

Silicon Carbide 抵抗素子の 交流 非線型特性에 관한 연구

논문
21~2~4

An Experimental Research on Nonlinear Characteristics of Disk-type Siliconcarbide Resistors with the Sinusoidal Alternating Currents.

조 철* · 오 명 환**

(Chul Cho, Myung Hwan Oh)

Abstract

The main focus of this paper is on the study of voltage-current characteristics in disk-type siliconcarbide resistors. For each of the 15 different sintering and other process conditions, 10 samples were prepared. Experiments performed with each sample consist of supplying sinusoidal AC current of a few miliamperes after conditioning-shots with 400 ma.

Experimental data were examined with regard to the relationship between the process conditions and the nonlinear resistivity. The examination suggests several possibilities of improving the nonlinlinear characteristics of siliconcarbide resistors while maintaining low resitance. One of those possible conditions is to sinter the powdered SiC and the binding materials approximately 2 hours in nitrogen.

In addition to describing the nonlinear characteristics of siliconcarbide resistors, this paper also presents the distortion characteristics of current waves vs. the nonlinear exponent, n. Photographical results show that the more nonlinear characteristics samples have, the more distorted current waves are.

1. 서 론

Siliconcarbide(SiC)를 주성분으로 한 燒結體는 물리적인 分解溫度가 2800°C 정도나 되고 高溫에서도 화학적으로 安定하며 Mohr's 硬度가 9~10 정도이기 때문에 흔히 耐熱體나 研磨製로만 사용되었다.¹⁾

그러나 1930년에 Mc Eachron²⁾이 최초로 Thyrite 라고 命名된 SiC 燒結抵抗體를 避雷器用 非線型 抵抗素子로 이용한 이후부터 SiC 燒結體는 避雷器의 特性要素로서 必須不可缺한 品목이 되었으며 최근에 와서는 電氣點의 Arc 消去用 및 Varistor 用 전기재료로서도 많이 이용되고 있다.^{3~6)}

SiC 粒子의 結晶構造와 導電機構에 관해서는 1930년에 Slepian⁷⁾이 처음으로 연구결과를 발표하였으며 그 이후에도 鳩山·菊地⁸⁾와 Kendall⁹⁾ 등의 많은 연구자들이 SiC 單結晶의 非線型 抵抗特性에 관하여 실험을 행

하였다. 특히 法貴¹⁰⁾, Schwertz¹¹⁾, 龜田¹²⁾ 및 鶴見¹³⁾ 등은 SiC 燒結抵抗體의 전기적 특성에 관하여 많은 有用한 실험결과를 발표한 바 있다.

그러나 지금까지 발표된 대부분의 연구자료들은 주로 SiC 燒結抵抗體의 크기와 형태가 衝擊電壓-電流特性에 미치는 전기적 영향에 관한 것이었으며 商用周波數의 交流電壓-電流特性에 관한 연구결과는 별도로 발표된 예가 없다. 또한 SiC 燒結抵抗體의 각종 製造條件에 관한 구체적인 실험자료와 SiC 燒結抵抗體의 製造條件들이 試料의 전기적 특성에 미치는 영향에 관해서는 鶴見¹³⁾가 概略의인 측정자료를 발표했을 뿐이다.

본 연구에서는 SiC 抵抗素子の 각종 제조조건이 交流 非線型 저항특성에 미치는 영향에 관하여 실험을 행하였으며 그 결과를 종합하여 交流 非線線性과 제조조건의 관계를 제시하였다.

著者들은 이와같은 실험을 위하여 직경과 높이가 각각 19mm 인 圓柱型 抵抗試料를 물리적으로 相異한 제조 조건별로 제작하였으며 交流 小電流(4~12mA) 범위

* 정회원 : 서울대학교 공과대학 전기공학과 교수

** 정회원 : 한국과학기술연구소 전기기기연구실

표 1. SiC 粉末의 化學分析 結果(日本 測定資料)

Table 1. Chemical analysis results of the powered SiC. (Data in Japan)

SiC 種類	構成物質	SiC [%]	Fe [%]	Al [%]	CaO [%]	MgO [%]	遊離Si [%]	遊離C [%]	SiO ₂ [%]
黑色 SiC		86~92	0.6~2.0	0.8~2.8	0.2~3.5	0.1~0.4	2~2.6	1.3~4.2	0.1~1.4
綠色 SiC		95~96	0.1~0.3	0.1~0.7	0.3~2.1	0.1~0.5	0.1~0.5	0.7~1.2	0.7~1.0

에서 非線型特性을 관찰하였다. 또한 100mA 導電時의 試料抵抗値를 측정하여 各 제조조건과의 關係를 검토하였으며, 非直線指數의 크기에 따른 導電電流波形的 變化를 Oscillogram 으로 촬영하였다.

2. 이론적 고찰

純粹한 SiC 는 無色透明하며 常溫에서는 거의 絶緣特性을 갖는다. 이 때에는 傳導帶와 充滿帶間에 일함수의 차이가 대략 3.1±0.2eV 정도로서 Ge 이나 Si 의 0.78~1.2eV 에 비하면 3~4배나 더 크다.

그러나 工業적으로 얻어지는 SiC 는 일종의 不純物半導體로서 그 대표적인 불순물의 성분은 표 1과 같다.

보통 褐色으로 着色된 SiC 는 P 型 半導體의 特性을 나타내며 고유저항은 ρ=0.55~1.6Ω.cm 정도이다. 또한 綠色으로 着色된 SiC 는 N 型 半導體의 特性을 갖으며 고유저항의 크기는 대략 ρ=(0.3~1.0)×10³ Ω.cm 로서 褐色 SiC 의 수백배나 된다.

그림 1은 SiC-SiC 粒子間의 非線型 電壓-電流特性圖이다.

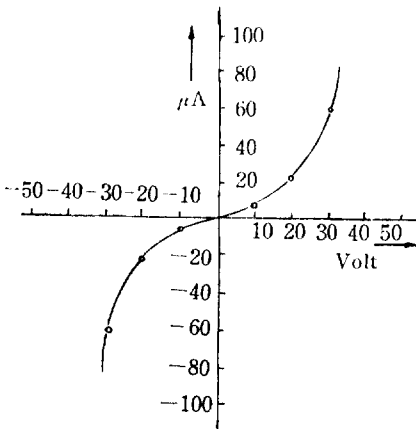


그림 1. SiC-SiC 接點間의 電壓-電流特性
Fig. 1. Contact voltage and current characteristics of the SiC element

일반적으로 SiC 粒子間의 電氣의 非線型 抵抗特性을 函數式으로 표시하려면 粒子의 Film Resistance 와 Constriction Resistance 간의 定量的 關係가 밝혀져야

하며 한편으로는 電界放出說¹⁾ 등과 같은 導電學說의 이론적 해석이 先行되어야 할 것이다. 그러나 아직까지는 前述한 모든 것이 現象論的 學說에 불과하기 때문에 본 연구에서는 SiC 抵抗體의 非線型 特性을 表記함에 있어 Mc Eachron 이 제안한 대로 $V=K \cdot I^n$ 非直線關係式을 이용하였다.

윗식에서 V 와 I 는 각각 印加電壓과 電流의 크기이며 K 와 n 은 非直線係數 및 非直線指數로서 抵抗體의 제조조건, 抵抗體의 크기와 形狀, 使用 온도 및 濕度 등의 요인에 따라서 變化하는 因子들이다.

Mc Eachron 의 電壓-電流 關係式을 對數方程式으로 變換하면,

$$\text{Log } V = n \cdot \text{Log } I + \text{Log } K \quad (1)$$

으로 되고 이것은 一次函數로 解析할 수 있으므로,

$$\text{Log } K = [\text{Log } V]_{I=1} \quad (2)$$

$$n = \left[\frac{\Delta \text{Log } V}{\Delta \text{Log } I} \right]_{I, V > 0} \quad (3)$$

의 關係식이 성립한다. 따라서 兩對數方眼紙에 측정된 電壓-電流值를 圖示하면 K 값과 n 값을 圖上에서 산출할 수 있다.

3. 실험

(1) 使用원료

실험에 使用된 SiC 粉末은 日本 昭和電工社製로서 研磨砥石用으로 우리나라에 수입된 것을 시중에서 구입한 것이다. 그 純度는 化學분석결과 표 2와 같이 약 98% 의 SiC 로 나타났으나 색깔이 褐色인 점으로 보아 P 型 半導體로 생각된다. 이들은 미국 표준규격의 Sieve 로 screening 되었으며 100~150mesh 와 250~325mesh 의 粒度로 구분하여 使用되었다.

結合劑는 國産 Bentonite 系 粘土로서 그 化學분석결과 는 SiO₂ 66.7%, Al₂O₃ 15.0%, Fe₂O₃ 1.7%, MgO 1.1%, CaO 0.35% 정도이었으며 使用粒度는 200mesh 로 하였다.

물유리(水硝子)는 日本製로서 JIS K1408의 1號(SiO₂/Na₂O의 比 2.1(36~38% SiO₂/17~18% Na₂O), 比重 1.47)에 해당되는 것을 구입하여 使用하였다.

(2) 試料의 제작

측정용 試料는 표 3과 같은 제조조건별로 각각 10개

표 2. 市中購入한 研磨砥石用 SiC 의 化學分析結果

Table. 2. Component parts of the SiC powder used for experiments.

構 成 物 質	構 成 比 [%]
SiC	98.7
SiO ₂	0.1
R ₂ O ₃	0.2
MgO	흔적
Ig · Loss	0.28

씩 제작하였으며 SiC 粉末과 粘土를 重量比로 취한 다음 이것을 V型 混合機에서 1시간 동안 混合하였다. 다음에, 물유리물 그 體積이 2배가 되도록 물에 풀어서 이미 混合된 粉末에 添加한 후 계속하여 다시 1시간 혼합하였다. 이와 같이 혼합된 材料를 12gr.씩 저울로 달아서 직경 19mm의 圓筒型 다이에 넣고 加壓成形하였다. 加壓成形은 수동식 油壓機로 행하였으며 燒結은 온도조절이 편리한 箱子型 글로바電氣爐에서 행하였다. 상세한 제조조건은 표 3에 기술한 바와 같으며 이를 요약하면 아래와 같다.

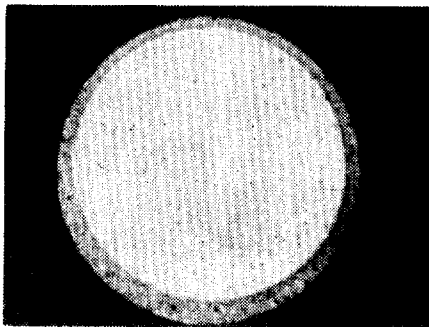
가. SiC의 重量變化.....75w/o~85w/o

나. SiC의 粒度變化.....100/150mesh 70%와 200~

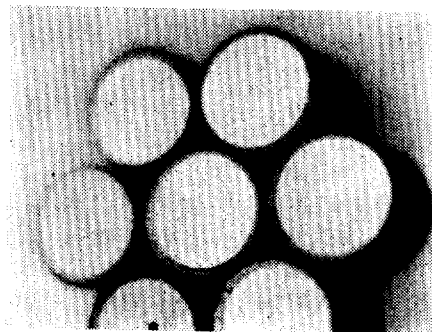
표 3. SiC 抵抗試料의 製造條件

Table. 3. Process conditions of the SiC testpieces

試料番號	SiC 配合比率 [%]			結合劑比率 [%]			成形壓力 [Ton/cm ²]	燒結溫度 [°C]	燒結時間 [時間]	燒 結 雰氣	冷卻方式	備 考
	#100 ~150	#200 ~350	重量比	粘土	물유리	黑鉛						
1	70	30	80	16	3	1	1	1050	1	공기중	爐 冷	燒結不完全
2	70	30	80	16	3	1	1	1150	1	〃	〃	
3	70	30	80	16	3	1	1	1250	1	〃	〃	
4	70	30	80	16	3	1	1	1300	1	〃	〃	
5	70	30	80	16	3	1	1	1350	1	〃	〃	
6	70	30	80	16	3	1	1	1300	0.5	〃	空 冷	
7	70	30	80	16	3	1	1	1300	1	질소중	爐 冷	
8	70	30	80	16	3	1	1	1300	0.5	공기중	〃	
9	70	30	80	16	3	1	1	1300	2.0	〃	〃	
10	70	30	80	16	3	1	1	1300	4.0	〃	〃	
11	70	30	80	16	3	1	1.5	1300	1	〃	〃	
12	70	30	80	16	3	1	2.0	1300	1	〃	〃	
13	70	30	75	21	3	1	1	1300	1	〃	〃	
14	70	30	85	11	3	1	1	1300	1	〃	〃	
15	30	70	80	16	3	1	1	1300	1	〃	〃	



(1) 4배로 촬영한것



(2) 1.5배로 촬영한것

그림 2. SiC 저항재료의 接電面사진

Fig. 2. Al-coated contact surface of SiC testpiece.

350mesh 30%, 100/150mesh 30%와 200/350mesh 70%.

- 다. 粘土量의 變化……11w/o~21w/o
- 라. 成形壓力의 變化……1ton/cm²~2ton/cm²
- 마. 燒結溫度의 變化……1050°C~1350°C
- 바. 燒結時間의 變化……0.5時間~4時間
- 사. 燒結雰圍氣의 變化……空氣中 및 窒素中
- 아. 冷却方式의 變化……空冷 및 爐冷

(3) 試料의 表面처리

燒結 直後의 SiC 抵抗試料는 表面이 울퉁불퉁하므로 눈이를 일정하게 하고 接電面을 平滑하게 하기 위하여

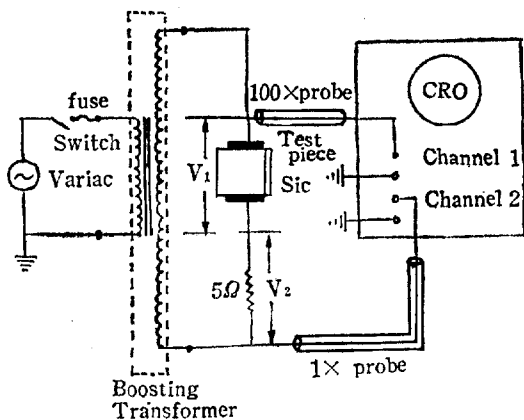


그림 3. SiC 저항시료의 전기특성 시험회로
Fig. 3. Circuit for V I characteristics measurements of the SiC resistors.

표 4. 電氣特性試驗에 使用된 實驗機器

Table. 4. Equipments used for electrical characteristics test of SiC

實驗機器 및 裝置名	製造會社 및 型名	規格 및 感度
Cathode-Ray Oscilloscope with Plug-in Units	Tektronix, Model 564B.	0.1mv/div~10v/div in 16 Steps, cal. accuracy within 3%, 1 MeΩ input impedance, dual channel trace
Variac	General Radio, Type WIOMT 3W.	0~140V, 0~10A
Decade Resistor	General. Radio, Type 1433.	0~999.99Ω in 0.01Ω steps, ±0.01% accuracy.
Transformer 電 極	한영공업주식회사	120V/1600V. 3KVA. 黃銅板, 直徑 5cm. 두께 2mm
100X Probe 및 1X voltage probe	Tektronix, Type P6007.	1.5KV DC or rms, 100X attenuation factor, ±3% accuracy

다이아몬드휠로서 兩側 接電面을 研磨하였다.
또한 전기특성 실험을 행할 때에 電極과 接觸抵抗을

표 5. SiC 燒結抵抗體의 電氣의特性 測定結果

Table. 5. Data for electrical characteristics of the sintered SiC resistors.

試料番號	非直線性 測定結果值		100mA 導電時의 電氣抵抗 [Ω]	備 考
	k	n		
1	---	---	---	燒結不完全으로 試驗不能 高抵抗·絶緣體 狀態 400mA 交流安定化處理 "
2	---	---	---	
3	1,480±80	0.33±0.02	7,000±300	
4	980±90	0.40±0.01	3,600±140	
5	1,350±100	0.38±0.01	5,200±350	
6	1,200±40	0.32±0.02	5,600±300	
7	520±20	0.31±0.01	2,500±170	
8	820±80	0.43±0.01	2,900±240	
9	1,290±100	0.32±0.02	5,900±400	
10	790±50	0.41±0.02	3,100±100	
11	700±50	0.45±0.03	2,300±80	
12	700±30	0.46±0.03	2,400±70	
13	1,000±70	0.49±0.01	3,100±180	
14	3,500±200	0.27±0.01	(19,000±1,200)*	
15	3,000±500	0.24±0.01	(18,000±2,500)*	

註: * 表値는 V-I曲線에서 計算한 것임.

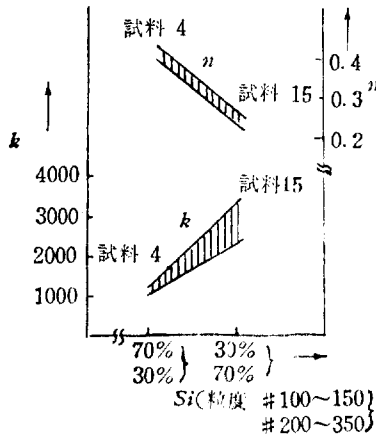


그림 4-1. SiC 粒度와 k, n의 關係
Fig. 4-1. Measured relationships between the non-linear characteristics and the SiC particle size.

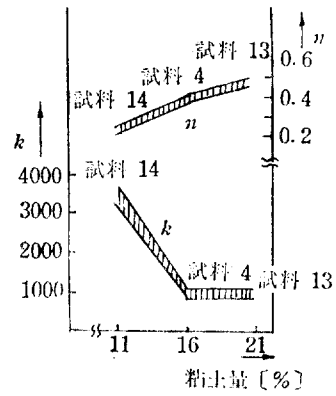


그림 4-4. 燒結溫度와 k, n의 關係
Fig. 4-4. Measured relationships between the non-linear characteristics and the sintering temperature.

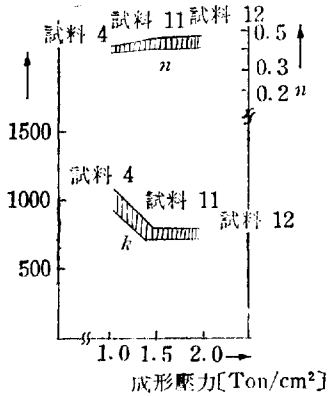


그림 4-2. 粘土量과 k, n의 關係
Fig. 4-2. Measured relationships between the non-linear characteristics and the quantities of bentonite.

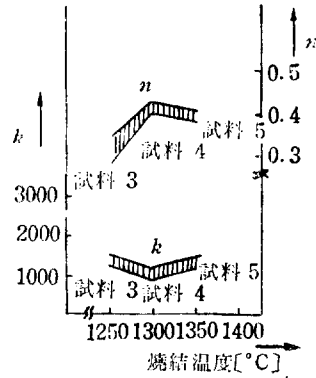


그림 4-5. 燒結時間과 k, n의 關係
Fig. 4-5. Measured relationships between the non-linear characteristics and the sintering times.

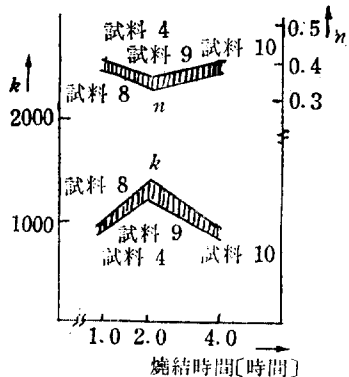


그림 4-3. 成形壓力와 k, n의 關係
Fig. 4-3. Measured relationships between the non-linear characteristics and the pressure for shaping.

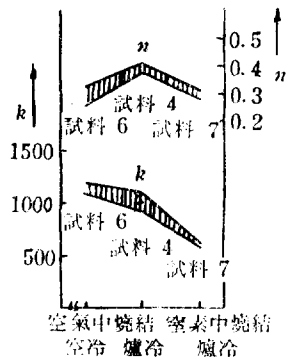


그림 4-6. 燒結雰囲気 및 冷却方式과 k, n의 關係
Fig. 4-6. Measured characteristics between the non-linear characteristics and the sintering surroundings.

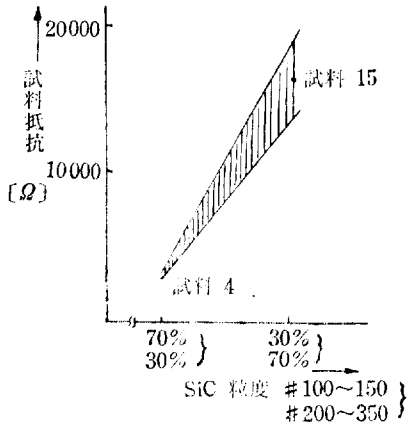


그림 5-1. SiC 粒度와 試料抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-1. Measured relationships between the resistance and the SiC particle size when the 100mA currents are supplied.

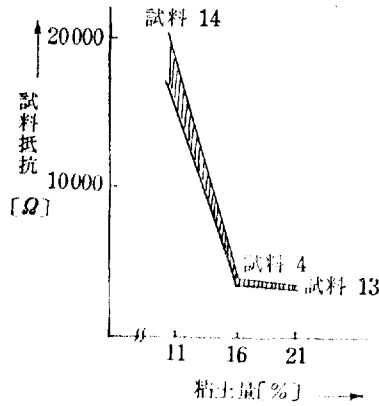


그림 5-4. 燒結溫度와 抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-4. Measured relationships between the resistance and the sintering temperature when the 100mA currents are supplied.

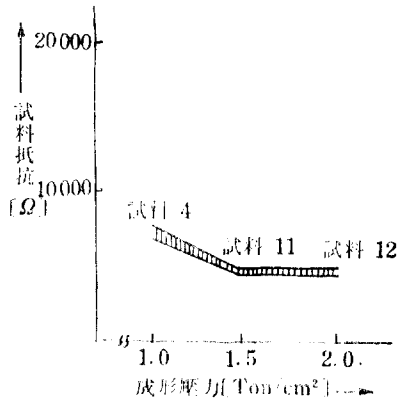


그림 5-2. 粘土量과 抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-2. Measured relationships between the resistance and the quantities of bentonite when the 100mA currents are supplied.

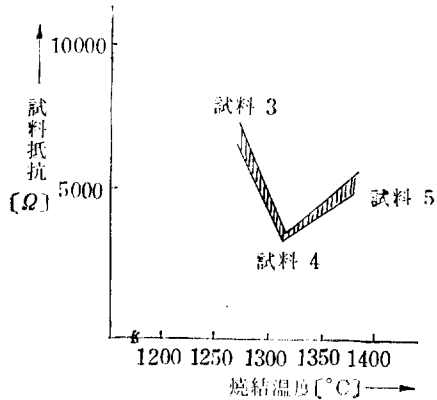


그림 5-5. 燒結時間과 抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-5. Measured relationships between the resistance and the sintering times when the 100mA currents are supplied.

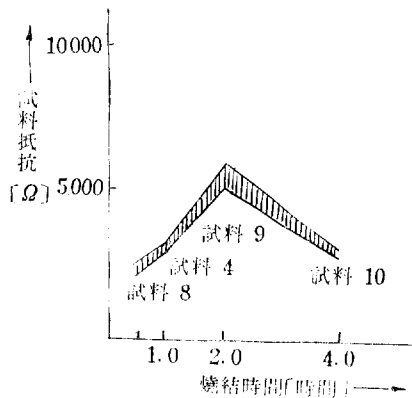


그림 5-3. 成形壓力과 抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-3. Measured relationships between the resistance and the pressure for shaping when the 100mA currents are supplied.

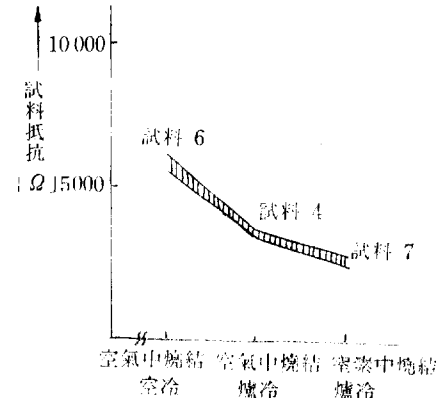
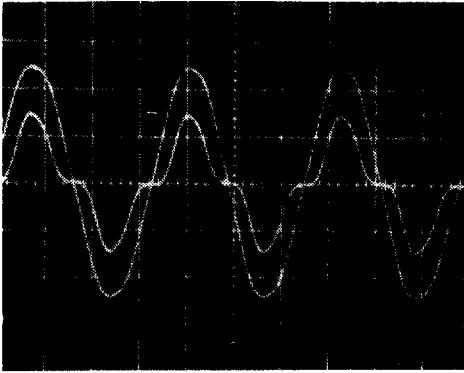
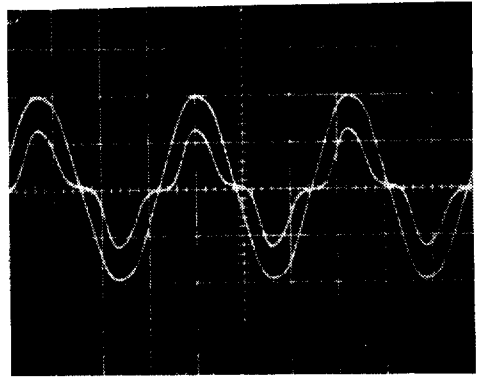


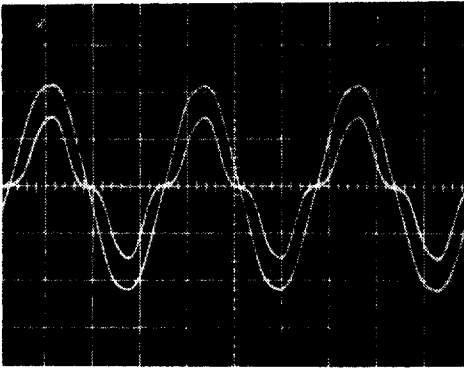
그림 5-6. 燒結周圍氣 및 冷却方式과 抵抗値의 關係 [I=100mA時]
 Fig. 5-6. Measured characteristics between the resistance and the sintering surroundings when the 100mA currents are supplied.



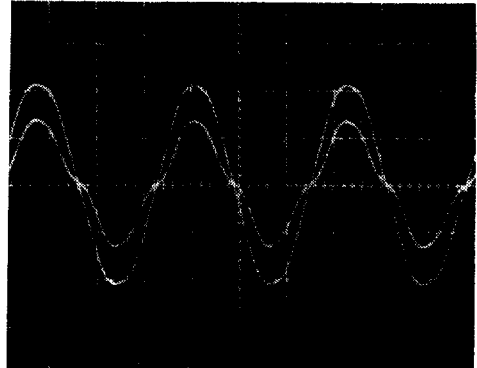
(1) $n=0.24$ 일 때 (試料 15番)



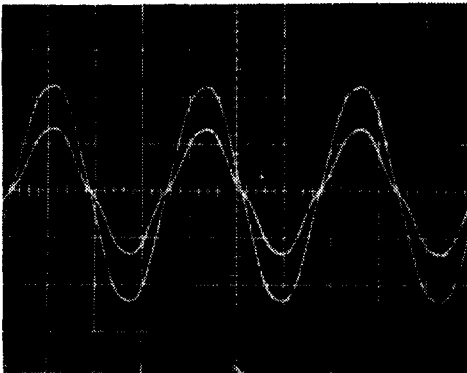
(2) $n=0.27$ 일 때 (試料 14番)



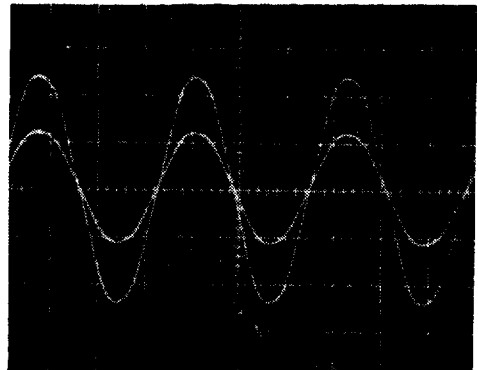
(3) $n=0.32$ 일 때 (試料 9番)



(4) $n=0.40$ 일 때 (試料 4番)



(5) $n=0.49$ 일 때 (試料 13番)



(6) $n=1$ 일 때 (5k Ω 純抵抗)

그림 6. 60Hz 交流電壓 印加時의 電流波形(波高值가 낮은 쪽이 電流波形임)

Fig. 6. Distortion characteristics of current waves vs. the nonlinear exponent n in SiC testpieces, when 60Hz AC voltages were supplied.

감소시키기 위해서 試料의 兩側接電面에는 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 眞空中에서 알루미늄증착을 행하였다. 이들은 乾燥된 데시케이터속에 보관하였다가 전기특성실험을 행하였다.

(4) 試料의 전기특성실험

전기특성실험에 사용한 측정회로는 그림 3과 같으며 그 실험기들은 표 4에 표시한 바와 같다. 試料 兩端의 印加電壓은 變壓器 一次側에 설치한 variac에 의하여 조절되었으며 약 1분동안 400mA의 安定化電流 (conditioning shots, formation)¹⁴⁾를 通電시킨 후에 電壓-電流關係를 측정하였다. k, n 측정용 전류의 印加時間은 대략 1초 정도이었으며 가능한 限 發熱에 의한 특성변화를 감소시키기 위하여 한번 측정된 試料은 20°C의 室溫에서 10~15분씩 방치해 두었다가 다시 電流를 印加하였다.

電流의 범위는 試料에 따라 다르지만 대략 4~12mA 정도로 印加하였으며 著者들은 Oscilloscope에 나타난 電壓-電流의 최대치를 각각 측정하였다.

(5) 실험결과

측정된 실험치는 一旦 兩對數方眼紙에 圖示되었으며, 이들 圖上에서 산출한 k, n 值의 算出平均値와 I=100mA 時의 試料抵抗値가 표 5에 나타나 있다. 또한 그림 4와 그림 5에는 각 제조조건별로 k, n 값 및 저항치의 변화 특성을 圖示하였다.

그림 4와 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 試料의 非直線性은 각 제조조건에 따라서 크게 변화되었으며 k 값은 1.4~5.0배, 그리고 n 값은 1.1~2.0배나 변화됨을 알 수 있었다.

그림 6은 試料의 非直線指數와 導電電流의 波形과의 關係를 Oscillogram으로 촬영한 것이며 非直線性이 양호할수록 電流波形은 第3高調波分에 의하여 더욱 歪形 (distortion) 됨을 알 수 있다.

4. 검 토

그림 4와 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 SiC 燒結抵抗體의 非直線性은 그 제조조건에 따라서 크게 변화되는 바 이들의 變化傾向을 검토해 보면 아래와 같다.

(1) SiC 粒度와 抵抗特性과의 관계

그림 4-1과 그림 5-1에서 나타난 바와 같이 100~150 mesh의 비교적 굵은 粗粒을 많이 사용한 抵抗試料 4의 전기적 저항이 200~350mesh의 細粒을 많이 사용한 試料보다 훨씬 적다. 이와같은 이유는 SiC 粒子間의 接點數가 細粒을 사용할수록 증가하므로 SiO₂酸化皮膜抵抗이 증대되었음을 의미한다. 다만 非直線指數 n이 細粒일수록 감소된 점은 특이한 현상이며 鶴見¹⁵⁾의 발표와 相異하다. 일반적으로는 細粒을 사용할 경우 SiC 粒子

間의 接點數 印加電壓이 감소되므로 n 값이 증가된다는 견해가 대부분이다. 따라서 본 실험결과는 燒成直後에 1ma/cm² 정도의 低電流密度로 非直線指數를 측정할 경우 粒度가 증가하면 n 값이 감소된다는 새로운 예를 제시하여 주고 있다.

(2) 粘土量과 저항특성과의 관계

그림 4-2와 그림 5-2에 圖示한 바와 같이 試料의 結合劑인 粘土量이 11%에서 16%로 증가할 경우에는 K 및 저항이 크게 감소하지만 16%에서 21%로 증대되면 저항은 감소되지 않고 非直線性만 악화된다. 따라서 粘土量의 비율은 16% 정도가 적절하며 만일 非直線性만을 重視할 때에는 그 含量을 16% 이하로 할 수도 있으나 이 때에는 試料의 成形性을 향상시킬 수 있는 添加劑가 필요하다.

(3) 成形壓力과 저항특성과의 관계

試料의 成形壓力을 1.0ton/cm²~2.0ton/cm² 정도로 변화시켜 본 결과 그림 4-3과 그림 5-3에 圖示한 바와 같이 壓力이 증가하면 非直線指數 n이 증가하고 K 值와 抵抗値는 감소됨을 알 수 있다.

이와같은 이유는 아직까지 확실히 발표된 바 없으나 著者의 견해로서는 壓力이 증가함에 따라 抵抗試料의 밀도가 증대되고 따라서 SiC 粒子의 接觸面積이 커지기 때문에 저항이 감소되고 非直線性이 악화되는 것이 아닌가 추측된다.

(4) 燒結溫度와 저항특성과의 관계

그림 4-4와 그림 5-4에서 볼 수 있듯이 試料의 燒結溫度를 변화한 결과 抵抗値와 非直線指數가 크게 변화되었다.

측정결과에 의하면 燒結溫度가 1100°C 이하일 경우에는 燒結狀態가 불량해져서 抵抗試料로 이용할 수 없으며 1100°C~1250°C 정도에서는 燒結은 가능하나 저항이 너무 커서 거의 절연체상태로 되기 때문에 數千 volt 이상 印加하여야 그 非直線性을 확인할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 경우에는 1,250°C~1,350°C의 온도로 燒結한 試料만을 대상으로 電壓-電流特性을 측정하였으며 그 결과 1,300°C 부근에서 K=900~1,060, n=0.38~0.43의 비교적 저항이 낮은 非線型抵抗體를 얻어낼 수 있음을 알았다.

(5) 燒結時間과 특성변화

燒結溫度를 1,300°C, 成形壓力을 1ton/cm² 정도로 유지한 다음 燒結時間을 0.5時間~4時間 변화시킨 결과, 그림 4-5와 그림 5-5에서 볼 수 있는 바와 같이 2시간 정도일 때 가장 非直線性이 양호해 짐을 알 수 있었다.

(6) 燒結雰囲気와 冷却方式에 따른 저항특성의 변화

그림 4-6과 그림 5-6에 圖示된 바와 같이 窒素雰圍氣에서 燒結을 행하면 空氣中에서 燒結을 행하는 것보다 非直線性이 향상되고 抵抗値도 감소된다. 이와 같은 이유는 주로 燒結中에 發生되는 SiC의 酸化現象이 窒素雰圍氣下에서는 크게 抑制되기 때문이라고 생각되며 불필요한 SiO₂ 酸化皮膜의 生成이 감소되기 때문에 抵抗値도 감소된다고 추측된다.

또한 냉각방식은 공기중에서 急冷하는 것이 爐中에서 徐冷시키는 것보다 試料의 非線型特性을 향상시킨 점으로 보아 냉각시간을 너무 길게할 필요가 없다고 생각된다.

(7) 非直線性和 電流波形과의 관계

그림 6에 圖示된 바와 같이 非線型 抵抗素子에 흐르는 交番電流의 波形은 非直線性이 양호할수록 歪曲現象을 일으킨다. 따라서 電流의 實効値를 산출하기가 매우 곤란하며 본 연구에서는 Oscillogram으로 측정된 최대치를 이용하여 電壓-電流關係를 검토하였다.

(8) 衝擊電流에 의한 安定化處理問題

우리나라에는 아직 衝擊大電流 發生장치가 없으므로 본 실험에서는 電氣的 安定化處理를 交番電流로 행하였다. 그러나 앞으로는 衝擊大電流-電壓特性을 시험하여 安定化 效果에 관한 실험을 추가하여야 할 것이며 그레야만 본 試料가 避雷器用 特性要素로서도 가치가 있는지의 여부를 판별할 수 있다.

5. 결 론

본 연구결과로 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

(1) Siliconcarbide 燒結抵抗體의 非直線指數는 SiC粒子的 直徑, 粘土量, 成形壓力 및 燒結溫度, 冷却時間 등에 비례하며 燒結時間이 2시간 정도일때 가장 낮은 값을 나타낸다.

(2) Siliconcarbide 燒結抵抗體의 非直線性은 非酸化性 燒結雰圍氣에서 燒結이 행하여질 경우 크게 향상된다.

(3) Siliconcarbide 燒結抵抗體의 非直線係數 K와 100mA 導電時의 전기적 저항은 SiC 粒子的 直徑, 成形壓力 및 冷却時間에 반비례한다. 또한 燒結溫度가 1300°C 정도일 경우에 저항치는 최소치에 달하며 燒結溫度가 1300°C를 넘으면 저항은 다시 증가한다.

(4) Siliconcarbide 燒結抵抗體의 저항은 非酸化性 분위기에서 燒結을 행할 경우 감소한다.

- Book Co., Ltd., pp. 4~95. New York (1968)
- (2) McEachron, K.B.: A New Material for Lightning Arresters. GE Review, Vol. 33, No. 2, pp. 92~99 (Feb., 1930)
- (3) Frosch, C.J.: Improved Silicon Carbide Varistors. Bell Lab. Record, p. 336 (Sept., 1954)
- (4) 鶴見・川俣・笠井: Sic 바리스타による 電氣接點의 火花消去について. 日本 電氣學會雜誌, Vol. 74, No. 788, pp. 535~539 (May, 1954)
- (5) DieneI, H.F.: Silicon Carbide Varistor's—Properties and Construction, Bell Lab. Record, p. 407. (Nov., 1956)
- (6) Gopalakrishna, H.V.: Silicon Carbide and Its Use as a Varistor Material. Journal of the Institute of Engineers (India), Vol. 48, No. 9, p. 505~515 (1968)
- (7) Slepian, J., Tanberg, R., and Krause, C.E.: Development of the New Avtovalve Arrester. T. A. I. E. E., Vol. 49, p. 401 (April, 1930)
- (8) 鳩山・菊地: 카보란담 單結晶의 電氣的 性質. 電氣試驗所 彙報, Vol. 14, No. 7, pp. 14~18 (July, 1950)
- (9) Kendall, J. T.: Electronic Conduction in Siliconcarbide. The Journal of the Chemical Physics, Vol. 21, No. 5, pp. 821~827 (May, 1953).
- (10) 法貴・鶴見・笠井・戶塚・副島: 避雷器抵抗體의 試作研究. 電氣試驗所 彙報, Vol. 15, No. 8, pp. 60~67 (Aug., 1951)
- (11) Schwartz, F. A. and Mazenko J. J.: Nonlinear Semiconductor Resistors. The Journal of the Applied Physics, Vol. 24, No. 8, pp. 1015~1024 (Aug., 1953)
- (12) 龜田・高松・永田: 레지스트 바르브 抵抗體. 東芝レビュー, Vol. 11, No. 3, pp. 263~271 (1956)
- (13) 鶴見: Sic 非直線抵抗體에 關する 實驗的 研究. 電氣試驗所 研究報告, No. 612, pp. 1~55 (Sept., 1961)
- (14) 日本 避雷器專門委員會: 避雷器 特性要素에 關する 最近의 諸問題. 電氣學會 技術報告, 第68號, pp. 26~49 (May, 1965)

참 고 문 헌

- (1) Fink, D.G. and Carroll, J.M.: Standard Hand book for Electrical Engineers. McGraw-Hill