

炭素皮膜固定抵抗器의 品質과 電流雜音과의 關係

(Relation between Quality and Current Noise in Carbon Film Resistors)

盧 弘 晁*

(Lo, Hong Jo)

要 約

電流雜音은 炭素皮膜固定抵抗器의 品質을 나타내는 重要한 尺度이다. 抵抗體皮膜上의 缺陷은 電流密度의 不均衡을 招來하고 結果的으로 電流雜音의 增大을 誘發한다.

電流雜音의 크기는 抵抗材의 固有한 性質과 抵抗體의 處理, 組立 및 外裝 等に 依한 여러 要因에 依存하고 있으나 各種 壽命試驗結果 抵抗器의 電氣의特性和 電流雜音間에는 明白한 關係가 成立하고 있다. 代表群의 抵抗器에 對한 電流雜音指數의 正規分布를 表示하는 parameter를 解析하면 製品의 品質管理와 生産의 均一性을 判斷하는 指標로서 매우 有用한 手段이다.

Abstract

Current noise is an important indication of quality in deposited carbon film resistors. Imperfections in the resistive film create high current densities and consequently high current noise.

The magnitude of current noise is depend upon many inherent properties of the resistor such as resistive material and others such as processing, fabrication and packing of resistive elements, etc. Performance tests have definitely established a correlation between current noise and electrical performance of carbon film resistors. To interpret the normal distribution of the current noise index for representative groups of resistors would serve as a powerful tool in judging the quality control and product uniformity by the manufacturer.

1. 序 論

電子製品의 信賴度는 部品의 信賴度에 左右되지만 이 部品中에서도 固定抵抗器의 使用比率은 거의 30% 以上을 上廻한다는 點에서 이들이 갖는 信賴度는 重要한 意義를 갖는다. 特히 最近 國內에서 急速한 伸長을 거듭하고 있는 炭素皮膜 固定抵抗器의 生産은 今年 後半期에 들어 數量面에서 이미 月間 5,000萬個를 突破하고 있다. 이와같은 炭素皮膜 固定抵抗器의 生産增加는 電子製品의 固體化에 따라 小定格電力(1/4W型)이며 高精度인 抵抗器의 需要增大에 基因하고 있다.

그러나 이들 炭素皮膜抵抗器의 品質은 最近에 이르러 많은 向上을 보였으나 아직도 各 製造業體別 製品間에는 製造方式이 거의 비슷함에도 信賴性 面에서 볼 때 뚜렷한 差異를 나타내고 있다. 品質이 極히 나쁠 때는 製品上의 결함을 손쉽게 찾아 낼 수 있으나 品質水準이 어느 程度 向上되고 나면 製品의 信賴性에 미치는 故障形態와 原因은 各 業體가 製造工程中에서 隨時 適用하고 있는 抜取檢査 혹은 全數檢査를 통해서 손쉽게 나타나지 않는 微妙한 것들이다. 이것은 多數試料를 對象으로 長期間에 걸친 壽命試驗과 細心한 材質分析을 통해서 製品속에 潜在하는 缺陷을 하나하나 씩출하는 方途 밖에 없으므로 매우 힘든

* 正會員 KIST 計測信賴度研究室長

作業이 아닐 수 없다. 各 製造業體는 무엇보다도 短時間內에 品質要因과 關聯되는 材料選定, 製造工程 및 品質管理上의 問題點을 찾아 내어 品質向上과 製品의 均一化에 反映할 수 있는 適切한 評價手段을 切實히 要望하고 있다. 本研究는 炭素皮膜固定抵抗器에 關한 品質向上策의 一環으로 抵抗器에서 發生하는 電流雜音과 製品의 品質에 미치는 因子들의 相互關係를 考察한 것이다.

2. 電流雜音測定에 對한 考察

一般的으로 낮은 레벨의 低周波回路等에서 抵抗器는 妨害雜音의 主要因이 되고 있다. 따라서 어떠한 要求值를 갖는 電子回路에 對하여는 雜音測定을 通한 雜音의 크기와 特性을 明白히 할 必要가 생긴다. 抵抗器에서 일어나는 雜音原因中的 하나는 分子의 熱的運動으로 變動電壓을 發生하는 熱雜音을 들 수 있다. 熱雜音은 잘 알려진 다음과 같은 Nyquist 의 式¹⁾에서 豫測할 수 있으므로 熱雜音의 크기를 測定에 依하여 밝힐 必要는 없다.

$$E_r = \sqrt{4kTB R} \quad (2-1)$$

E_r : 熱雜音電壓의 實効值[V]

k : Boltzman's constant

T : Kelvin 溫度 [°K]

B : 測定系의 周波數帶域幅 [Hz]

R : 抵抗值 [Ω]

즉 熱雜音의 實効值는 抵抗值, 溫度 및 測定系 帶域幅의 積에 比例함을 나타내고 있다.

한편 다른 雜音原因은 直流電流가 抵抗回路素子에 흐를때 前者와 다른 變動電壓의 增加를 볼 수 있으며 이 增加分을 電流雜音이라 부르고 다음과 같이 表現²⁾하고 있다.

$$\overline{e(f)^2} = CI^2 f^{-1} \quad (2-2)$$

$\overline{e(f)^2}$: 周波數 f 에서의 周波數當 雜音電壓의 自乘平均値 [V]

C : 抵抗器에 따른 雜音定數

I : 抵抗器에 對한 直流印加電流 [A]

f : 周波數 [Hz]

α : 抵抗器에 따라 1.4~2.2, 平均値는 1.9인

γ : 1.0

그러나 便宜上 式 (2-2)를 다음과 같이 簡素化

하면

$$\overline{e(f)^2} = CI^2 / f \quad (2-3)$$

이것은 雜音電力의 分布가 $1/f$ 에 比例하고 있음을 나타낸다. 따라서 주어진 周波數帶域 $f_1 \sim f_2$ 에 對한 抵抗器의 電流雜音電壓에 對한 實効值 E_c 는 式 (2-3)의 積分으로 얻어진다. 卽

$$\begin{aligned} \overline{E_c^2} &= \int_{f_1}^{f_2} \overline{e(f)^2} df = \int_{f_1}^{f_2} \frac{CI^2}{f} df \\ &= CI^2 (\ln f_2 - \ln f_1) \end{aligned} \quad (2-4)$$

$$E_c = [CI^2 \ln(f_2/f_1)]^{1/2} \quad (2-5)$$

이 式에서 測定系周波數帶域의 上下遮斷周波數比가 같으면 電流雜音의 크기는 같다는 것을 알 수 있다. 一般的으로 抵抗器에서 發生하는 雜音의 大部分은 $1/f$ 에 比例하는 所謂 電流雜音으로 알려져 있으며 높은 周波數(約 100 kHz)인 경우에는 熱雜音이 優勢해지고 있으나 比較的 낮은 周波數領域에서는 電流雜音이 支配的이다.

實際 抵抗器에서 發生하는 電流雜音의 크기 또는 質을 正確히 評價하기 위한 測定方法은 美國 立標準局에 依하여 추천³⁾되고 있는 dB에 依한 電流雜音指數가 採用되고 있다. 이것은 MIL-STD-202D-Method 308(April, 1969)에도 採擇되어 microvolt [μV]로 表示된 電流雜音電壓의 實効值[rms]와 Volt [V]로 表示된 印加 直流電壓과의 測定比로서 다음과 같이 나타내고 있다.

$$\text{雜音指數} = 20 \log E_c / E_{dc} \quad (2-6)$$

E_c : 電流雜音電壓의 實効值 [μV]

E_{dc} : 印加直流電壓 [V]

이 雜音指數와 關聯되는 通過帶域幅은 1,000 Hz를 幾何中心周波數로 하는 1周波數範圍이므로 이 雜音指數는 어떤 周波數帶(a decade)에서의 microvolt/volt 라는 意味를 갖는다. 測定系의 構成³⁾은 그림 2-1과 같이 直流部分은 可變直流電源과 直流眞空管電壓計(VTVM)로 하고 測定系의 交流分은 較正信號源과 指示計增幅器로 하고 있다.

測定上의 考慮事項은 直流의 경우 可變直流電源을 試驗抵抗器 R_T 에 分離抵抗器 R_m 를 通하여 直流負荷電力을 供給한다. R_m 은 試驗抵抗器의 端子間에 나타나는 雜音電壓이 直流電源出力端子의 낮은 並列임피던스에 依하여 減衰되는 것을 防

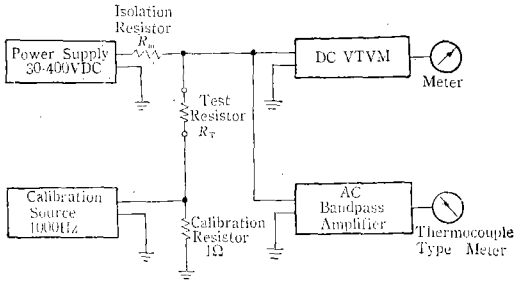


그림 2-1 電流雜音測定系의 構成

止할 것이므로 雜音이 없는 卷線型抵抗器로서 R_T 의 抵抗値에 따라 適當한 것을 選定하고 있다.

한편 交流의 경우는 試驗抵抗器의 端子에 나타나는 雜音電壓이 增幅되어 그 實効値의 크기는 高利得, 低雜音增幅器, filter 및 rms檢波器 등을 거쳐 出力計에 나타난다. filter는 增幅器의 周波數特性을 1,000 Hz의 幾何中心을 갖는 平坦한 1,000 Hz의 帶域幅으로 制限하고 있다.

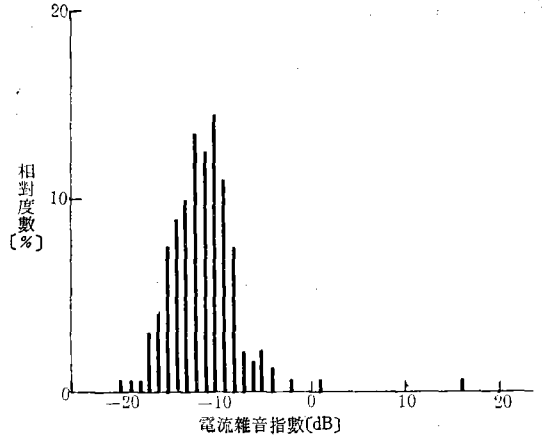
이 밖에 分離抵抗器 및 試驗抵抗器에 對한 直流負荷電壓의 適用基準은 다음 세가지 制限條件을 基礎로 하고 있다. 卽 첫째 試驗抵抗器에서 消費되는 直流電力은 250mW 以下로 한다. 둘째 試驗抵抗器에 印加되는 最大直流電壓은 250V 이하로 한다. 셋째 分離抵抗器에서 消費되는 直流電力은 1W 以下로 한다.

3. 電流雜音分布

國內에서 生産하고 있는 3個社의 炭素皮膜固定抵抗器를 對象으로 抵抗値 100kΩ, 定格電力 1/4 watt 인 各 200個의 試料群 A, B, C의 電流雜音指數를 測定하고 相對度數인 頻度[%]를 電流雜音의 크기에 對應시켜 그려본 histogram은 그림 3-1, 3-2, 3-3과 같이 大體로 正規分布를 나타내고 있으며 各 試料群이 갖는 正規分布의 parameter를 整理하면 表 3-1과 같다.

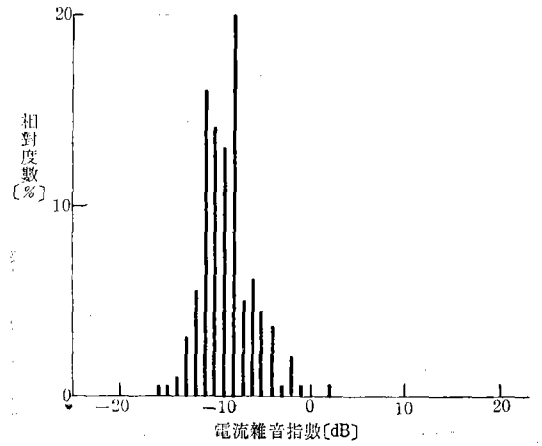
表 3-1 製品別 正規分布 Parameter

	A 社品	B 社品	C 社品
平均值 \bar{x} [dB]	-11.175	-8.68	8.54
標準偏差 σ	3.46	2.64	4.6



Sample: A, 100kΩ, 1/4W, 5%
Temp.: 25°C
 \bar{x} : -11.175 [dB]
 σ : 3.46

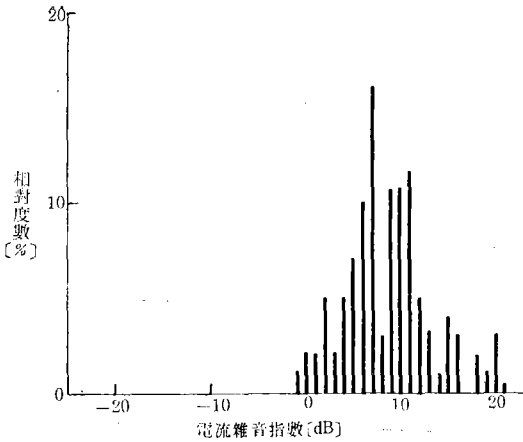
그림 3-1 A社製品의 電流雜音分布



Sample: B, 100kΩ, 1/4W, 10%
Temp.: 25°C
 \bar{x} : -8.68 [dB]
 σ : 2.64

그림 3-2 B社製品의 電流雜音分布

同一社의 各種製品에 對한 電流雜音變化를 보면 抵抗値가 높을 수록 電流雜音이 크고 定格電力이 큰 卽 形狀이 클수록 電流雜音은 적으나 表 3-1에 나타난 平均值 \bar{x} 의 順位는 그대로 維持하고 있었다. 다만 同一定格에 對한 抵抗値 對 電流雜音레벨의 變化傾度는 製品의 品質이 優秀할 수록 直線에 가깝고 品質水準이 낮을 수록 抵抗値增大에 따라 指數函數의 上昇하는 것이 특



Sample: C, 100kΩ, 1/4W, 10%

Temp.: 25°C

\bar{x} : 8.54 [dB]

σ : 4.6

그림 3-3 C社製品의 電流雜音分布

정이라 하겠다. 電子機器用으로 使用되고 있는 500kΩ 未滿의 美國製抵抗器의 種類에 따른 大體의인 電流雜音指數의 例는 表 3-2¹⁰⁾와 같이 分類하고 있으며 特히 150kΩ, 1/2W 酸化錫皮膜抵抗器에 對한 試料例⁹⁾를 보면 電流雜音이 -21.3dB 以上인 것은 品質의으로 異常이 있는 製品으로 보고 있다.

表 3-2 美國製抵抗器의 電流雜音레벨

抵抗器種類	電流雜音指數(1μV/V=0 dB)
炭素體	-10~-20dB
炭素皮膜	-17~-23dB
酸化錫皮膜	-23~-27dB
金屬皮膜	-30~-34dB

後述하는 壽命試驗結果에 비추어 보면 正規分布曲線의 幅이 좁고 相對度數가 클수록 製造工程의 優秀性을 立證하고 있으며 品質向上의 1次의 目標로는 $(\bar{x} + \sigma)$ 以上을 없애는 것이 冼보다도 重要하다.

4. 壽命試驗結果

一般的으로 炭素皮膜抵抗器 뿐만 아니라 電子部品の 壽命試驗에 臨해서 部品에 加해질 環境條件 및 加速性을 갖기 위한 stress 의 程度는 매우

重要한 意味를 갖는다. 實際 使用條件에 準한 壽命試驗은 그 simulation도 어렵지만 莫大한 試料의 時間을 要하는 難點을 免할 수 없다. 本研究의 目的上 故障形態에 따른 劣化 mechanism를 追究하고 그 結果를 品質向上을 위한 製造工程改善과 問題點의 豫測에 利用할것이므로 適當한 stress로 劣化 mechanism이 變하지 않는 加速壽命試驗方法을 適用하여야 할것이다.

炭素皮膜抵抗器의 信賴度를 左右하는 因子는 여러가지가 있으나 通常 溫度, 濕度 및 電力에 依하여 信賴도가 左右되고 이에 따른 劣化 mechanism도 多樣하다.

本實驗에 適用한 壽命試驗中 代表的인 試驗方法은 定格電力 100% 印加에 對한 負荷斷續周期를 90分 ON-30分 OFF로 單一化 하고 環境 stress를 다음 表 4-1과 같이 세가지 靜的條件만 으로 限定하였다. 動的인 環境 stress는 加速性이 顯著하지만 試驗結果의 再現性和 解折上의 難點이 있기 때문에 이 報告에 收錄하지 않았다.

表 4-1 壽命試驗에 適用한 代表的 stress 條件

試驗方法	溫度[°C]	相對濕度[%]
①	40	—
②	70	—
③	40	90~95%

壽命試驗에 臨해서 그림 3-1, 3-2, 3-3의 histogram을 土臺로 同一試料群 中에서 電流雜音 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 를 境界로 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 未滿과 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 以上을 區分하여 同一條件에 依한 壽命試驗 結果를 比較하였다. 그 理由는 電流雜音增大 및 抵抗值機構가 抵抗皮膜이나 端子의 缺陷에 依한 電流密度의 不均衡에 基因^{5), 9)}하고 있으며 電流雜音과 抵抗值의 長期安定度 即 信賴度間에 어느程度 關聯이 있다고 생각하기 때문이다.

前述한 試料 A群에 對하여 試驗方法 ③을 適用한 壽命試驗結果는 그림 4-1과 같이 電流雜音指數의 크기에 따라 현저한 差異를 볼수있다.

試料 A群에 對한 또하나의 特徵은 同一한 試料條件에 對하여 試驗方法 ②를 適用하였을때 電流雜音指數가 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 未滿인 것에는 壽命試驗結果가 試驗方法 ③의 境遇와 거이 同一한 傾向

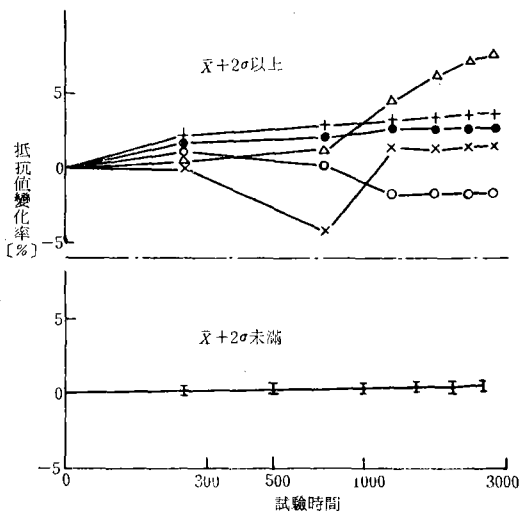


그림 4-1 A社製品의 耐濕負荷壽命特性 (試驗方法 ③)

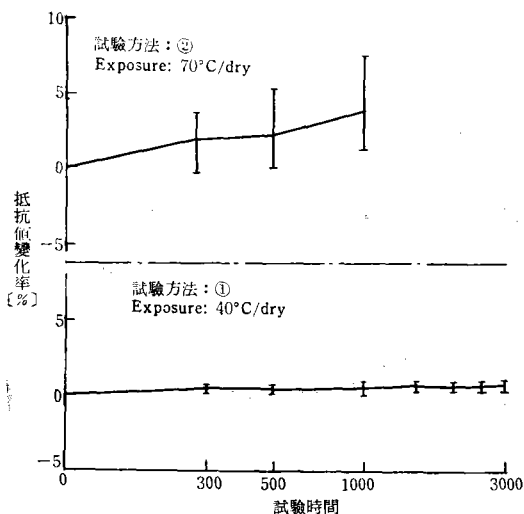


그림 4-3 B社製品의 負荷壽命特性 (試驗方法 ① 및 ②)

인데 比較하여 ($\bar{x} + 2\sigma$) 以上品은 抵抗值變化幅이 뚜렷해지고 있다는 點이다.

試料 B群에 對하여 試驗方法③을 適用한 壽命試驗結果는 그림 4-2와 같이 前述한 試料 A群과 거의 同一하게 나타나고 있다. 그러나 試料 B群

中 電流雜音指數가 ($\bar{x} + 2\sigma$)未滿인 比較的 良品에 對하여 試驗方法 ①, ②를 適用한 結果는 그림 4-3과 같이 溫度 stress 70°C의 境過 不過 250時間만에 뚜렷한 劣化狀態를 볼 수 있고 經時에 따라 急速히 果進되고 있음을 알 수 있다.

以上の 試驗結果를 볼 때 濕氣로 인한 뚜렷한 劣化促進은 볼 수 없었으며 抵抗器의 外裝인 絶緣防濕材가 良質임을 나타내고 있으나 溫度 stress 에는 虛弱함을 알 수 있다. 다만 여기서 留意할 點은 抵抗器에 規定된 定格電力은 規定周圍溫度에서 連續的으로 負荷할 수 있는 最大電力值를 말하고 周圍溫度가 規定溫度以上일 때는 定格電力을 輕減하는것이 原則이므로 萬一 B社 製品의 規定周圍溫度(明示가 없음)가 40°C였다면 前記한 溫度 stress 70°C에 對한 結果를 適用하는것은 妥當하지 않다. 그러나 製品의 信賴性評價에는 有效한 手段이고 同一物理的規格을 갖는 A社 製品과 比較한다면 品質的 向上의 餘地가 있음을 再考해야 할것이다.

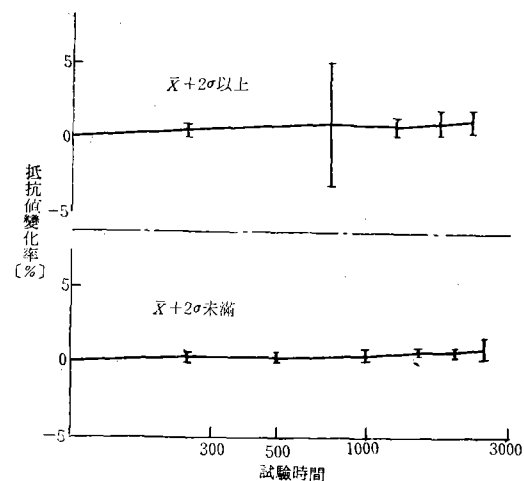


그림 4-2 B社製品의 耐濕負荷壽命特性 (試驗方法 ③)

한편 電流雜音이 極히 많았던 試料 C群에 對하여 試驗方法 ①과 ③을 適用한 結果 그림 4-4와 같이 不過 250時間만에 故障品이 派生하고 특히 500時間이 經過할 때는 濕氣 stress 가 加해진

것은 故障이 더욱 促進되고 있음을 알 수 있다. 이것은 防濕에 對한 外裝材의 不良도 問題點으로 나타내고 있다. 또한 試驗方法 ②를 適用하였을 때 여기에 提示하지는 않았으나 不過 500時間만 試料中 80%以上이 完全 故障으로 나타났다.

이미 酸化錫金屬抵抗器나 炭素皮膜抵抗器에서 雜音과 信賴度間에 關聯이 있다는 것이 報告⁶⁾되고 있으나 이러한 相互關係가 合理的으로 體系化된다면 多數試料와 時間을 要하는 壽命試驗을 實施하지 않아도 電流雜音레벨에 依하여 製品의 品質과 信賴性을 評價할 수 있는 한 手段이 될 수 있을 것이다.

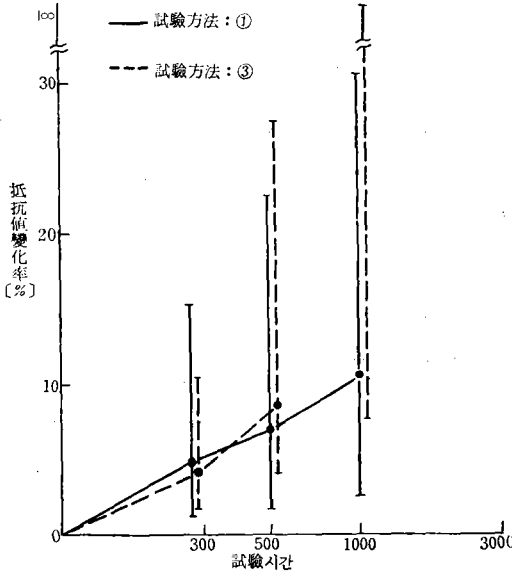


그림 4-4 C社製品의 負荷壽命特性 (試驗方法 ① 및 ③)

5. 製造工程上의 缺陷要因

優秀한 抵抗器의 生産은 細心한 設計, 材料選定, 製造工程 및 品質管理를 통한 所產物이다.

炭素皮膜固定抵抗器의 主要製造工程을 본다면 磁器素體—磁器表面處理—着炭—端子壓入—一切削(端子壓入前에 施行 할때도 있음)—保護外裝—色表示—包裝出荷 等を 들 수 있다. 現在 우리나라의 製造實態를 본다면 前述한 製造工程中 磁器素體만을 導入하여 磁器表面 處理以後工程을 施行하는 業體와 이미 着炭된 磁器素體를 導入하여 端子壓入以後의 工程을 施行하는 두가지 形態가 있다. 따라서 이미 重要한 設計 및 外裝材를 除外한 材料選定은 決定된것이며 다만 製造工程과 品質管理만이 國產으로서 안겨진 品質限界라 하겠다. 그러나 이들이 찾아하는 品質上의 比重은 매우 크다.

製造工程의 考察에 앞서 우선 炭素皮膜抵抗器의 資材中 가장 基本資材인 磁器素體를 본다면 現在 全量導入에 依存하고 있으며 材質적으로 alkali 酸化物이 작은 mullite($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)系 磁器를 使用하고있다. 이들 磁器素體는 韓國產 고령토를 主材로 全部 日本에서 製造된것이며 2個社에서 蒐集한 各 試料의 組成을 分析한 結果表 5-1과 같고 X-ray 回折試驗結果에서도 mullite만이 鑛物狀으로 나타나고 있다. 磁器種類 A, B는 거이 비슷한 組成이며 alkali($Na_2O + K_2O$) 成分은 抵抗器의 壽命特性에 關聯된다고 보고 있으나 外産의 境遇 一般의으로 1.7~3.4% 範圍에 있고 特히 alkaliless 라고 稱하는 磁器素體가 0.6%라고 報告⁸⁾되고 있다. 따라서 磁器의 寸法 및 表面上의 缺陷만 없다면 性能上으로 正常的인 磁器素體라 볼 수 있다.

製造工程中 첫作業은 磁器素體의 表面處理라 하겠다. 이것은 沸化水素에 依한 etching을 施行함으로써 磁器表面에 附着한 異物을 除去하고 磁器表面에 均一한 粗度를 만들어 炭素皮膜形成이 容易하게끔 加工하는 作業이다. etching에 要하는 時間은 沸化水素의 濃度와 溫度에 關係하고 또한 所定抵抗值를 얻는 着炭作業과 關聯이 있기

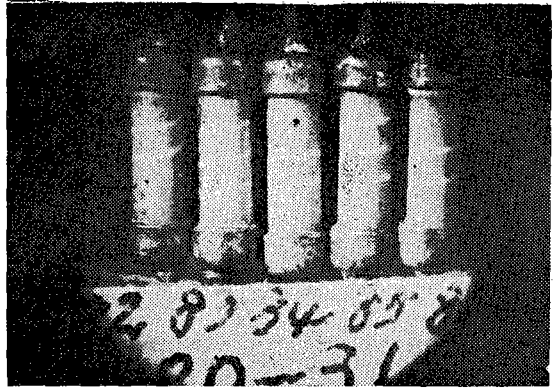
表 5-1 磁器素體의 組成

磁器種類	(單位: wt%)								
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	MgO	CaO	TiO_2	Na_2O	K_2O	BaO
A	31.1	57.9	0.77	0.22	0.62	0.28	0.66	1.23	6.3
B	31.7	56.4	0.86	0.20	0.57	0.33	0.70	0.90	7.5

때문에 實驗의 經驗을 土臺로 各 maker 에 따라 社內規格化되고 있으나 이 etching 은 炭化作業에서 着炭強度와 抵抗器의 性能에 密接한 影響을 주는 要因이기 때문에 소홀히 할 수 없는 工程이다.

한편 着炭은 炭素皮膜固定抵抗器의 製造工程中에서 抵抗器의 電氣的性能을 形成하는 가장 重要한 工程이며 原理的으로는 benzen 또는 methane 등의 炭化水素를 眞空高溫中에서 熱分解시켜 磁器素體表面에 炭素皮膜을 折出し킨것이다. 着炭條件은 溫度, 眞空度, gas量 및 時間에 따라 決定된다.

지금 그림 3-1, 3-2 및 3-3에 表示한 試料群 A, B, C中 電流雜音에 對한 正規分布의 平均値 \bar{x} 未滿인 것을 random 하게 5個式 抽出하여 保護外裝을 解體한 結果 사진 5-1, 5-2, 5-3과 같다. 同一定格電力 및 抵抗值인데도 直感的으로



寫眞 5-3 保護外裝을 解體한 C社製品

切削回數, 抵抗皮膜幅, 切削路幅, 切削面의 均一性 및 皮膜의 두께(色感) 등이 各己 特徵的으로 相異하게 나타나고 있다.

炭素皮膜固定抵抗器의 特色은 抵抗素體의 切削으로 抵抗素體의 初期抵抗值를 數拾에서 數百倍로 增大할 수 있다는 點이며 抵抗素體의 有效長 L 가 一定할때 切削後의 抵抗值은 다음과 같이 表示하고 있다.

$$R = \frac{(\pi D)^2}{P(P+C)} R_0 \tag{5-1}$$

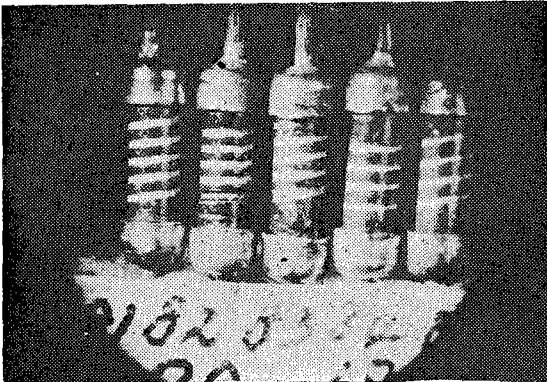
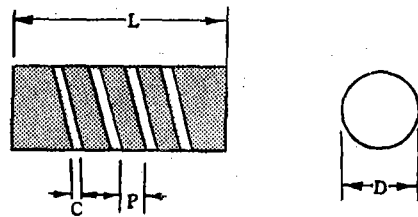
R_0 : 初期抵抗值

D : 抵抗素體의 直徑

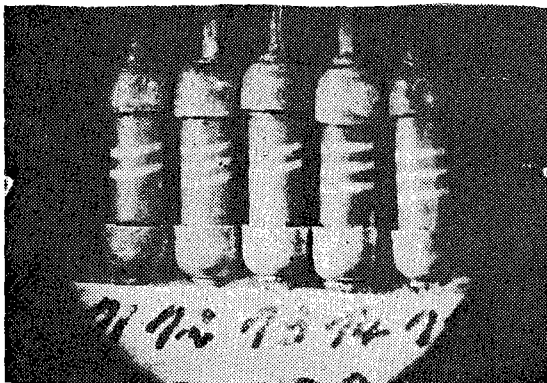
P : 抵抗皮膜의 幅

C : 切削路幅

L : 抵抗素體의 有效長



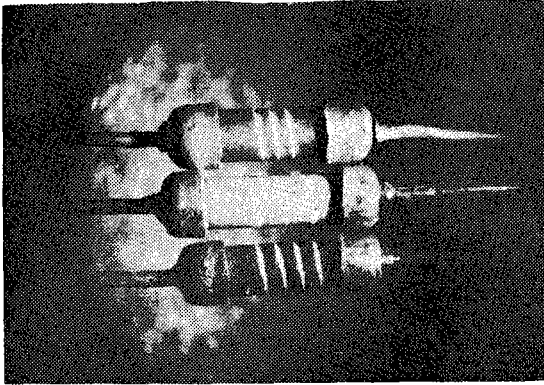
寫眞 5-1 保護外裝을 解體한 A社製品



寫眞 5-2 保護外裝을 解體한 B社製品

式 5-1를 土臺로 사진들이 나타내는 特色을 觀察하면 試料 A群에 比해서 B群과 C群의 初期抵抗值가 크다는것을 곧 알 수 있으며 特히 C群은 抵抗皮膜幅이 매우 넓은데 反하여 切削後의 抵抗值 R 가 크다는 것은 初期抵抗值 R_0 가 매우 크다는것을 意味하고 結果的으로 抵抗皮膜이 얇다는 것을 立證하고 있다. 試料 C群을 보면 肉眼으로도 皮膜形成이 點點으로 보일 程度로 規格未達品임을 容易하게 判別할 수 있다. 사진 5-4

는 前記한 各 試料中 가장 代表的인 것을 便宜上 同一面에 配置하여 比較해 본것이다. 遺憾스럽게 도 試料 C群은 前述한 資料에 依해서 充分히 檢討(그림 3-3 및 4-4) 된바와같이 外國에서 이미 着炭處理된 抵抗素體로 導入한 것이나 明白히 規格未達의 폐기품을 外産이라는 安易한 思考속에 아무런 檢討도 없이 가장 重要한 基本資材로서 盲目的으로 받아들여져 있던 것이다.

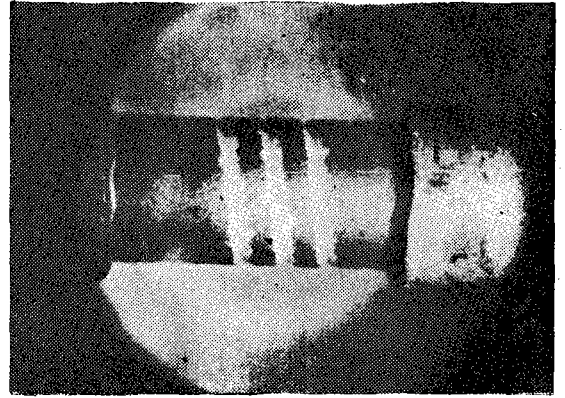


寫眞 5-4 各社製品中 代表的의 試料의 比較
(上: B社, 中: C社, 下: A社)

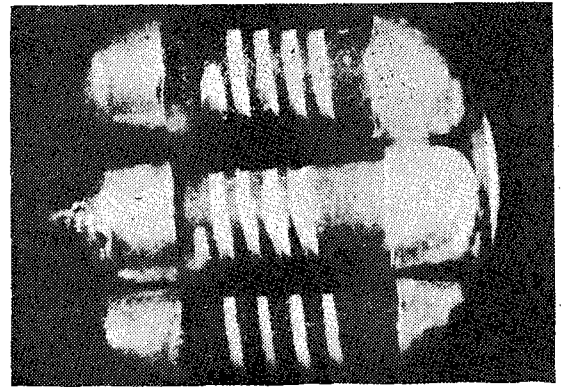
한편 試料 B群에 對해서 觀察해보면 사진 5-5 처럼 一般的으로 抵抗皮膜幅이 좁고 切削加工不良이 許多하다는 것을 알 수 있다. 이것은 前節 그림 4-3에서 證明되고 있듯이 切削不良에 基因한 抵抗皮膜幅의 不均一이 電流密度의 不均衡을 招來하여 劣化를 促進한 것이다. 切削加工의 不良原因은 磁器素材의 材質의 強度와 切削工具의 두가지 面에서 볼 수 있으나 磁器素材의 分析 및 強度試驗結果 材質上의 缺陷은 없었고 다만 製造工程에서 오는 缺陷으로 徹底한 品質管理를 期하지 못한다 基因한 品質低下例이다.

試料 A群은 對象試料中에서 品質의으로 가장 優秀한 製品임에는 틀림없으나 그림 3-1에서 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 以上인 것들이 壽命試驗 結果 그림 4-1 과 같이 不良으로 나타나고 있다. 이들의 外裝을 解體하여 觀察한 結果 사진 5-6과 같이 切削加工의 不良으로 抵抗皮膜幅이 不均一하게 좁소해졌고 特異한 點은 切削路의 깊이가 均一하지 않다는 點들이다.

이것은 手動切削에서 오는 加工技能工의 熟練



寫眞 5-5 B社製品의 切削加工例



寫眞 5-6 A社製品의 切削不良例
(上, 中: 不良品, 下: 良品)

度에 基因하나 製造工程의 自動化로 이러한 問題는 漸次 解消될것이다. 다만 品質向上面에서 그림 3-1이 表示하는 histogram의 相對度數를 높이고 後端 即 $(\bar{x} + 2\sigma)$ 以上の 根絶을 期하는 것이 製品의 品質面에서 完璧을 向하는 앞으로의 課題가 될 것이다.

6. 結 論

電流雜音分布를 土臺로 炭素皮膜固定抵抗器의 品質과 信賴性에 미치는 製造工程上의 缺陷을 考察하였다. 抵抗器에 對한 壽命試驗의 stress 因子로 溫度 및 濕度는 매우 有効하지만 多數의 試料와 時間的 損失을 免할 수 없다.

電流雜音의 크기는 抵抗材의 固有한 性質과 抵抗素子의 處理, 組立 및 外裝等에 依한 여러要因

에 依存하고 있으나 random sampling 에 依하여 代表群의 抵抗器에 對한 電流雜音指數를 測定하면 正規分布를 나타낸다. 이러한 正規分布의 平均値 \bar{x} 와 標準偏差 σ 를 壽命試驗을 通해서 分析한 結果 이들은 製造工程의 缺陷과 密接한 關係를 나타내고 있으며 長期壽命試驗을 거치지 않고 또한 試料의 損傷없이 製品의 品質管理와 均一성을 判斷하는 指標로서 매우 有用한것임을 알 수 있었다.

電流雜音에 미치는 因子로서 磁器表面處理를 包含하는 着炭條件은 가장 支配的이며 雜音레벨의 變動幅 即 標準偏差 σ 는 製造面의 品質管理를 端的으로 代表하고 있다. 特히 從來 端部處理가 雜音發生의 主因이라고 推測하였으나 製造工程의 改善(cap型使用)과 自動化로 端部處理의 不良은 거의 發見할 수 없었으며 이러한 問題는 磁器素體 및 cap의 徹底한 受入檢査만 期한다면 解消될것이다. 다만 磁器素體의 國產化와 着炭技術의 消化에 따른 品質水準維持는 外裝保護材의 國內調達과 함께 앞으로 남은 至急하고 重要한 課題가 될 것이다.

謝 意

本 研究는 “電子製品의 品質에 對한 檢査基準 및 向上方法에 關한 研究” 事業으로서 支援해 주신 科學技術處와 試料調達의 便宜를 提供해 주신 各 業體諸位 및 資料整理에 힘써준 閔範基氏에게 深深한 謝意를 表합니다.

參 考 文 獻

- 1) H. Nyquist: Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors. Phys. Rev., vol. 32, p.110-113, July (1928)
- 2) C.J. Christensen and G.L. Pearson: Resistance Fluctuations in Carbon Microphones and Other Granular Resistances. Bell Sys. Tech. J., vol. 15, p. 197-223, April (1936)
- 3) G.T. Conrad, Jr., N. Newman and A.P. Stansbury: A Recommended Standard Resistor-Noise Test System. IRE Transactions of the Professional Group on Component Parts, vol. CP-7, No. 3, Sept. (1960)
- 4) 飯村亮三, 瀧澤芳郎: 炭素皮膜固定抵抗器의 信賴度, 電子技術, 第8卷, 第4號 p.83-88 (1960)
- 5) 盧弘晁: 國產固定抵抗器의 電氣의 特性과 信賴性, 새 기술, Vol. 1, No. 1, 10월(1969)
- 6) J.G. Curtis: Current Noise Measurement as a Failure Analysis Tool for Film Resistors, Corning Glass Works
- 7) Kirby: Current Noise in Fixed Film Resistors, Radio & Electronic Components Part I, I, Aug., Sept., (1962)
- 8) 佐佐木甫, 西村保郎, 粕谷昭二: 炭素皮膜抵抗器의 電流雜音に及ぼす要因について, 電氣學會誌 Vol. 84-9, No. 912, p. 1407~1413 (1964)
- 9) J.G. Curtis: Current Noise Test Indicate Resistor Quality, International Electronics, May (1962)
- 10) 川上寅雄: 炭素皮膜抵抗器, 電子材料 4月(1970)