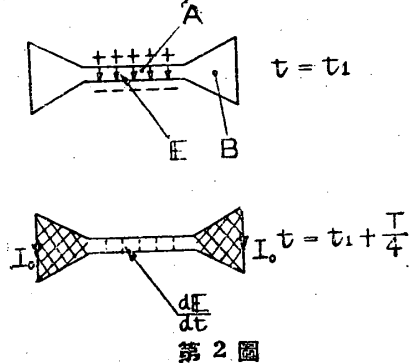
第1圖

通過するために、 M_1 と M_2 は近づけられている。
 このように M_1 と M_2 が近接していることと空洞
 全體が回轉對稱であるため
 に、こゝで述べるような簡
 單な近似計算を行うことが
 出来る。このように問題は
 木原氏⁽¹⁾や小口氏⁽²⁾によ
 つて取扱われているが、こ

こに述べる方法はこれらよりも近似が悪いので少しの
 誤差はあるが、實際の設計にあつて充分に使用す
 ることが出来、計算が簡單であるから利用價値が多いと
 思ふ。實際に我々は波長 2.8 cm 又は 1.8 cm の組
 立式クライストロンを作るにあつて、ここに述べる
 計算方法を道案内として使用した。

2. 波長の計算

空洞を第2圖のように上下の電極が近づいている



第2圖