

# 無電解金属皮膜低抵抗体の作製\*

青木 博夫\*\* 樋浦 正\*\*\*

## 1. ま え が き

真空蒸着法を用いて作製した金属皮膜抵抗器は、炭素皮膜抵抗器に比して、耐熱性、負荷耐力、抵抗温度係数（以下T. C. Rと略記）などの点ですぐれているので最近とみに発展しつつある抵抗器である。しかしながらその初抵抗値は数十Ω以下にすることは実用上困難である<sup>(1)</sup>。一方無電解めっきによって作製された初抵抗値数Ω以下の抵抗器がすでに実用になっているが、そのT. C. Rは100ppm/°C以上と大きく、精密な用途には適さない<sup>(2)</sup>。そこで我々は、無電解めっきの手法を用いてNi-W-P三元合金を磁器基体上に析出させた低抵抗体を作製し、その抵抗特性を測定したところ極めて良好な結果を得たので報告する。

## 2. 試料の作製

抵抗基体は1.7φ×5.5mm寸法の表面未研磨のアルミナ磁器円筒を用い、前処理として従来と同様に基体表面を触媒化するため、感受性化、活性化をそれぞれ常温で2分間行ないこれを低抵抗体用に作製しためっき浴中でめっきを行なった<sup>(3)</sup>。めっき時間と抵抗値の関係を調べるために、60°Cおよび80°Cのめっき浴200cc中に基体10本を浸漬しある時間毎にそれぞれ1本づつ取り出してその抵抗値を測定した。次に、T. C. R、負荷寿命、耐湿負荷、短時間過負荷、断続過負荷、耐湿放置、高温放置試験用に作製した試料の初抵抗値は0.2Ω、0.6Ω、2Ωの3ロットとし、それぞれ溝切りを行ない、0.2Ωが4.7Ωに0.6Ωが10Ωに、2Ωが100Ωになるよう抵抗値の調整を行なった。それらの試料は無塗装のものと、塗装のものに別け、塗装のものは、エポキシ系塗料（RNL）とシリコン系塗料（RMF）の2種類とし、合計9ロットを用意した。

## 3. 実験結果と検討

### 3-1 めっき時間と抵抗値

図1にめっき時間をパラメータしためっき時間と抵抗値の関係を両対数グラフ上に示す。図より次の実験式が求められる。

$$R = At^{-\alpha} \quad (1)$$

ここに、R：抵抗値、t：めっき時間、α：直線の傾き、A：定数である。

\* 昭和57年11月 電気関係学会東海支部連合大会において発表

\*\* 電気工学科 助手

\*\*\* 電気工学科 教授

原稿受付 昭和58年9月30日

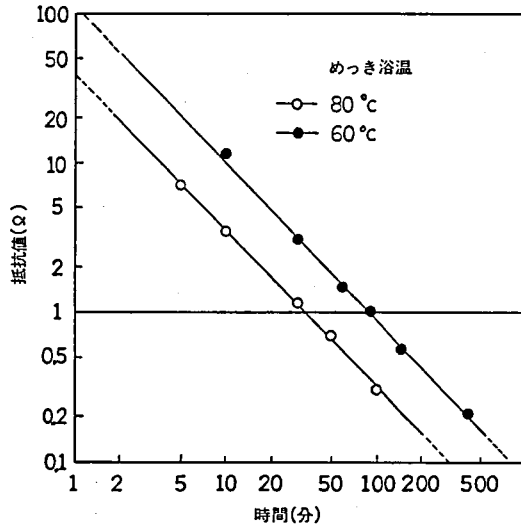


図1 めっき時間と抵抗値

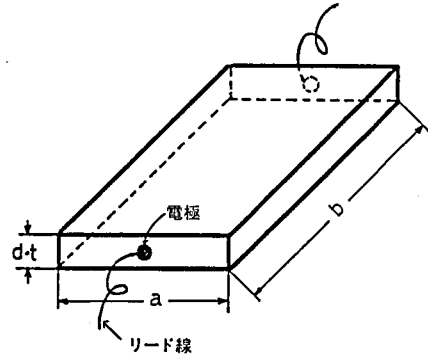


図2 めっき皮膜の展開図

(1)式は次のように誘導され得る。

図2は基体表面上の抵抗皮膜を展開した場合の図である。一般に断面積 $S$ 、長さ $l$ 、抵抗率 $\rho$ の材料の抵抗値は、

$$R = \frac{l}{S} \cdot \rho \quad (2)$$

で表わされるので、図2において、 $S = a \cdot d \cdot t$ 、 $l = b$ を(2)式に代入すると、

$$R = \frac{b}{a \cdot d \cdot t} \cdot \rho \quad (3)$$

となる。

ここに、 $a$ ：磁器円筒の円周の長さ、 $b$ ：抵抗体の長さ、 $d$ ：めっき成長速度である。(3)式において $d$ および $\rho$ （皮膜の組成に関与される）が一定であると仮定し、定数を $A$ とおけば

$$R = At^{-1} \quad (4)$$

(4)式の対象をとれば

$$\log R = \log A - \log t \quad (5)$$

となる。ところで図1より求めた $\alpha$ の値は1.05となりほぼ1であるので、 $\rho/d$ は一定であるといえる。

### 3-2 T.C.R

各ロット5本ずつの試料を、25°Cを基準として、-55°C、-25°C、0°C、125°C、155°C、175°Cの6点におけるT.C.Rを測定した結果を図3(a)~(c)に示す。T.C.Rの算出

は次式による。

$$T.C.R = \frac{(R_t - R_{25}) \cdot 10^6}{(t - 25) \cdot R_{25}} \quad (6)$$

$R_t$ :  $t^\circ\text{C}$  の時の抵抗値

$R_{25}$ :  $25^\circ\text{C}$  の時の抵抗値

図より T. C. R は全温度領域にわたって  $50\text{ppm}/^\circ\text{C}$  以内であり、良好な値を示している。また抵抗値が、 $4.7\Omega$ 、 $10\Omega$ 、 $100\Omega$  と増大するに従って、T. C. R が低下する傾向がある。これは膜厚による形状効果が表われているためと考えられる。また塗装別による相違はなく、上塗りをしない試料は抵抗値による T. C. R の差異が少ないことがわかる。

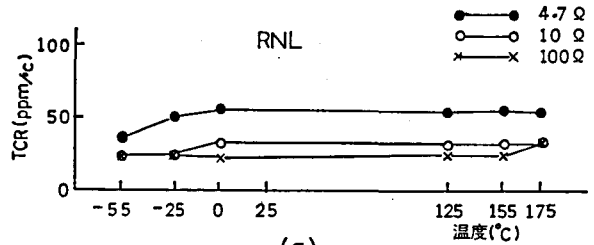
### 3-3 短時間過負荷

塗装済の試料 6 ロットの中から各々 5 本ずつ抽出して、それぞれに定格電圧の 2.5 倍の電圧を 5 秒間印加した後の抵抗値変化率を図 4 に示す。実際に印加した電圧は  $1/4\text{W}$  定格の試料であるから、 $4.7\Omega$ 、 $10\Omega$ 、 $100\Omega$  に対して、それぞれ  $2.7\text{V}$ 、 $4.0\text{V}$ 、 $12.5\text{V}$  である。抵抗値変化率は、エポキシ塗装  $100\Omega$  の一部の試料を除いてほとんどマイナスの値を示しており、抵抗値の増大に伴ってその絶対値およびそのばらつきも減少している。また塗装別による差異はほとんどないことがわかる。

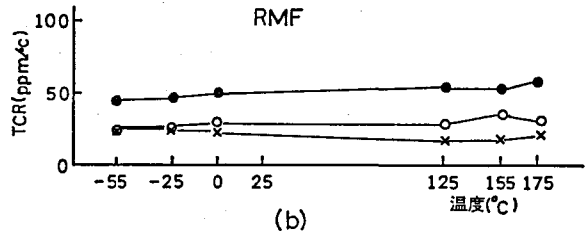
### 3-4 断続過負荷

塗装済の試料の中から  $100\Omega$  のもののみを 5 本ずつ抽出し、定格電圧の 4 倍の電圧を、1 秒 ON、25 秒 OFF のサイクルを 1 万回繰り返した後の抵抗値変化率を図 5 に示す。なお印加した電圧は AC  $20\text{V}$  (商用周波数実効値) である。抵抗値変化率は、エポキシ塗料のものが、マイナス側に小さな値を示しているのに対し、シリコン塗料のものは、プラス側に比較的大きな値を示していることがわかる。

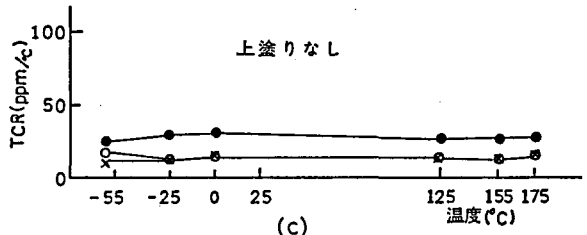
### 3-5 負荷寿命



(a)



(b)



(c)

図 3 T. C. R 特性

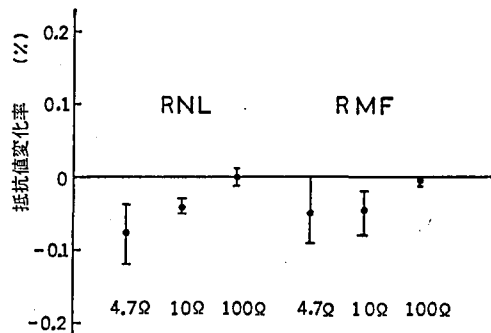


図 4 短時間過負荷特性

表1 負荷寿命, 耐湿負荷寿命, 高温放置, 耐湿放置試験

抵抗	試験	負 荷 寿 命						耐湿負荷寿命	高 温 放 置		耐 湿 置
		70°C, 750H			125°C, 750H			40°C 1000H	2000H		60°C 1000H
		負荷率 50%	100%	150%	50%	100%	150%	90~95 %RH	155°C	175°C	90~95 %RH
R	4.7 Ω	-0.064	-0.112	-0.058	+0.044	+0.082	+0.050	-0.070	+0.104	+0.030	+0.026
		±0	-0.06	+0.04	+0.13	+0.11	+0.15	+0.06	+0.13	+0.15	+0.11
		-0.19	-0.19	-0.11	-0.04	+0.06	±0.0	-0.43	+0.06	-0.11	-0.04
N	10 Ω	+0.032	+0.024	+0.070	+0.072	+0.068	+0.068	+0.03	+0.110	+0.086	+0.112
		+0.05	+0.04	+0.12	+0.12	+0.13	+0.08	+0.04	+0.17	+0.15	+0.23
		+0.01	+0.01	+0.03	+0.02	+0.04	+0.05	+0.02	+0.002	+0.01	+0.03
L	100 Ω	+0.022	+0.048	+0.136	+0.154	+0.138	+0.112	+0.06	+0.202	+0.076	+0.184
		+0.04	+0.07	+0.23	+0.20	+0.16	+0.19	+0.09	+0.22	+0.16	+0.28
		+0.01	+0.01	+0.05	+0.12	+0.10	+0.03	+0.03	+0.17	+0.01	+0.08
R	4.7 Ω	-0.130	-0.082	-0.126	+0.064	+0.174	+0.062	+0.008	+0.088	+0.182	+0.022
		-0.04	-0.06	-0.09	+0.11	+0.23	+0.09	+0.04	+0.17	+0.21	+0.11
		-0.32	-0.11	-0.15	+0.02	+0.11	+0.04	-0.04	±0.0	+0.17	-0.02
N	10 Ω	+0.032	+0.032	+0.168	+0.082	+0.060	+0.082	+0.060	+0.092	+0.196	+0.124
		+0.04	+0.05	+0.47	+0.12	+0.10	+0.18	+0.10	+0.13	+0.25	+0.19
		+0.01	+0.02	+0.06	+0.06	+0.03	+0.02	+0.03	+0.07	+0.15	+0.09
F	100 Ω	+0.016	+0.042	+0.10	+0.152	+0.156	+0.218	+0.080	+0.138	+0.298	+0.206
		+0.02	+0.06	+0.12	+0.62	+0.22	+0.27	+0.14	+0.16	+0.36	+0.32
		+0.01	+0.02	+0.09	+0.10	+0.13	+0.15	+0.05	+0.09	+0.21	+0.16
塗 り な し	4.7 Ω	+0.115	+0.283	+0.077							
		+0.21	+0.42	+0.42							
		-0.09	+0.19	-0.06							
塗 り な し	10 Ω	+0.13	+0.303	+0.475							
		+0.21	+0.48	+0.84							
		+0.09	+0.21	+0.23							
塗 り な し	100 Ω	+0.210	+0.319	+1.139							
		+0.26	+0.43	+5.64							
		+0.18	+0.24	+0.35							

(上段: 平均値, 中段: 最高値, 下段: 最低値)

塗装済の各ロットの中から5本ずつ抽出したのについて, 周囲温度70°C, 125°C, 負荷率50%, 100%, 150%において750時間経過後の抵抗値変化率を表1中に示す。各測定値は上段が平均値, 中段が最高値, 下段が最低値を示している。表より塗装別による差もほとんどなく, 負荷率による影響もあまりないことがわかる。4.7Ωで温度70°Cのもののみがマイナスの変化を示しているのに対して, 他のものはすべてプラスの変化を示しているのが特徴的である。また中でも100Ω, 125°Cの試料は最高の値を示しているが, これでも実用上

は十分に小さな値である。

### 3-6 耐湿負荷寿命

塗装済の各ロットの中から5本ずつ抽出したものを、温度40°C、相対湿度90~95%の恒温恒湿槽中で100%負荷を連続印加しながら1000時間放置後の抵抗値変化率を表1中に示す。これも塗装別による差がほとんどないことがわかる。また負荷を印加していない耐湿放置と比較してみた場合それよりも小さな値を示していることがわかる。これは負荷を印加することにより抵抗器表面の温度が周囲温度より上昇し、水分の付着を減少させるためと考えられる。

### 3-7 耐湿放置

全ロットの中から5本ずつ抽出したものについて、温度60°C、相対湿度90~95%の恒温恒湿槽中に1000時間放置後の抵抗値変化率を表1中に示す。表より塗装別による差はほとんどないが、やはり無塗装のものは大きな値を示していることがわかる。また抵抗値が小になるほど変化率が小になっていることがわかる。これは抵抗皮膜が厚くなるほど、めっき表面の凹凸が少なくなり、外気と接触する面積が減るためおよび全皮膜厚に対する劣化皮膜厚の割合が減少するためと思われる。

### 3-8 高温放置

全ロット中より5本ずつ抽出したものについて、温度155°C、175°Cの恒温槽中において2000時間放置後の抵抗値変化率を表1中に示す。表より塗装別による差はほとんどなく、無塗装のものがわずかに大きくなっていることがわかる。また抵抗値が大になるほど変化率が大きくなっていることがわかる。この原因も耐湿放置の場合と同様に考えられる。

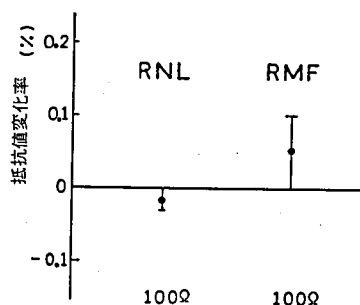


図5 断続過負荷特性

## む す び

無電解Ni-W-P合金皮膜を用いて、抵抗値1Ω以下でしかも各種抵抗特性の良好な抵抗体が非常に簡便な方法により作製可能であることを確認した。また塗装の効果は、断続過負荷試験において、エポキシ塗装がシリコン塗装に比べてわずかに優れているが、他の特性に関しては差異がないことがわかった。本方法によれば1Ω以下の抵抗体を作製するに要する時間は1時間程度であるが、これを短縮させることが今後の課題であろう。また、Ni-W-P皮膜のT. C. Rが小さい原因の機構の解明も興味ある問題である。

## 参 考 文 献

- (1) 城阪俊吉, 早川 茂: エレクトロニクス材料, 電気書院, p.115
- (2) 矢沢 修, 鳥羽正司: “無電解ニッケルメッキ皮膜抗器の試作”, 長野県精密工業試験場概要 Vol. 1981, p.105~106 '82
- (3) 樋浦 正, 青木博夫: “無電解めっきによる Ni-Cr-P 皮膜抵抗体の電気抵抗特性”, 電子通信学会論文誌(c) Vol. 61-C No.8 '78