

SiC 焼結形バリスタの V-I 特性

V-I Characteristic Properties of Sintered Silicon Carbide Varistor

竹原 俊* 齋藤 弘**
Suguru Takehara Hiroshi Saitō

要 旨

SiC 焼結形バリスタの導電機構について概説するとともに、バリスタ素子の良否を決める電圧-電流特性に関してこれに影響を与えるおもな要因を抽出して検討を加えた。

1. 結 言

SiC 焼結形バリスタは人工結晶である炭化ケイ素 (SiC) を主原料とし、これに粘土質などの結合剤を加え高温焼成した非直線性抵抗素子である。この素子の良否は電圧電流特性 (V-I 特性) ならびに寿命によって評価されるが、特に前者は寿命特性にも関連し重要である。V-I 特性に影響を与える因子は種々考えられるが主として製造工程の初期のものが多い。そこで V-I 特性を示す素因となっている SiC 粒子同士の接触導電機構にいくつかの考察を加えるとともに、V-I 特性に影響を与えるおもな要因を抽出しそれらと V-I 特性との関係について検討を加えた。

2. SiC 焼結形バリスタ

2.1 V-I 特性

SiC 焼結形バリスタ (以下 SiC バリスタと記す) は一定の抵抗値を持たず電圧に抵抗値が依存し、電圧の上昇とともに抵抗値が減少する。そのうえ、一般の整流素子のような極性を持たず原点に対してまったく対称的な V-I 特性を持っている。V-I 特性は次式で近似的に表わされる。

$$I = KV^n \dots\dots\dots (1)$$

ここに I : 通過電流 (A)

V : 印加電圧 (V)

K : 形状寸法などで決まる定数

n : 電圧非直線係数と呼ばれ普通 2.5~4.5 程度

(1) 式の対数をとると

$$\log I = \log K + n \log V \dots\dots\dots (2)$$

となり対数目盛で直線を示す。次に $\beta = 1/n$ とおけば (1) 式は

$$V = CI^{1/n} = CI^\beta \dots\dots\dots (3)$$

となる。ここで β は電流非直線係数と呼ばれる。また (2) 式から n 値は次式によって求めることができる。

$$n = \frac{\log(I_1/I_2)}{\log(V_1/V_2)} \dots\dots\dots (4)$$

ここに V_1 : 電流 I_1 (A) の時の印加電圧 (V)

V_2 : 電流 I_2 (A) の時の印加電圧 (V)

なお、 K 値については F. A Schwertz 氏ら⁽⁴⁾ は粒子集合体の場合について次の関係が成立するとしている。

$$K = K_0 A P^{n/m} d^{n-2}/t^n \dots\dots\dots (5)$$

ここに A : 電極面積 (cm²)

t : 電極間距離 (cm)

P : 集合体への印加圧力 (kg/cm²)

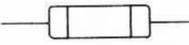
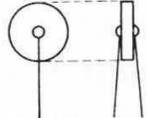
d : SiC の粒径 (cm)

K_0 : SiC の種類形状などによってきまる定数

* 日立化成工業株式会社桜川工場

** 日立化成工業株式会社桜川工場 工学博士

表1 日立ハイシックバリスタの規格表

分類	形式	定格 (W)	形状寸法 (mm)	抵抗値範囲	備 考
高圧用	VR-H	1/2	5φ×15±1.5	kΩ MΩ 160~2/0.5mA	ロッドタイプ 
	VR-K	1	6.5φ×25±1.5		
	VR-M	2	7.0φ×35±1.5		
低圧用	VD-H	1/2	18φ×2±1	Cf. 低圧用特性図	ディスクタイプ 
	VD-K	1	25φ×2±1		
	VD-M	2	30φ×2±1		
	VD-HL	1/2	18φ×2±1	Cf. 低圧用特性図	
	VD-KL	1	25φ×2±1		
	VD-ML	2	30φ×2±1		
	VD-GS	1/4	14φ×1±0.5	Cf. 低圧用特性図	
	VD-HS	1/2	18φ×1±0.5		
	VD-MC	2	30φ×1±1.5	250Ω±20%/AC 80V	

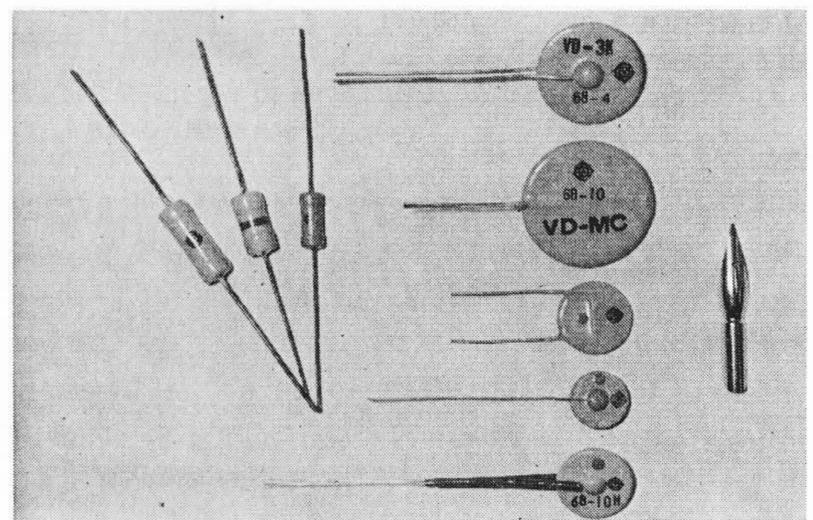


図1 日立ハイシックバリスタ

m : 3~3.5 の定数

2.2 SiC バリスタの種類

目的に応じて種々の分類法があるが、一般にはテレビなどの高電圧回路に使用されるロッドタイプ、通信機などの回路に使用されるディスクタイプに大きく分類されるが、ワッシャタイプのような特殊形状のものもある。表1は日立ハイシックバリスタの製品規格である。また図1は代表的な製品を示したものである。製品規格のうちディスクタイプのものはさらに高抵抗、中抵抗、低抵抗の三つに区分されている。代表的なものの V-I 特性を図2に示した。

2.3 製造方法

バリスタの一般的な製造工程は図3に示すとおりである。SiC と粘土の配合比は通常 6:4 程度で必要に応じてグラファイトや磁器化剤などが加えられる。成形はプレス成形、押し出し成形などが行なわれ焼成は空气中またはふんい気中に行なわれる。電極付けはメタリコンが一般的であり、塗装は防湿が目的である。

2.4 用 途

SiC バリスタは主として火花消去用素子として用いられる。バリ

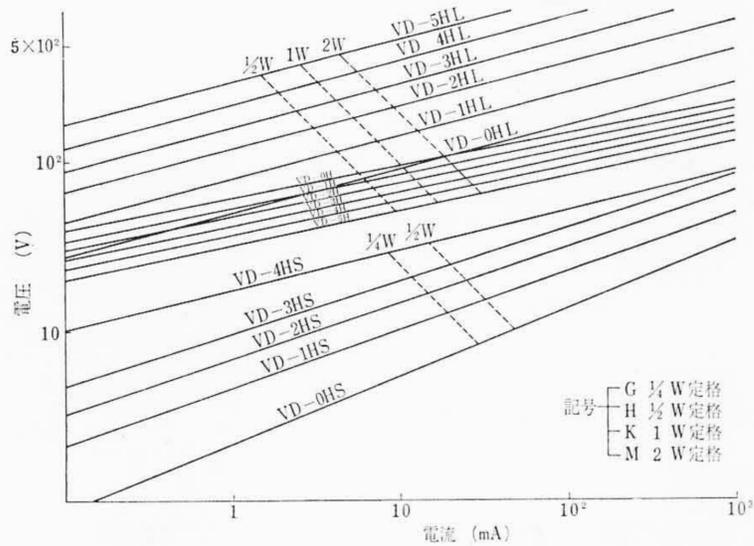


図2 ディスクタイプバリスタの代表的な V-I 特性

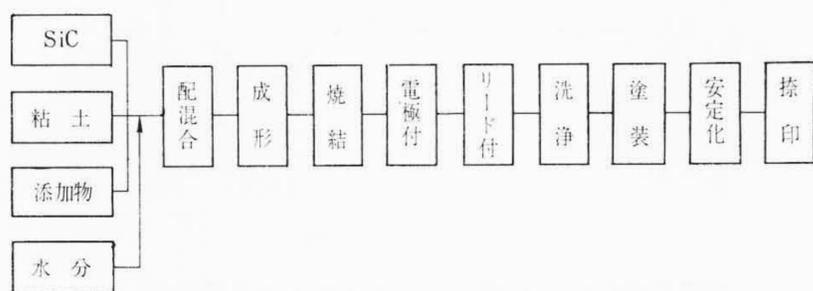


図3 SiC バリスタの製造工程

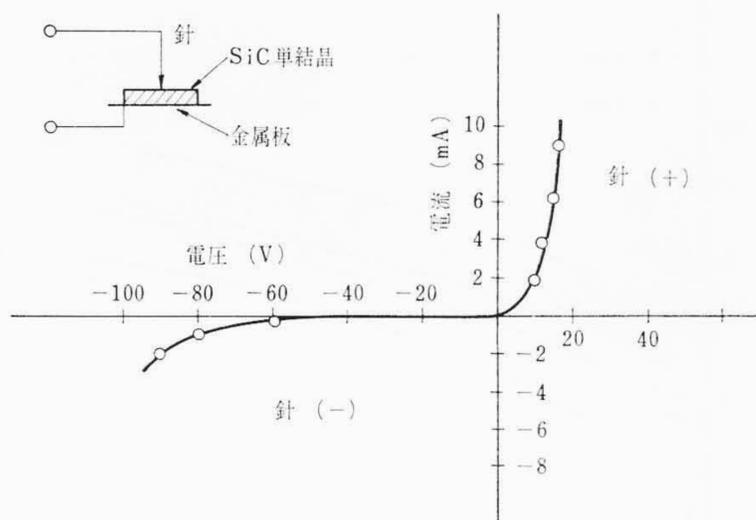


図5 SiC-Bronze の V-I 特性

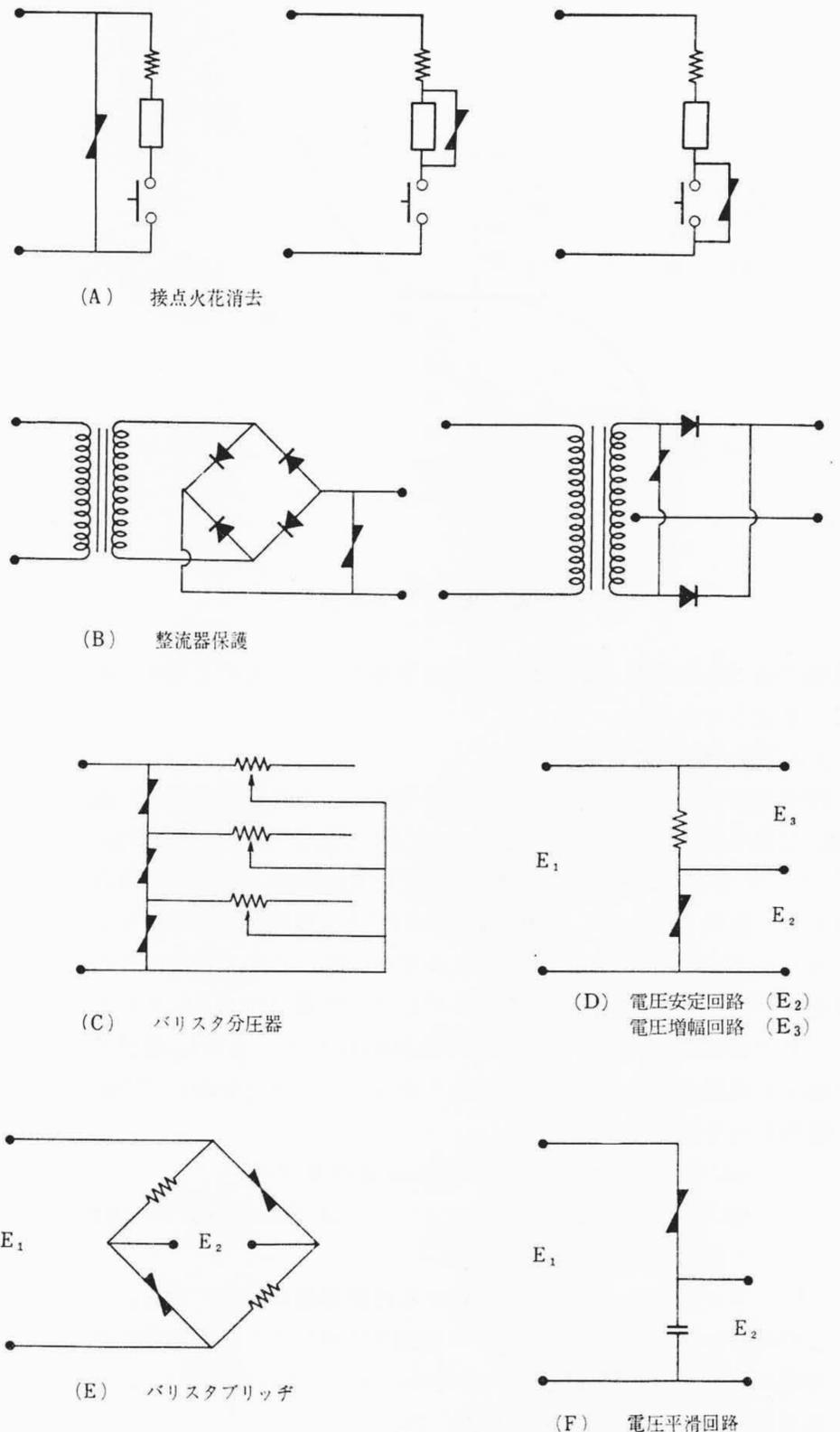


図4 バリスタの応用例

スタ的性質を示す素子としてはそのほかに、セレン、シリコン、C-R 複合などがあるが、これらのものに比べて極性がないこと、エネルギー吸収能力が大きいこと、耐圧性にすぐれ安価であることなどの特長があるため現在数多く使われている。表2に火花消去用素子としての各素子の長所短所を比較した。これよりSiCバリスタはほかの素子にみられない長所を持つことがわかる。おもな用途としては接点の火花消去、回路の異常電圧吸収、整流器の保護などが知られているがそれらをまとめたのが図4である。このほかにもバリスタの用途はさらに広がることが予想される。

3. SiC バリスタの導電機構

3.1 SiC 粒子の状態

Pure-SiC の結晶が絶縁物であることから黒色および緑色 SiC の導電性は不純物によるものと考えられている⁽²⁾。一般に黒色 (以下Cと略す) のものは*p*形半導体、緑色 (以下G.Cと略す) のものは*n*形半導体であることが確かめられている⁽³⁾。Lely氏⁽⁴⁾によると不純物元素としてNやPを含有するものは緑色を呈し、AlやBを含有するものは黒(青)色を呈する。G. Bush氏⁽⁵⁾の測定ではそれぞれの固有抵抗はG.Cでは $0.3 \sim 1.0 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 、Cでは $0.55 \sim 1.6 \Omega \cdot \text{cm}$ であ

表2 火花吸収用バリスタの比較

種類	項目	方向性	耐パルス性	使用電圧範囲	占有するスペース	エネルギー吸収能力	コスト	備考
SiC バリスタ		なし	よい	>5V	小	大	低	非直線性がわるい
ツェナーダイオード		あり	わるい	<5V	小	小	高	リレー遅延生ずることあり
セレンバリスタ		あり	わるい	<25V	小	小	高	保守が必要
C R 部品		なし	よい	—	大	大	高	逆放電発振あり

った。いずれのSiC粒子も生成時高温にさらされるためその表面に酸化層を有していて、その厚さは中戸川氏によると $3 \times 10^{-7} \text{cm}$ 程度である⁽⁶⁾。この酸化層はSiO₂であり1,200~1,300°C以下では無定形であることが確かめられている⁽⁷⁾。SiO₂層におけるSiCの状態についてはPatrick氏はP-N接合の存在を主張している⁽⁸⁾が、嶋山氏らは黒色単結晶を用いて電極にCuメッキしたものについては図5のような整流特性がえられること、SiC粒子同士の接触では図6のような対称的なV-I特性がえられること、および針を立てると整流性が現われることなどからSi、Geなどと同様に表面にSchottky typeのBarrierができていたものと考えた⁽⁹⁾。そのほか、難波氏⁽¹⁰⁾、G. Goffaux氏⁽¹¹⁾なども同様な結論をえているので

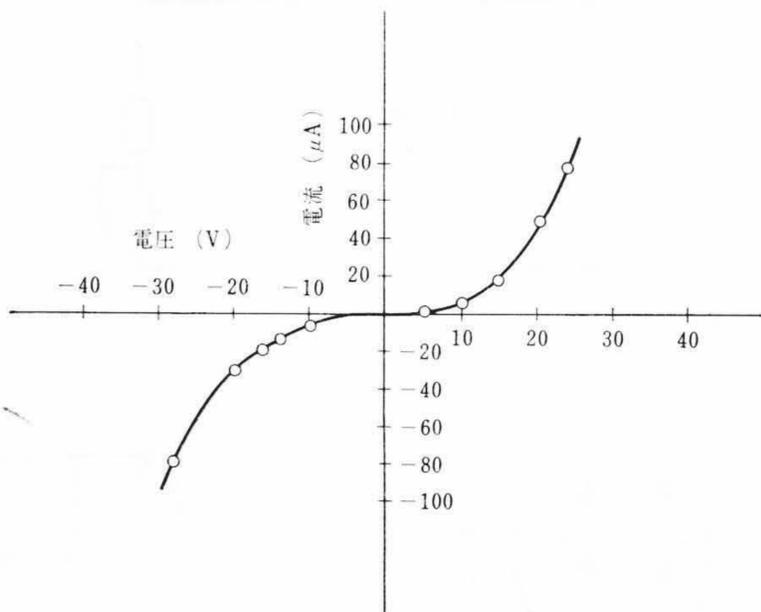


図6 SiC-SiCのV-I特性

現在では Schottky Barrier の存在はまちがいないものと考えられているようである。

3.2 導電機構

粒子の接触状態における導電機構説明においては表面酸化層の理論的な取り扱いが大きな問題となっている。たとえば R. Stratton 氏⁽¹²⁾, W. Heywang 氏⁽¹³⁾ らの呈示している機構はこの酸化層の存在を全く無視しているし, Kurtzschstow 氏⁽¹⁴⁾は表面酸化層のポテンシャルが Bulk のキャリアの熱エネルギーに比べて高く電流はこの層をトンネル効果で貫通するキャリアによって運ばれるとしているがこれは実測値と一致しないことが確かめられている⁽¹⁰⁾。難波氏は従来の理論の総合的判断と実験から次の三つの仮定をおいて SiC の接触特性を説明している⁽¹⁰⁾。

- (1) SiC 表面には Schottky Barrier が存在する。
- (2) SiC 表面の酸化皮膜のポテンシャルは Schottky Barrier の高さに等しい。
- (3) キャリアはこれらの Barrier を拡散理論に従って通る。

この時の n 形 SiC に対するモデルを図 7 に示した。以上の仮定により求められた SiC 接触間の V-I 特性は次のように表わされる。

低電圧領域: $V_a < 4\phi_0 \mu/\mu' \delta/L_0$ では

$$I = \sigma(\mu/\mu') e^{-e\phi_0/KT} \cdot V_a/\delta \dots\dots\dots (6)$$

高電圧領域: $V_a > 4\phi_0 \mu/\mu' \delta/L_0$ では

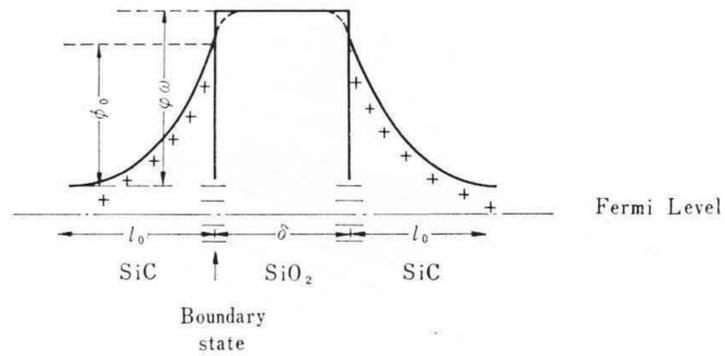
$$I = 2\sigma\phi/L \left\{ 1 - \left(\frac{V_a/4\phi - \mu/\mu' \cdot \delta/L}{1 + \mu/\mu' \cdot \delta/L} \right)^2 \right\} \times \exp \left\{ -e\phi/KT \left(1 - \frac{V_a/4\phi - \mu/\mu' \cdot \delta/L}{1 + \mu/\mu' \cdot \delta/L} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (7)$$

- ここに ϕ : $(\pi N_e^2/2\epsilon)L^2$ で表わされる Schottky Barrier の高さ。
- L : Q/N_e に等しい, 接触した SiC 自由表面における二つの空間電荷層の長さ。図 7 で $L=l_1+l_3$
- N : SiC 表面のイオン化された不純物核濃度。
- Q : L における全空間電荷。
- $\mu\mu'$: それぞれキャリアの SiC Bulk, および SiO₂ 層における易動度で $\mu \cong \mu'$ とおける。
- δ : SiO₂ 層の厚さ。
- σ : SiC の電気伝導度。
- ϵ : SiC の誘電率。

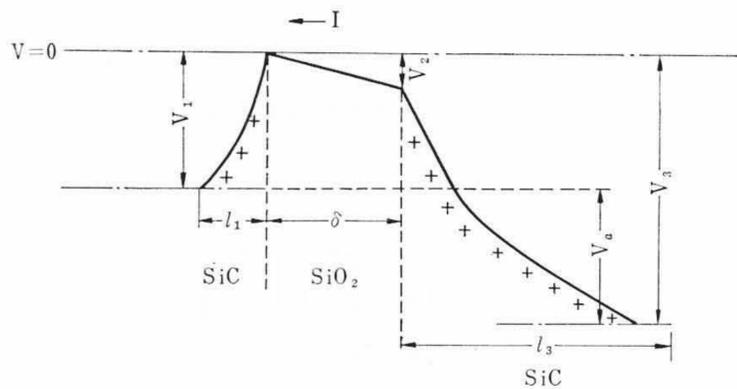
V_a : 印加電圧で Suffix 0 は $V_a=0$ の時の値である。

実測によると $\delta/L_0 \cong 1/2$, $\phi_0 \cong 0.5$ V であるから (6) 式は $V_a < 1$ (V) で成立ち, $\sigma/\delta e^{-e\phi_0/KT} = K$ とおくと

$$I = KV_a \dots\dots\dots (8)$$



(A) 平衡状態



(B) 電圧 (Va) 印加

図7 SiC 粒子接触におけるエネルギー準位図

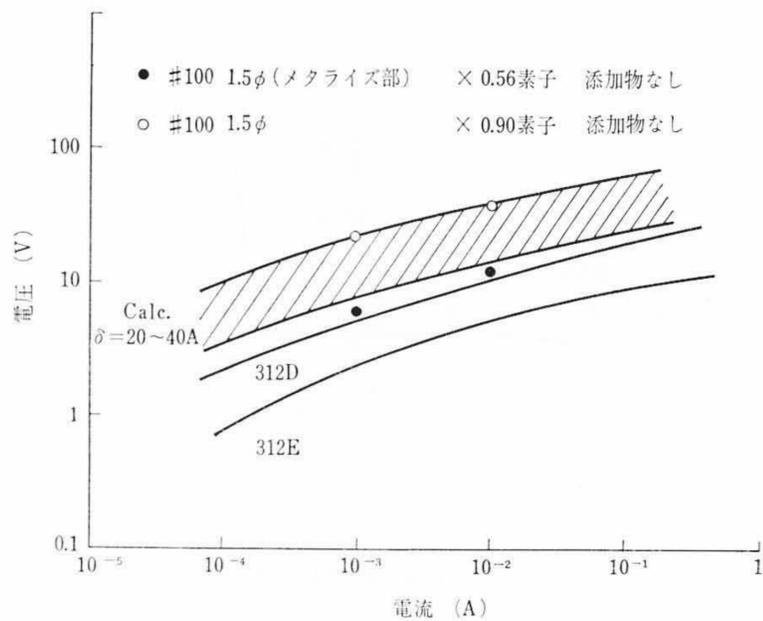


図8 V-I 特性の計算値と実際値との比較

となり直線性を示す。一方 (7) 式より $V_a > 1$ では (1) 式における n の値は印加電圧 V_a の関数であることがわかる。以上より SiC 単位接触到に 1 V 以上が分担されていない場合は非直線性が期待できないこと, 1 V 以上が分担されている場合は n 値は V_a に依存することが結論される。この特性式の適否に関しては難波氏らは実際のバリスタ素子の例として Bell Lab. 312 形の V-I 特性⁽¹⁵⁾ と比較しているが計算値のほうがやや高抵抗値を示し, ずれている⁽¹⁶⁾。難波氏らはこれを少量のグラファイトの混入に帰因しているが, われわれが難波氏らの計算条件に合わせて作製した試作品の測定結果とは図 8 に示すように非常に良い一致をみた。

4. 各種要因と V-I 特性

SiC バリスタの V-I 特性に影響する要因は多く, 相互作用などもあって複雑である。工程から主要な要因を抽出すると図 9 に示すとおりである。ここで V-I 特性を抵抗値と非直線係数 β とに分けて考えると両者の間には図 10 のような相関関係があり, ロッド, ディスク両タイプとも同様である。図 10 で $E_{0.5}$ は 0.5 mA 流すに必

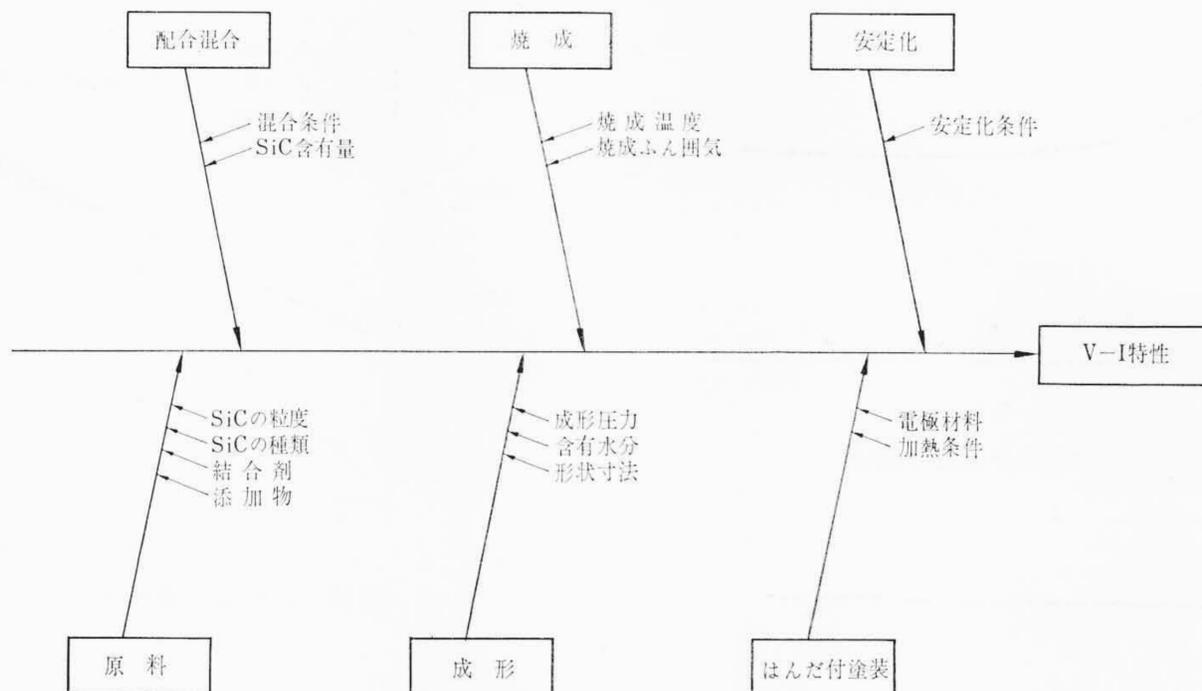


図9 V-I 特性に影響する要因

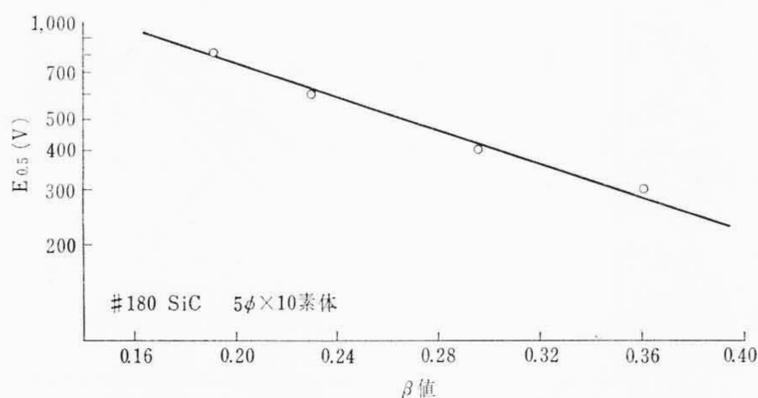


図10 抵抗値と非直線係数との関係

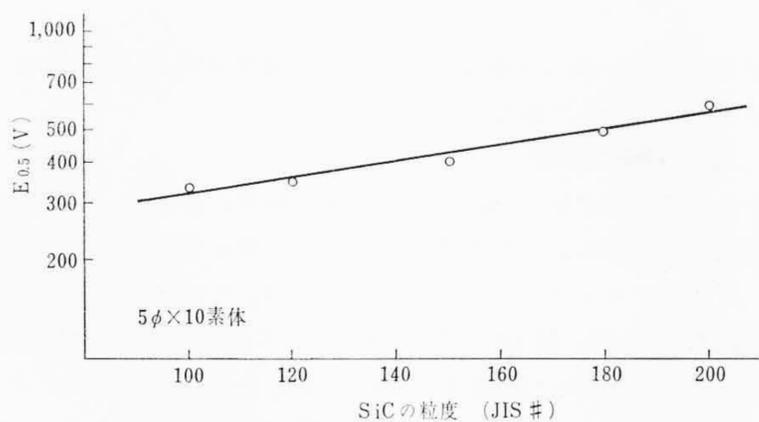


図11 抵抗値とSiC粒度との関係

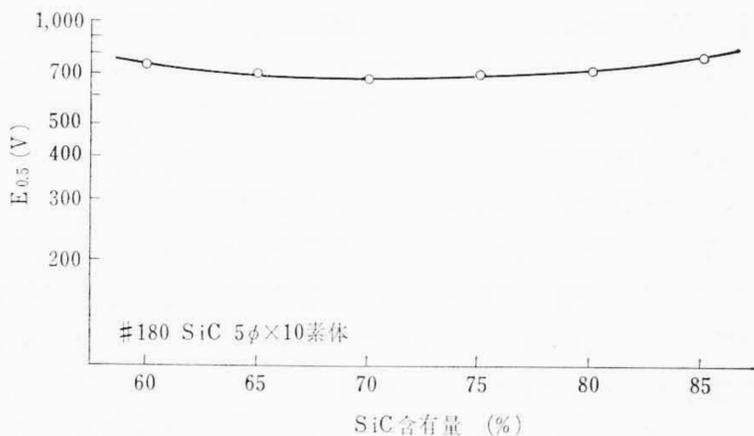


図12 抵抗値とSiC粒子含有量との関係

要な電圧を表わしている。V-I 特性を左右するのは SiC 接触部の面積、接触点の数などであるから同一接触点数の場合は $E_{0.5}$ と β 値は図 10 のような形で相関するものとする。

表3 SiC 粉末抵抗のメーカーによる差

メーカー	N 社	S 社	S 社	K 社	K 社
項目					
E_{10} (V)	355	540	750	572	740

* 使用粒子 44~53 μ

表4 SiC の種類による V-I 特性の差

項目	粒度 (JIS #)	焼成温度	$E_{0.5}$ (V)	β
種類				
GC	180	1,320°C	780	0.312
C	180	1,280°C	779	0.187

4.1 SiC 粒度の影響

構成される SiC の粒度と抵抗値 ($E_{0.5}$ で代用) との関係は図 11 のとおりである。すなわち同一形状寸法の場合粒子が細くなるほど SiC の接触点数が多くなるので抵抗値は大となり、単位接触点あたりの分担電圧が小さくなるので β 値は大きくなり直線性に近づく傾向を示す。したがって粒子を細かくして同一抵抗値にするためにはより高温で焼成する必要がある β 値も悪化することになる。

4.2 SiC の種類による差

メーカー数社の SiC 粒子の抵抗値を比較したのが表 3 である。この抵抗値の差はそれぞれその原料、製法に依存している。同一メーカー品でもロットによって相当大きな差が生ずることがあるので特に注意を要する。また表 4 は GC と C との差を示したものであるが、GC の β 値が大きいのは同一抵抗値にするため高温で焼成したためもある。GC が高抵抗値を示すのは含有する不純物濃度が原因と考えられる。

4.3 SiC 含有量の影響

一般に SiC 含有量は 60~70% とされているが図 12 に示すように 70% 近辺に抵抗値の極小点がある。含有量の減った場合の抵抗増加は SiC 接触点数の増加とは考えられないので、結合剤として用いる粘土の絶縁性セラミックの影響と見るべきであろう。一方 SiC 含有量が多すぎると素体の強度が低下したり、ポーラスになったりすることが多い。

4.4 水分量の影響

成形時保持する水分量によってバリスタの抵抗値は大きく影響を受ける。両者の関係を図 13 に示した。含有水分 8% 前後を境にしてそれ以下では急激に抵抗値が大きくなる。これは結合剤として用

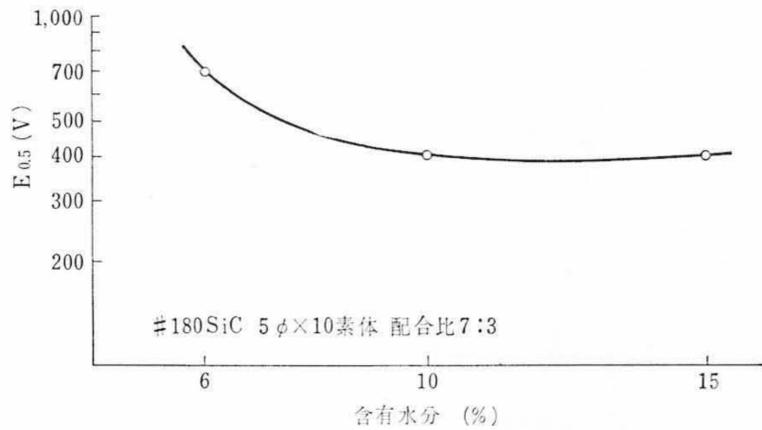


図13 抵抗値の含有水分量との関係

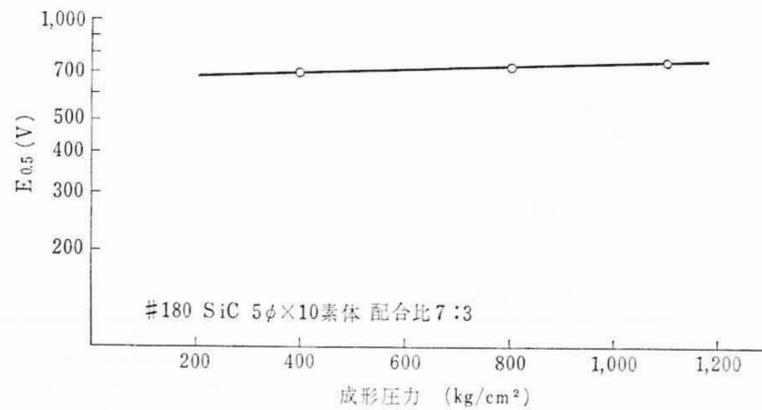


図14 抵抗値と成形圧力との関係

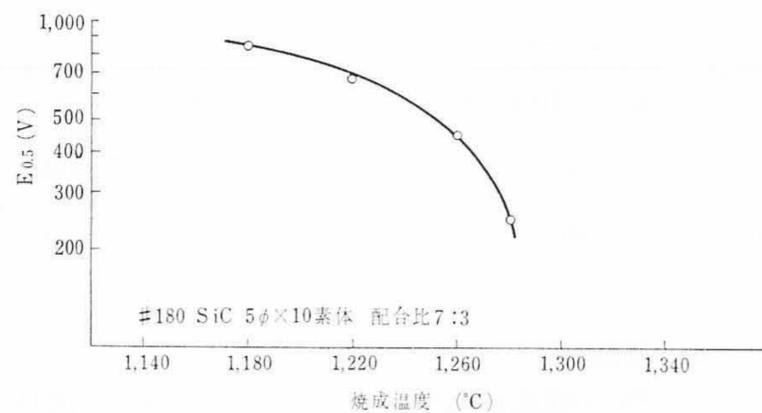


図15 抵抗値と焼成温度との関係

いられている粘土類の可塑性と関連がありそうである。すなわち成形時水分が少ないほど SiC 粒子の動きがにぶくなるためであろう。含有水分量は成形性にも関連するのであまり大きく変えることができず通常6~10%とされている。

4.5 成形圧力の影響

成形圧力の V-I 特性に及ぼす影響は比較的小さいが図14に示すように圧力に比例して抵抗値も大きくなる傾向をみせている。また成形圧力にも下限があって水分との関連もあるが 200 kg/cm² 以下では急激に高抵抗になる傾向を示している。

4.6 焼成温度の影響

焼成温度の影響は非常に著しい。温度が高くなると SiC 粒子の接触面積が大となるので抵抗値は下がるが、これにともなって β 値も急激に増加する。焼成温度は結合剤の種類によって異なるが一般には 1,300°C 以下である。図15は両者の関係を示すものであるがこれより温度が 1°C 高くなると E_{0.5} (V) で 5V の差が生ずることがわかる。N₂ などの非酸化性ガスふんい気中での焼成では SiC の酸化が進まないのので空气中焼成よりも若干低抵抗値となる傾向を示すようである。

4.7 形状寸法の影響

一例としてロッドタイプ素子 (5φ) の長さとの関係を示したのが図16である。両者が直線の関係にあるのは抵抗値の接触点依存性を物語っている。同一抵抗値の場合素子の長さの小さいほ

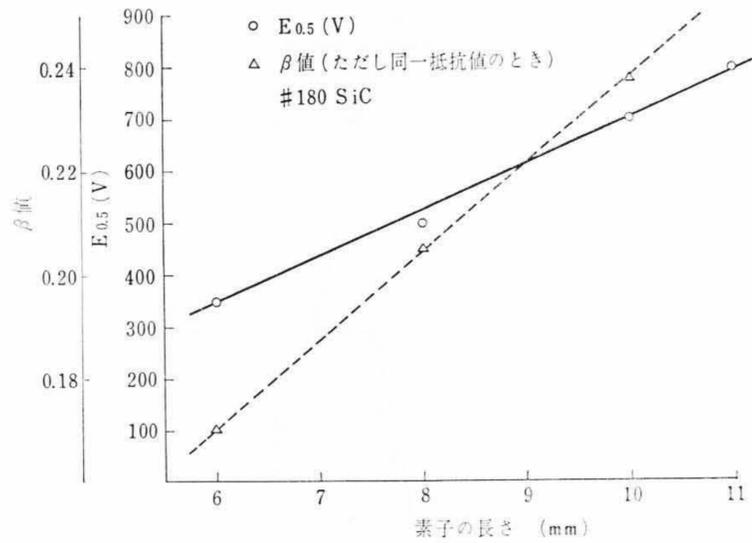


図16 抵抗値と素子の長さとの関係

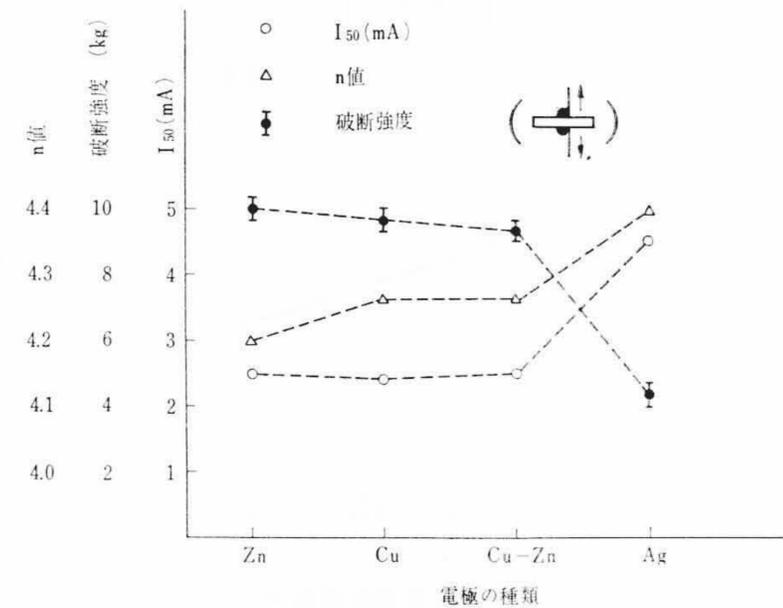


図17 電極材料の影響

うが β 値も小さいのは各焼成温度が素子の長さが小になるに従って下がっているためである。

4.8 電極材料の影響

バリスタには必ずなんらかの形で電極が付けられるが、電極に使用する金属の種類によって V-I 特性に大きな差が生ずることがわかった。ディスクタイプのバリスタの場合についての検討結果を示したのが図17である。図17で I₅₀ (mA) というのは 50V 印加時の電流値である。亜鉛 (Zn) 黄銅 (Cu-Zn) 銅 (Cu) と溶射メタライズであるが銀 (Ag) だけはペースト焼付されている。図17から Ag 電極が最も抵抗値が低かつ n 値が大で非直線性にもすぐれていることがわかる。ただし電極に端子をはんだ付けした場合の接着強度は最も低い値を示している。以上のような結果の原因についてははっきりしていないが、半導体と金属との接触という面から金属材料の仕事関数に関する考察だけでは解決しえない部分もあるようである。

4.9 添加物の影響

バリスタで SiC 粒子のみを使用していると抵抗値に限界がある。たとえば抵抗値低下の手段としては大粒子を使って薄い素体を作ればよいのであるが両者は最終的に相反するのでかならず抵抗値の下限が生ずる。このため種々の導電性添加物の添加が必要となってくる。導電性添加物として最も一般に使用されているのはカーボン(またはグラファイト)粉末である。これらは添加することによって単にバリスタに対して直線性の低抵抗 (R) を並列させたのと同様となり抵抗値の低下には効果があるが、β 値が悪化し、そのうえ酸化されやすいので N₂, H₂ ガスなどのふんい気で焼成しなければならず、添加量の 1% の誤差が抵抗値に 90% 影響するという報告⁽¹⁵⁾ などもある。あまり好ましい添加物とはいえないようである。そのほかの添

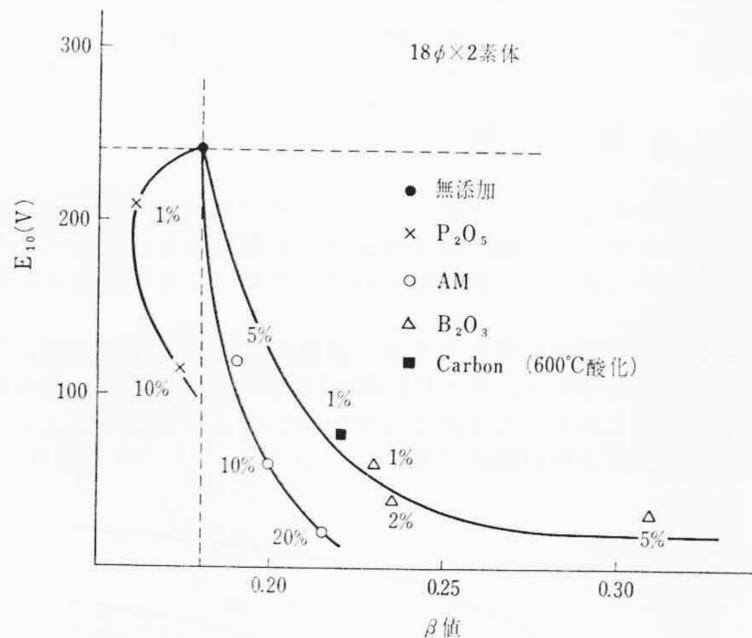


図 18 各種添加物の影響

加物としては SiC 粒子に不純物半導性を与える 3 価または 5 価のイオン組成物などが知られている⁽¹⁷⁾。われわれはこれらとは異なった観点から、それ自身が非直線を示す低抵抗値の粒子を加えることにより抵抗値減少とともに非直線性改善が同時に得られるのではないかと予想のもとに新しい添加物 (AM) を検討したところ好結果がえられた。図 18 に従来の添加物と比較した結果を示した。実験では 3 価イオン源としては B_2O_3 を、5 価イオン源としては P_2O_5 を用いた。焼成は空気中で行なったがカーボン含有素体のみは N_2 ふんい気中焼成後空気中で $600^\circ C/1 h$ 酸化処理を行なった。図 18 より抵抗値減少にはカーボン粉末が最も有効である。次に B_2O_3 は抵抗値減少に対する効果は大きい、 β 値の悪化が著しく非直線性の改善はカーボンと同様望めない。一方 P_2O_5 は非直線性の改善に効果を発揮しているが、抵抗値の減少が少ない傾向をみせている。 B_2O_3 、 P_2O_5 の挙動に関しては黒色 SiC が p 形半導体であることとあわせて考えると非常に興味深いものがある。すなわち、 B_2O_3 は SiC 粒子に拡散して単に SiC 粒子の p 形不純物濃度をあげる働きのみと考えられるのに対して P_2O_5 は SiC に対しては n 形不純物であるので、SiC 粒子に拡散して表面に P-N 接合を形成する可能性があることから P_2O_5 による β 値改善は P-N 接合の形成によるものと考えられる。同様な考え方でほかの 3 価および 5 価の化合物を試みた結果はいずれも B_2O_3 、 P_2O_5 のような効果がえられなかった。これは添加の方法などに関して再検討してみる必要がある。一方新添加物 (AM) は B_2O_3 、 P_2O_5 両者の中間的な効果を示し抵抗値減少と同時に β 値改善効果をも発揮している。新添加物 (AM) は調整方法によって固有抵抗値を大幅に変えるのでバリスタの抵抗調整は容易になる。そのうえふんい気焼成が不要で空気中で焼成でき

表 5 新添加物の特長

添加物	比較項目				
	焼成ふんい気	酸化工程	抵抗値のばらつき	非直線係数	添加量に対する感度
AM	空気中	なし	小さい	改善	小さい
カーボン	N_2, H_2 中	あり	大きい	改善効果なし	大きい

るなど数多くの特長を持っている。添加物 (AM) とカーボンとの長所短所を比較してみると表 5 のようになる。この添加物の使用により 5 V 以下の電圧でも β 値のすぐれたバリスタ素子が可能であることがわかった。

5. 結 言

以上 SiC バリスタの概略を述べ導電機構を考察するとともに V-I 特性に影響するおもな要因を取り上げ検討を加えた結果を述べたが内容を要約すると次のとおりになる。

- (1) 各要因のうち V-I 特性に最も大きな影響を与えるものは焼成温度と添加物である。
- (2) 各要因による V-I 特性の変動は SiC 粒子の接触状態の変化により説明できる。
- (3) 添加物として従来知られているものよりも総合的にすぐれた物質 AM を開発し、極低圧用バリスタの特性向上を可能にすることができた。

終わりに臨み本研究に当たりご教示、ご援助を賜った日立化成桜川工場加藤工場長、中戸川技師長ならびに関係者一同に厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) F. A. Schwertz: J. Appl. phys. 24 1015 (1953)
- (2) G. H. Fetterloy: Tech. Rev. 104 229 (1955)
- (3) 鶴見: 電試研報 第 612 号 (S 36)
- (4) J. A. Lely: Ber. Deuts. Kerom. 32 229 (1955)
- (5) G. Bush: Helv. phys. Acta. 19 167 (1946)
- (6) 中戸川: 工化 57 484 (1954)
- (7) O'Conner's: 「Silicon Carbide—A high Temperature Semiconductor」235 (1960 Pergamon press)
- (8) L. Patrick: J. Appl. phys. 28 765 (1957)
- (9) 鳩山: 電試彙報 14 398 (1950)
- (10) 難波: 応物 26 602 (1957)
- (11) G. Goffaux: 「Silicon Carbide—A high Temperature Semiconductor」462 (1960 Pergamon press)
- (12) R. Stratton: Proc. phys. Soc. 69 53 (1956)
- (13) W. Heywang: Z. F. Angew. phys. 8 398 (1956)
- (14) I. W. Kurtzschaton: Phys. Z. S. Sow. Union 7 129 (1935)
- (15) H. F. Diinel: Bell Lab Rec. 34 407 (1956)
- (16) 難波: 応物 27 220 (1958)
- (17) 特公昭 31-3077 (シーメンス)



特許第315099号(特公昭36-3203号)

外岡英徳・岡野金平
小沢照夫・大内田久

セグメント軸受

水車発電機の主軸のような大きなトルクを伝えるために長大につくられた回転軸の軸受としては、円周方向に複数個に分割され、その一片は、支持要素により一点で支持されているいわゆるセグメント式の軸受が一般的であり、またこの軸受の大部分は潤滑と冷却をかねた油中におかれている。

元来この種の軸受は回転軸が大形である所から周速が大きく運転中の発熱が非常に大きく、その対策には常に腐心するところである。すなわち軸受部の温度が上昇するとそれだけ油の劣化が早くなり、極端な場合には発熱のために軸と軸受との焼着を起して大きな事故の原因ともなる。また軸受部の熱膨張のために軸受間げきが変化して軸受性能を低下させる。

従来この種の軸受に対する考え方は軸に対する軸受の直径の関係を、後者を油膜の厚さに相当する寸法だけ大きくするのが最も理想的であるとしていた。しかしながら油膜の厚さは百分の何mmというようにきわめて小さいものであるから、実際の製作に当たっては軸と軸受とをすり合せ作業により製作していたので製作が面倒である。また軸と軸受の間にくさび形間げきを形成させるため一点支持の位置を回転方向と反対の方向に偏心させる必要がある。したがって可逆回転用の軸受として採用することは不可能である。

本発明では図1に示すように軸受片6の曲率半径Rを軸5の半径R₀より大きく形成し、 $R/R_0=K$ とし $K=1.005\sim 1.1$ としたもので、 $K=1$ (すなわち軸と軸受半径が同一の従来形)の場合に比べ、軸受圧力、周速に対する温度上昇は著しく低下した。これは摩擦係数が小さくなり、かつ軸と軸受の間げきを通る油の流量が大きくなったことによるものであることが実験の結果確認された。さらにこれは油膜厚さの増大ならびに軸方向における漏油量の増大に起因することも確かめられた。またとりもなおさず漏油量の増大は冷却効果の増進をもたらした。

軸受面における油圧の分布状況を種々のKについて測定した結果によると、Kの値が増加するにつれて圧力の中心位置が軸受片の中心に近づき $K\geq 1.05$ では偏心がゼロとなった。これは一点支持の位

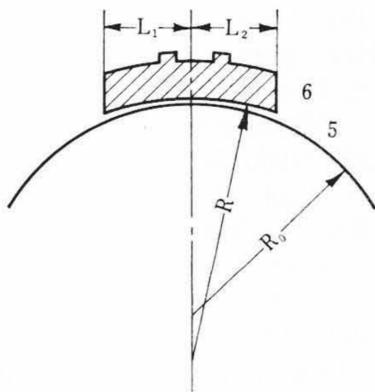


図1

置を軸受片の中心とすることができることで可逆回転軸に使用可能であることを示す。また軸と軸受の間げきを従来のものに比べて大きくすることができ、仕上精度はそれほど考慮する必要はなく、製作が容易となる。

なお図2は軸受圧力に対する温度上昇線図、図3は軸の周速に対する温度上昇線図であり、 $K=1$ と $K=1.005\sim 1.1$ とした場合の比較を示したものである。これによってもわかるように $K=1$ とした場合に比べて温度上昇は格段に低下している。(野口)

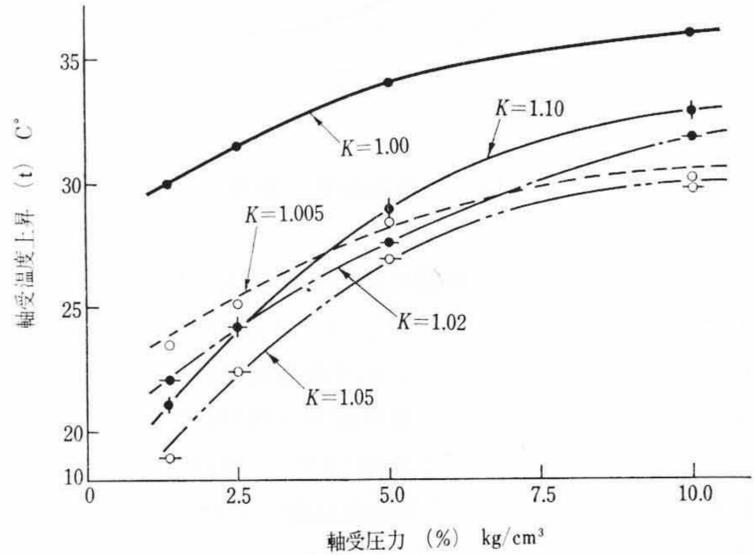


図2

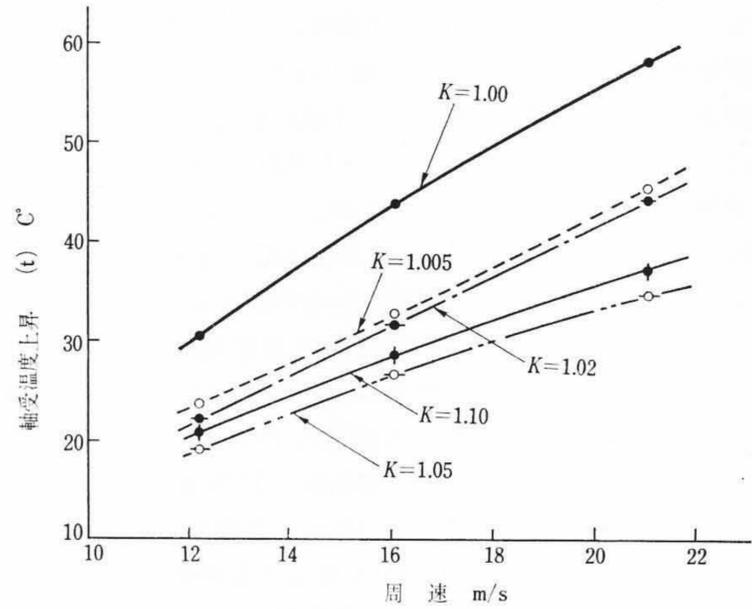


図3

第31巻

目次

目次

第7号

- グラフ / ビール発祥の地
- ルポ / 和紙づくりに生きて
- 解説 / コンピュータ・アートの世界
- 機械文明のふるさと

- 今月の招待席 : 宮地伝三郎氏(サルにも社会がある)
- カラースポット / 微量金属を追う
- ハイライト : 大形カー登場(羽田線モノレール)
- P R コーナー
- サイエンスジョッキー

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
郵便番号 100

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101

振替口座 東京20018番