

電子部品解説

콘덴서編

李炳培*

1. 序言

最近의 科學技術의 進歩는 大端히 急速해서 最近에 宇宙時代에까지 突入하였다. 따라서 各種 電子機器, 裝置도 家庭用으로부터 宇宙用까지 그 利用範圍는 擴大되고 小形輕量化의 要望도 漸次로 높아 지고 있다. 近年의 電子機器部品業界의 움직임의 大勢는 이 性能의 幅을 넓히면서 어떻게 해서 小形輕量化를 하느냐 하는 것이었다.

抵抗, 코일(coil) 등과 같이 電子回路를 構成하는 重要한 部品の 一種인 콘덴서(condenser)도 靜電容量의 極히 적은 것으로부터 큰 것으로 使用溫度의 낮은 것으로부터 높은 것으로, 使用電壓의 極히 낮은 것으로부터 높은 것으로 그 使用範圍를 넓히면서 小型輕量化, 高性能化, 低價格化 등의 要望에 答하기 爲하여 그 構成方法, 使用되는 材料, 製造方式에 關한 研究開發이 續 없이 繼續되고 現在에까지 多種多樣의 콘덴서가 實用化되게 되었다.

現在 하이 파이(hi-fi) 및 스테레오(stereo)를 包含하는 많은 電子機器가 이미 트랜지스터(Transistor)化되어 있으며 天然色 TV를 除外한 TV受像機가 1967년까지는 全部 트랜지스터化할 傾向을 가지고 있다. 이리하여 더 많은 小型 콘덴서가 要求되는 實情이다.

이 기에는 종이, 金屬化紙, 電解, 磁器, 프라스틱 필름(plastic film), 마이카(mica) 콘덴서를 簡單하게 記述하였으며 紙面關係로 콘덴서 全般에 걸치지 못했다. 이 以外의 것 및 더 專門的인 것에 關하여는 文末에 收錄된 參考文獻을 參考하기 바란다.

國內에서도 電子部品の 國産化에 關해서 努力을 하고 있으며 그 一部는 市場에 나온지 이미 오래다. 一部 大學 및 研究所에서도 다른 電子部品과 같이 콘덴서에 關해서 研究를 하고 있으며 一部 電子機器 製作會社에서도 좋은 製品의 生産에 努力하고 있으므로 國內에서의 製造技術도 急速히 向上될 것으로 思料된다. 앞으로 原料의 生産 및 現代적인 生産施設의 完備等 解決해야 할 問題도 많은 것이다.

2. 콘덴서의 種類

2-1. 콘덴서의 種類와 特徵

콘덴서를 構造에 依해서 分類하면 固定 및 可變 콘덴서로 나누어지고 誘電體材料에 依해서 分類하면 종이 MP (metallized paper), 프라스틱 필름(plastic film), 마이카(mica), 磁器 및 電解 콘덴서 등으로 分類된다. 이것을 表1에 表示하였다.

表1 固定콘덴서의 誘電體材料에 依한 分類

構造	誘電體材料		誘電率
卷取形 콘덴서	종이·金屬化紙	含浸 Microcrystalline wax 鹽化 naphthalene	2.2~5.2
		油入 鹽化 diphenyl 鎂物油	
形 콘덴서	프라스틱 필름	Styrol	10~20
		Mylar	6.4~25
		Makrofol (polycarbonate)	20~50
		Teflon (polytetrafluoroethylene)	10~50
		Polyethylene (irrathe)	50
		Desmofol	1.5~4.5

*原子力研究所 電子工學研究室, 正會員

	Lacquer 複合誘電體film	2~3 3~5
磁器 콘덴서	低誘電率, 低溫度係數磁器 (MgTiO ₃ 系)	10~30
	中誘電率 磁器 (TiO ₂ 系)	60~120
	高誘電率 磁器 (titan酸鹽系)	500~8000
積層 形	Mica	6~8
	Glass	8~9
電解 콘덴서	Aluminium箔 酸化皮膜 固體 aluminium 酸化皮膜	7.5
	Tantalum箔 酸化皮膜 固體 tantalum 酸化皮膜	11.5

중이 콘덴서	1. 靜電容量對 容積比는 磁氣콘덴서와 電解콘덴서의 中間程度이다.
	2. 濕度에 敏感함으로 特別 高濕中에서 使用한 境遇에는 容器를 密閉(hermetic sealed)할 必要가 있다.
	3. 高周波에서는 實効抵抗이 커진다.
	4. 經年變化가 있다.
電解 콘덴서	1. 一定한 容積에 對해서 靜電容量이 最大이다.
	2. 長時間使用하지 않을 境遇 再化成할 必要가 있다.
	3. 再化成의 必要에 對해서 輕減負荷로 使用할 수 없다.

電子裝置에 使用하는 部品の 約 1/4은 콘덴서이고 全裝置의 故障의 1/7은 콘덴서의 故障에 依한것이고 그 1/7의半은 콘덴서의 不適切한 選拔과 使用方法에 起因한다(4). 이렇게되면 콘덴서의 適切한 選擇 및 使用方法이 얼마나 重要한가 를 알 수 있다. 여기에 使用者側에서 본 콘덴서의 選擇基準의 一例를 表2에 表示한다.

表2 使用者側에서 본 콘덴서의 性能

콘덴서 의 種 類	一 般 的 性 能
空 氣 콘덴서	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一定한 靜電容量에 對해서 容積이 가장 크고 低電壓이다. 2. 低損失이고 誘電體의 經年變化는 없다. 3. 溫度變化에 對해서 靜電容量은 比較的 安定하다. 4. 濕度, 氣壓(低氣壓)에 影響되고 絶緣 破壞나 후레쉬오버(flashover)를 일으킨다. 5. 高周波振動에서 極板이 回轉하고 靜電容量이 變化할 念慮가 있다.
마이카 콘덴서	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一定한容積 또는 重量에 적은 靜電容量 밖에 收容할 수 없다. 2. 低損失이고 溫度 周波數에 對한 特性이 좋고 經年變化가 적다. 3. 실버 마이카(silver mica)에서는 高濕度中에서 高電壓을 걸면 銀의 移動이 일어난다.
磁 器 콘덴서	<ol style="list-style-type: none"> 1. 誘電體의 組成을 바꾸는데 따라 靜電容量의 溫度特性을 마음대로 制御할 수 있다. 2. 一定한 容積 또는 質量에 對해서 큰 靜電容量의 것이 얻어진다. 3. 誘電率이 大端이 높다. 4. 相對的으로 부식되기 쉽고 衝擊이나 衝動으로 損傷하기 쉽다. 5. 經年變化가 있다.

2-2. 靜電容量範圍와 周波數範圍

靜電容量의 큰것으로는 電解콘덴서 작은 것으로는 磁器 콘덴서나 마이카 콘덴서가 있고 프라스틱 필름 콘덴서나 중이 콘덴서는 兩者의 中間에 位置한다.

여기서 말하는 靜電容量은 電解콘덴서는 120c/s에서 중이콘덴서 및 金屬化紙 콘덴서는 1000c/s에서 其他는 靜電容量 [330PF($\mu\mu F$, $10^{-12}F$)가 境界]에 따라서 100c/s 또는 1mc/s($10^6c/s$)에서 測定한 値이고 周波數, 溫度, 印加電壓에 依해서 變化한다. 그림1에 各콘덴서의 靜電容量範圍를 表示하였다.

콘덴서의 周波數關係는 共振 및 誘電體損失外에 靜電容量對容積의 關係가 있다. 即 중이 및 電解콘덴서가 高周波에 使用되지 못하는것은 損失의 高周波特性이 좋지않기 때문이며 磁器 및 마이카 콘덴서가 低周波用으로 使用되지 못하는것은 容量對容積의 關係때문이다. 그림2에 現在一般的으로 使用되고 있는 콘덴서의 使用周波數를 表示하였다.

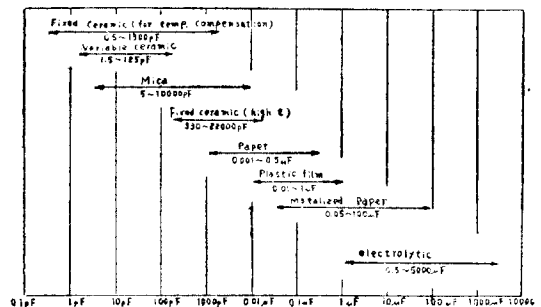


그림 1. 各콘덴서의 靜電容量範圍

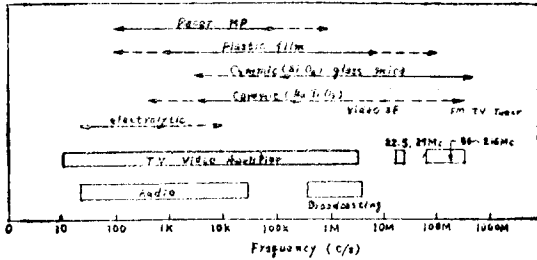


그림 2. 各콘덴서의 周波數使用範圍

3. 종이 콘덴서

종이 콘덴서 (paper condenser)는 튜브라 콘덴서 (tubular condenser)라고도 불리우며 오래前부터 開發된 콘덴서이고 使用溫度範圍 및 定格電壓에 注意해서 使用하는 것이 重要하고 필터 (filter)用, 結合用, 側路用, 리레이 (relay) 接點의 保護用, 進相用 등으로 널리 使用된다. 電極에는 알루미늄 (aluminium) 箔을 誘電材料로는 마이크로 크리스탈린 왁스 (microcrystalline wax) 鑛物油 등을 종이에 含浸한것을 使用하고있다. 마이크로파라드 (microfarad)當 크기는 電解 콘덴서보다 크고 마이카 콘덴서보다는 작다. 低電壓에서 使用되는 1 μ F의 종이콘덴서는 같은 容量이고 같은 動作電壓의 마이카 콘덴서의 約 4분의 1 程度이다. 戰後에는 小型, 長壽命, 高信賴性의 것이 나오고 있는데 이것은 高性能의 材料와 製造設備의 近代化에 依한 것이다.

3-1. 종이 콘덴서의 材料

誘電體로 使用되는 종이는 普通 數枚의 크라우트 페이퍼 (kraft paper)를 使用하며 0.2mil에서 1mil 程度이다 (1mil은 千分の 1inch이고 1mil = 25 μ 이다. 1micron은 千分の 1mm), 크라우트 펄프 (kraft pulp) 以外에도 木綿, 亞麻 등의 植物纖維를 利用해서 만든 종이를 使用해도 된다 종이는 誘電體로서 使用되는 것이므로 當然히 耐電壓이 높고 誘電正接 (tan δ)이 낮은 電氣의 特性이 良好한것이 要求된다.

종이가 얇고 작은 구멍이나 導電微粒子 등의 缺陷이 있기때문에 誘電體로서 1枚를 使用하는 것은 좋지않다. 2枚를 使用하면 2個의 缺陷이 같은 자리에 오게되는 機會는 아주적어진다. 0.2mil

內至 0.3mil 程度의 두께의 종이를 使用할 때에는 그림 3에 表示한 바와같이 적어도 3枚程度를 겹쳐서 使用하여 絶緣破壞의 可能性을 最少限으로 막을 수 있다. 0.3mil의 종이를 3枚 겹쳐서 만든 콘덴서의 定格電壓은 直流일 境遇에는 600volt 이고 60c/s 交流일 경우에는 330V이다. 이것보다 두꺼운 종이는 價格이 싸며 같은 面積內의 缺陷도 적으므로 日에 따라서 2枚의 두꺼운 종이를 使用하는 것이 좋은 때도 있다.

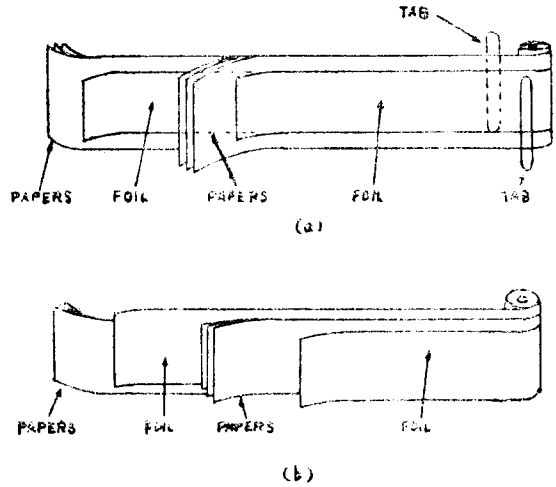


그림 3. 종이 콘덴서의 펼친경
(a) tab型, (b) extended foil型

두꺼운 종이는 兩面に 걸쳐있는 導電微粒子는 적지만 두께속에 묻혀있는 보다 작은 導電微粒子가 많기때문에 絶緣抵抗은 外見上보다 작다. 또한 두꺼운 종이는 얇은 종이에 比해서 잘 乾燥하지 않는데 얇은 종이는 같은 부피에 對해서 面積이 넓고 물이 빠져 나오는 길이 짧기때문에 더 잘 乾燥한다. 따라서 信賴度가 높게하기 爲하여는 얇은 종이를 3枚 겹쳐서 使用하는 것이 좋다.

3-2. 含浸材料

종이 콘덴서로 使用되는 종이의 構成要素는 約 80%가 纖維質로 되어 있고 水分의 含有가 約 8%나 되므로 製造工程에서 乾燥 脫濕해서 適當한 含浸材料 (impregnant)를 含浸시키고 耐電壓의 上昇, 防濕 및 이크程度의 容量增加의 役

割을 하게 한다. 종이에는 또한 若干의 鹽分, 酸 또는 알칼리(alkaline) 物質이 섞여있어서 아주 注意해서 洗淨하여도 完全히 除去하기가 困難하다. 代表的인 含浸材料는 表3에 表示되어 있다.

鹽化디페닐(diphenyl)은 液體含浸材料로서 近來에 使用하게 된 合成含浸劑이고 콘덴서 오일이라고 불리우는 鑛物油보다는 誘電率이 높고 콘덴서의 容積을 小形으로 할 수 있다.

表 3. 含浸材料 特性

材 料	誘電率	力率(%)	體積固有抵抗(ohm-cm)
Paraffin	2.2	0.04	10 ¹⁴
鑛物油	2.23	0.03	10 ¹⁴
鑛物 wax	2.2	0.05	10 ¹⁵
Polyisobutylene	2.2	0.03	10 ¹⁵
Silicone油	2.6	0.05	10 ¹⁶
Castor油	4.7	0.08	10 ¹²
鹽化 diphenyl	4.9	0.05	10 ¹³
鹽化 naphthalene	5.2	0.2	10 ¹¹
Microcrystalline wax	2.2	0.03	10 ¹⁵

디페닐系의 鹽化物은 鹽素化의 程度에 따라 여러가지 다른 性質의 것이 되고 普通 五鹽化디페닐 또는 三鹽化디페닐이 使用된다. 一般的으로 液體含浸콘덴서의 코로나(corona) 開始電壓은 固體含浸콘덴서보다 높다. 이것은 固體誘電體에 있어서는 모든 空隙을 除去하기 困難하기 때문이다. 絶緣體中에 空隙等の 缺陷이 있으면 여기에 電壓을 加하면 不平等電界을 發生하여 非持續性的의 微小放電이 일어나는데 이것을 一般的으로 코로니라고 한다.

使用되는 含浸材料에 따라서 그 使用目的이 달라진다. 鑛物油 또는 폴리이소부티렌(polyisobutylene)을 含浸한 콘덴서는 다른 含浸材料를 使用한 콘덴서보다 約 35% 더 크고 무겁다. 그러나 가장 安定한 d-c 特性, 가장 높은 絶緣抵抗 및 가장 낮은 力率을 갖는다. 鑛物油콘덴서는 가장 壽命이 길고 특히 높은 溫度에서 그러하다 왁스(wax)를 含浸한 콘덴서는 65°C를 넘는 溫度에서 使用해서는 안된다.

파라핀(paraffin)을 含浸한 콘덴서는 그 前에는 가장 많이 使用되었었지만 最近에는 特殊한 用途以外에는 거의 使用되지 않는다. 電氣的 特

性은 優秀하지만 軟化點이 50-65°C 程度로 낮다. 部品の 使用溫度 範圍 其他가 嚴格하게 되고 溫度差가 甚한에 含浸濟의 凝固, 溶解等에 依해서 콘덴서内部에 空隙等を 生하여 外氣와의 呼吸作用을 해서 誘電體가 劣化되는 原因이 되므로 使用되지 않는다.

鑛物油를 含浸하면 溫度變化가 넓어도 容量變化가 가장 작다. 크기와 무게가 問題가 될 때에 鹽化디페닐을 使用한다. 그러나 이러한 콘덴서는 鑛物油를 含浸했을 때 보다 낮은 溫度에서 容量變化가 크다. 또한 絶緣抵抗이 若干의 다른 含浸材料보다 낮다.

鹽화나후다린(naphthalene)은 파라핀等으로는 얻을 수 없는 高誘電率이고 高融點이고 優秀함으로 使用되었었는데 電氣의 特性은 파라핀보다 떨어진다. 欠點으로서 高溫強電解下에서 分解하여 콘덴서 特性의 劣化를 促進하고 惡臭를 내어 作業者에게 害를 끼치는 일이 있으므로 遊離鹽素를 安定化하고 豫備對策 및 設備의 改良으로 防止한다.

마이크로크리스탈린 왁스는 파라핀과 같은 程度의 電氣特性을 갖고 融點이 70-80°C로 파라핀보다 높고 接着性 및 粘着度가 優秀함으로 防水 및 防濕特性이 좋고 最近에는 널리 使用되고 있다.

3-3. 電極材料

슈부라 콘덴서의 電極으로는 普通 알미늄箔(foil), 錫箔, 鉛箔等이 使用되는데 一般的으로는 알미늄이 使用되고 두께는 0.25mil 程度이다. 箔은 含浸된 종이와 같이 감겨지므로 誘導성이 되기 쉽다. 例를 들어 端子를 2枚의 箔의 서로 反對面에 만들었다고 하면 完全한 回路를 만들기 위하여 電流가 2枚의 箔의 全 길이를 같은 方向으로 흐리야 하기 때문에 最大의 인덕턴스가 된다. 그러나 反對로 端子를 2枚의 箔에 아주 가깝게 만들면 電流가 서로 反對方向으로 흐르게 되어 最少의 인덕턴스가 된다. 無誘導의 境遇에 錫箔 또는 鉛箔을 使用할 때도 있다.

端子를 箔에다 붙이는데는 두가지 方法이 있다 탭(tap) 型은 그림 3a와 같이 작은 金屬帶을 箔에다 붙여서 接觸點을 만든 것이다. 일에 말한 바와

간이 이들 탭의 위치에 따라 콘덴서의 인덕턴스와 저항을 調整할 수 있다. 萬一 몇개의 탭을 만들어 이것들을 한데 붙여서 端子를 만들면 인덕턴스와 저항을 작게할 수 있다.

箔引出型(Extended foil)은 그림3b와 같이 한장의 箔의 邊이 한쪽으로 또 다른 한장의 箔의 反對쪽邊을 종이보다 나오게해서 감고 各各을 남으로 붙여서 端子를 만든것이다. 이렇게하면 감긴 箔의 邊이 같이 붙게되므로 콘덴서는 實質的으로 無誘導가 되고 電氣의 接觸이 좋고 電流의 通路가 짧아지므로 抵抗도 낮아지게된다.

3-4. 케이스(Case)材料

容器는 콘덴서의 使用目的, 規格, 特性等에 依해서 變하는데 大體로 알미늄 磁器, 黃銅, 合成樹脂等이 使用된다. 長期間에 걸쳐 高度의 信賴性을 갖게하기 爲해서는 濕氣 및 汚物等의 浸入을 막기 爲하이 誘電體는 容器안에 完全히 密閉되어 있어야 한다. 端子의 引出口는 機械的強度 및 氣密性이 좋아야 한다. 金屬端子의 引出口를 硝子로 密閉하면 完全한 氣密性이 維持되는데 이것은 오래되에따라 작은 龜裂이 생기기 쉽다. 以外の 材料로는 磁器, 고무(gum), 合成樹脂等도 使用된다.

3-5. 電氣的特性

종이 콘덴서의 靜電容量은 絶緣紙의 厚께와 含浸材料에 依해서 定해지거 몇가지 含浸材料에對한 靜電容量-溫度特性을 그림4에 表示했다. 靜電容量-溫度係數는 종이 自身은 溫도와 더부러

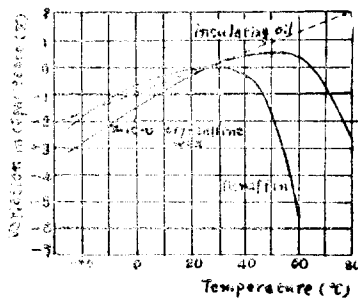


그림 4. 종이 콘덴서의 60c/s에서의 靜電容量-溫度特性

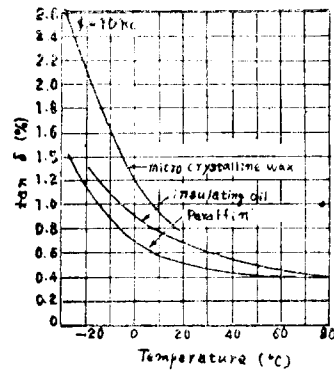


그림 5. 종이 콘덴서의 60c/s에서의 誘電正接-溫度特性

誘電率이 增加하는 傾向이 있으므로 含浸劑의 種類에 따라서 어느 程度의 傾向을 相殺할 수 있다. 또 이系統의 콘덴서는 含浸劑의 軟化點에서 急激하게 容量變化를 나타내는 傾向이 있다.

誘電正接-溫度特性을 그림5에 表示하였다. 이 種類의 콘덴서의 誘電體損失特性의 特徵은 그 誘電體損失이 低周波에서는 $30 \sim 40 \times 10^{-4}$ 이고 比較的 낮은 値를 表示하나 高周波에서는 콘덴서紙의 誘電體損失 및 電極抵抗의 影響等에 依해서 그 損失이 커진다.

4. MP 콘덴서

金屬化紙를 利用한 MP(Metallized Paper) 콘덴서의 開發에 依해서 從來 飛躍的인 小型化가 되 지못했던 종이 콘덴서를 約3분의1까지 小型化할 수 있게 되었다. MP 콘덴서는 濕氣에 弱하므로 充分한 注意가 必要하다.

MP 콘덴서가 現在의 모양으로 實用化된것은 1640年以後이고 獨逸, 英國等에서 戰時中에 많이 開發되었다. MP 콘덴서의 特徵을 들면 아래와 같다.

1. MP 콘덴서는 自己回復作用이 있다. 콘덴서가 絶緣破壞되었을 境遇에 그 短絡電流에 依해서 破壞點의 周圍의 金屬膜이 溶融消滅해서 破壞點을 다시 絶緣하는 作用이고 約 $3\mu S$ 의 瞬間的 短時間이다.

2. 絶縁紙는 1枚를 使用한다. 自己回復作用이 있기때문에 金屬化紙中の 弱點을 除去할 수 있으므로 絶縁紙는 1枚로 耐電壓을 올릴 수 있다.

3. 小型이고 가볍다. 普通の 종이 콘덴서에서는 종이를 3枚 乃至 2枚 使用하는데 MP 콘덴서에서는 1枚를 使用하고 電極이 蒸着膜이고 大端히 얇으므로 그 크기는 約 3分の1이 된다. 그러나 이反面 自己回復作用을 일으키는 電壓에 限界가 있으므로 使用電壓範圍가 좁다.

4-1. 構造 및 製法

MP 콘덴서에 使用하는 金屬化紙는 우선 콘덴서紙의 一面에 아세틸 셀룰로오스(acetyl-cellulose), 니트로 셀룰로오스(nitro-cellulose) 및 스티롤(styrol) 등의 락카(lacquer)를 約 1~1.5 μ 程度の 두께로 塗布해서 종이의 작은 구멍이나 導電微粒子 등의 弱點을 덮고 또한 공기의 含有水分에 依한 蒸着金屬의 電解를 防止하고 또 蒸着面을 平滑하게 하고 다음에 이 락카를 塗布한 종이(lacquer紙라고 한다)에 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ mmHg의 眞空中에서 移動시키면서 連續的으로 金屬을 蒸着시켜서 電極膜을 形成시킨다. 락카層을 約 1~1.5 μ 의 두께로 하는 것은 絶縁性的 點에서 必要한 것이다. 使用하는 金屬은 Zn, Ac, Ni等이다. 이 중에서 Zn가 많이 利用되는데 그것은 亜鉛이 低沸點의 金屬이기 때문이며 10^{-4} mmHg에서 247°C라한다. 이 蒸着金屬의 두께는 25~100 μ 程度의 大端히 얇은 것이고 一般的으로 그 膜抵抗에 依해서 두께를 表示하고 現在 使用되고 있는 것은 1.2~2.0ohm/cm²가 普通이다. 또 金屬化紙는 蒸着時에 所要幅의 非蒸着部를 만들어 놓는다.

MP 콘덴서의 素子는 上記의 金屬化紙 2枚를

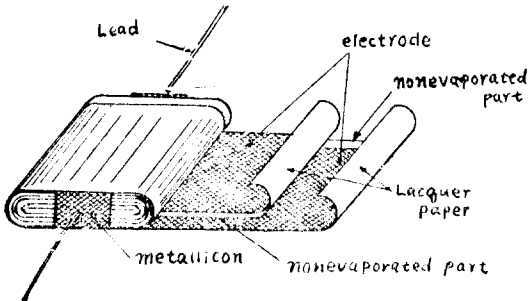


그림 6. MP 콘덴서素子の 構造

그림6에 表示하는 바와같이 감는다. 電極의 리이드(lead)引出은 素子の 작은 端面에 金屬熔射을 하고 여기에 리이드線을 接合한다. 그래서 MP 콘덴서는 箔引出型(extended foil) 無誘導構造가 된다.

이 素子를 眞空中에서 加熱乾燥하고 眞空含浸工程을 거쳐서 콘덴서가 된다. 含浸劑는 종이 콘덴서와 거의 같은 것을 使用하는데 鹽化合物은 自己回復作用을 阻害하기때문에 使用되지 않는다. 現在 一般的으로 常溫固體인 마이크로크리스탈린 왁스(microcrystalline wax)와 常溫液體인 폴리이소부치렌(polyisobutylene)이 主要 使用되고 있다.

MP 콘덴서는 上記의 工程을 거쳐서 製作되는 때 이따로는 絶縁抵抗이 大端히 낮아서 實用할 수 없다. 即 誘電體인 金屬化紙에 아직도 많은 弱點이 있다. 이것을 除去하기 爲하여 端子間에 電壓을 增加하고 그 値를 徐徐히 높여가면 그 弱點에서 絶縁破壞(瞬間破壞)를 發生한다. 그러면 絶縁破壞를 發生한 部分의 電極이 溶融消滅해서 다시 破壞點을 絶縁해서 다시 높은 電壓에 견디게 된다.

이렇게해서 弱點을 除去하여 처음으로 콘덴서로서 使用할 수 있다. 이 作用을 自己回復作用 또는 自癒作用(self-healing action)이라한다. 그러나 增加電壓을 어느 値 以上으로하면 瞬間破壞의 數가 急激하게 增加하고 絶縁抵抗이 低下한다. 이 電壓의 値는 종이, 락카, 電極, 含浸劑等 에 따라 다르다. 一般으로 製造工程에 있어서는 가장 높은 絶縁抵抗을 얻을 수 있는 電壓으로 處理하고있다. 一般으로 常溫에서의 MP 콘덴서의 絶縁抵抗은 約 $10^3 \sim 10^4 M\Omega \cdot \mu F$ 程度이며 定格電壓內에서는 漏洩電流는 大體로 0.1 μ 의 法則에 따라 增加한다.

MP 콘덴서의 定格電壓은 常溫에서 電壓을 長時間 增加해도 瞬間破壞를 起키 生하지 않는 電壓을 意味한다. 그러나 MP 콘덴서를 實際로 使用할 수 있는 電壓은 콘덴서를 使用할때의 周圍溫度, 使用時의 溫度上昇 使用하는 回路 即 直流電壓인지 交流電壓인지 또는 直流가 重疊하는 交流 또는 펄스(pulse)電壓의 程度 또 自己回復作用에 依한 雜音의 許容限度 등의 使用條件

에 依해서 다르다.

試驗電壓은 一般의 使用電壓의 1.5倍로 한다. 그리고 이 試驗電壓이 從來의 종이 콘덴서의 境遇에 使用電壓의 2~3倍라고하는 値보다 적은 것도 MP 콘덴서의 小型化에 寄與하고 있다.

MP 콘덴서는 以外에 使用電壓을 높게하기 爲해서 또는 使用中의 瞬間破壞를 적게 하기 爲하여 金屬化紙에 1枚 또는 그以上의 枚數의 콘덴서紙를 겹친것 또는 交流回路用으로서 電壓을 하지 않은 蒸着한 金屬化紙(no-lacquer 金屬化紙)와 콘덴서紙를 겹친것도 最近에는 製作되고 있다.

4-2. 電氣的特性

MP 콘덴서의 靜電容量-溫度特性은 主로 含浸劑에 依한것이며 이것을 그림7에 表示하였다. 이 콘덴서의 靜電容量도 周波數가 높아지면 若干 減少하는데 그率은 靜電容量值 및 誘電體損失에 따라 다르다.

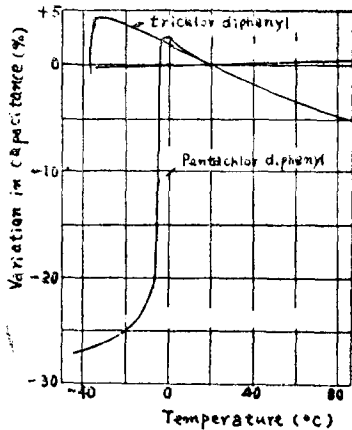


그림 7. MP 콘덴서의 靜電容量-溫度特性

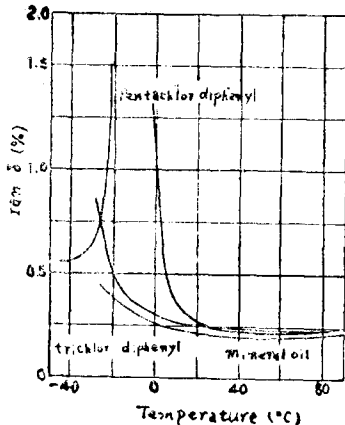


그림 8. MP 콘덴서의 誘電正接-溫度特性

MP 콘덴서의 誘電體損失은 종이 콘덴서와 비슷한 値를 가지며 使用하는 電極의 材質, 塗布量, 塗布方法에 依해서 그値는 相當히 變한다. 그림8에 誘電正接-溫度特性을 表示한다. 電壓을 너무 두껍게 하는 것은 MP 콘덴서의 意味가 없으므로 電氣的特性이 優秀한 電極層을 最適의 두께로 塗布하는 것이 必要하다 앞에 말한바와같이 約 1~1.5 μ i 適當하다고 생각되고 있다.

두께 10 μ i의 콘덴서紙를 使用했을 때의 破壞電壓은 容量, 含浸劑 및 溫度等에 依해서 다른데 마이크로크리스탈린 왁스를 含浸한 使用電壓 200~250V의 定格으로 容量數 μF 의 것은常溫附近에서 500~600V이다. 絶緣紙가 1枚로 된 MP 콘덴서의 使用電壓의 限度는 350VDC 또는 220VAC程度이고 그以上일 때는 多層으로 한다.

5. 알미늄 電解 콘덴서

알미늄(aluminium) 電解 콘덴서는 다른 콘덴서와 달라서 極性이 있으므로 이것을 無視하고 使用하기 때문에 일어나는 故障이 大端히 많다. 電子機器에서는 濾波回路, 側路回路, 結合回路等에 널리 應用된다.

5-1. 알미늄 電解 콘덴서의 構造

알미늄 電解 콘덴서는 99.99% 以上의 高純度의 알미늄箔 (두께 0.07~0.12mm)를 陽極으로 하고 이電極에 얇은 酸化皮膜(Al_2O_3)을 形成해서 誘電體로하고 主로 硼酸 암모늄(ammonium) 溶液으로된 電解液을 隔해서 對向電極을 對極시킨 것이다. 여기에 誘電體는 1~5mA/cm²의 直流을 通해서 알미늄箔의 表面에 極히 얇은 酸化皮膜을 化成한 것이다. 陰極에는 陽極보다 더 얇은 箔이 使用되고 또 陽極箔과 陰極箔과의 機械的接觸을 막기爲해서 隔離體(separator 또는 spacer)가 使用된다. 그림9에 알미늄 電解 콘덴서의 構造圖를 表示하였다.

5-2. 製造와 原理

電極으로서 99.9~99.99%의 高純度를 가진 알미늄箔을 使用해서 이것의 表面積을 增加시키

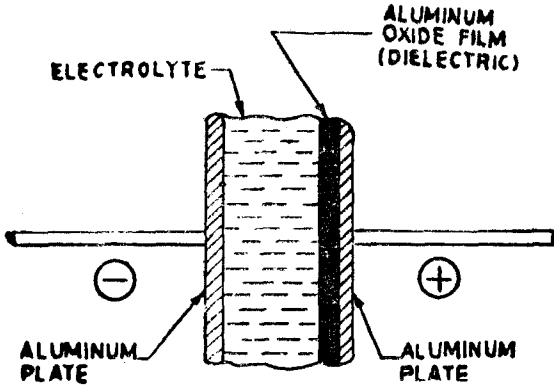


그림 9. 알미늄 전해 콘덴서의 구조도

기 위하여 주로 電氣化學的으로 에칭 (Etching) 해서箔의表面을 平滑平面의 數倍乃至十數倍로 粗面化한다. 콘덴서의 小型化에 重要한 工程이다.

이 에칭한 箔을 充分히 水洗해서 酸素를 除去하고 硼酸 암모늄 등의 溶液中에서 電氣化學的으로 化成 (Formation) 한다. 이것에 依해서 生成된 酸化皮膜은 大體로 0.5 μ 程度인데 이 工程은 콘덴서의 性能을 決定하는 가장 重要한 것이다. 化成에는 定電流化成과 定電壓化成이 있다.

이렇게 해서 된 陽極箔을 콘덴서紙와 陰極用 알미늄箔을 같이 圓筒狀으로 감아 케이스트 (paste) 狀電解液에 含浸시킨다. 이 케이스트狀 電解液은 硼酸 암모늄을 에치렌글리콜 (ethylene-glycol) 또는 구리세린 (glycerin) 등으로 粘性을 갖게 해서 만든 것이다.

電解液은 電極材料와 같이 電解 콘덴서의 特性을 決定하는 重要因이다. 電解酸化皮膜은 電解液中이 아니면 誘電體로서의 機能을 充分히 發揮할 수 없고 그위에 對向電極箔을 直接 接觸만 해서는 機械的이나 電氣的으로 좋지 않다. 그렇기 때문에 電解 콘덴서에서는 電解液 또는 電解質 케이스트를 隔해서 對向電極이 부쳐진다. 이때 電解液은 다음과 같은 機能을 가지게 된다.

우선 電解 콘덴서의 使用中에 있어서 電解液이 電極의 一部를 構成하는 外에 酸化皮膜에 若干 損이나면 이것이 補修劑로서 作用하고 마치 MP 콘덴서와 같은 自己回復作用과 類似한 機能을 갖는다 더우기 酸化被膜은 機械的強度가 弱한

뿐만 아니라 萬一 陰極板을 直接 알미늄 酸化皮膜에 接觸시킬 수 있다해도 全面에 걸쳐서 充分한 接觸 即 密着을 시키기 困難하다. 萬一 密着이 되지 않으면 誘電體膜이 大端히 얇기때문에 그 空隙部分은 容量的으로나 絶緣破壞的으로나 大端히 큰 影響을 받을 것이지만 電解液을 媒介함으로써 全面接觸을 可能케해서 이 問題를 解決하고 있다.

케이스트狀 電解液을 含浸해서 케이스에 收函하면 電解 콘덴서는 完成된 것이지만 酸化皮膜이 完全해도 감을 때에 機械的인 歪가가서 龜裂이 생기곤하므로 再化成을 하지 않으면 안된다. 이것을 에이징 (Aging)이라 부른다. 에이징은 大電流를 가지고 開始하면 發熱이 甚해지므로 適當한 電流를 가지고 徐徐히 皮膜을 回復시키서 所要의 電壓으로 上昇시킨다. 이 電壓은 通常 化成電壓과 耐電壓值의 中間程度이다. 이 電壓에 達하면 電壓을 一定하게하고 電流가 充分히 작게 될 때까지 에이징을 繼續한다.

5-3. 特徵과 特性

알미늄 電解 콘덴서는 酸化皮膜이 0.5 μ 程度로 大端히 얇기때문에 電極單位面積當 容量이 다른 콘덴서에 比해서 大端히 크며 酸化皮膜의 두께는 陽極表面을 酸化할 때의 化成電壓에 比例하므로 使用電壓에 適當한 必要最低限의 두께의 酸化皮膜을 生成하도록 化成電壓을 定해서 酸化를 하면 小形 大容량의 콘덴서를 容易하게 만들 수 있다는 大端히 優秀한 特性이 있는 反面에

(1) 漏洩電流가 다른 콘덴서에 比해서 大端히 크고

(2) 整流特性을 갖고 있으므로 原則的으로 直流에 밖에 使用할 수 없으며

(3) 低溫特性이 나쁘다.

는等 使用上 注意해야할 缺點도 있다.

알미늄 電解 콘덴서에 極성이 있는것은 酸化皮膜과 케이스트狀 電解液사이의 整流作用이 있기 때문이다.

漏洩電流는 電解 콘덴서의 모든 製造工程의 良否의 條件이 總合되어 나타나는 要素이다. 即 알미늄箔의 純度, 洗淨의 程度, 酸化皮膜의 完全함 paste等 모두 漏洩電流에 影響을 주는것이

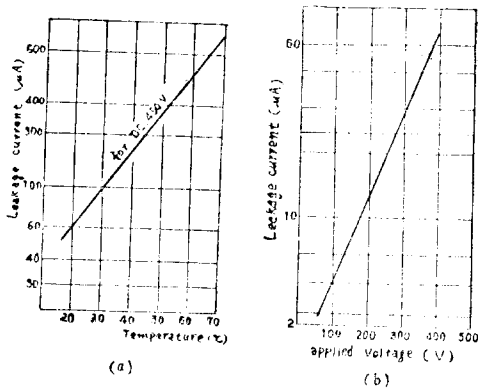


그림 10. 알미늄 電解 콘덴서의
 漏洩電流—溫度特性(a) 및 20°C에서의
 印加電壓—漏洩電流와의 關係(b)
 試料: 10 μ F 450V

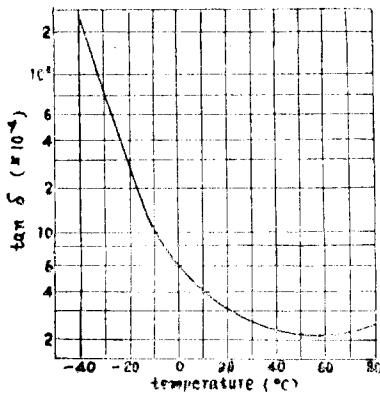


그림 11. 알미늄 電解 콘덴서의
 誘電正接—溫度特性

다. 그림 10에 漏洩電流의 溫度特性과 漏洩電流의 印加電壓과의 關係를 表示한다.

알미늄 電解 콘덴서의 損失은 다른 콘덴서에 比해서 크다. 低溫에서의 損失의 增大은 酸化皮膜의 等價直列抵抗의 增大에 基因한것이다. 그림 11에 誘電正接—溫度特性을 表示한다.

알미늄 電解 콘덴서의 定格使用電壓의 範圍는 3~450V이다. 써어지(surge) 電壓을 考慮해서 使用電壓을 選定하면 우선 安全한데 連續動作中에는 瞬間的이나마 使用電壓을 넘어서는 안된다. 또 리플(ripple) 電壓이 包含되어 있을 때에는 그 尖頭值에 있어서도 使用電壓을 넘어서는 안된다. 써어지電壓이 너무 높을 때에는 抵抗을 넣는다.

電解 콘덴서의 陽極으로서 많이 使用되는 金屬

은 알미늄과 탄타륨(tantalum)이다. Al은 Ta에 比해서 價格이 大端히 싸기때문에 일찍부터 使用되었다. 近年에 Ta電極을 使用한 탄타륨 電解 콘덴서는 Al電極보다 優秀한 電氣的特性을 갖기때문에 使用溫度範圍의 擴張, 小型化, 또는 軍用等の 長期保存等 높은 信賴度를 必要로하는 電子機器의 要求를 充足시키기 爲하여 開發된 것이다.

6. 탄타륨 電解 콘덴서

탄타륨(tantalum) 電解 콘덴서의 큰 特徵은 알미늄 電解 콘덴서에 比해서 3분의2 以下로 小型化할 수 있는 것이다. 또 酸化被膜이 安定하기때문에 負荷壽命이 길고 高度의 信賴性과 安定性을 要求하는 電子機器에 널리 使用된다.

트랜지스터(transistor)의 發明은 電子機器의 小型化의 急遽한 進歩를 促求하고 L.C.R를 비롯한 回路部品等の 小型化를 促進해왔다. 一方 콘덴서에 關해서 생각해 보면 트랜지스터回路에서는 入力 임피던스가 낮기때문에 側路用, 結合用等に 使用되는 콘덴서는 低壓大容量인 것이 要求된다. 低壓 大容量이고 또한 小型化가 要求되면 우리는 우선 電解 콘덴서를 생각해 된다. 그리하여 從來의 알미늄 電解 콘덴서 程度의 安定性 信賴度와 그 크기로는 不充分하게되니 탄타륨의 價格이 알미늄의 約 100배나 高價인데도 不拘하고 이것을 使用한 탄타륨 電解 콘덴서가 急遽히 實用化하게 된것이다.

6-1. 탄타륨 電解 콘덴서의 特徵

우선 탄타륨 電解 콘덴서의 長點을 列擧하면

(1) 長壽命이다. 無負荷 또는 負荷放置 어느 境遇에나 거의 劣化하지 않고 大端히 壽命이 길다. 탄타륨의 陽極酸化皮膜은 大端히 安定하고 弗酸 및 高溫의 強알칼리(alkali)에 溶解되는 以外에는 藥品에 作用되지 않으므로 電解液과 오래동안 接觸해도 變質 및 劣化하는 일이 없다. 탄타륨의 溶融點은 2990°C, 沸點은 4100°C이다. 따라서 알미늄 電解 콘덴서의 約 10배의 壽命을 갖는다.

알미늄 電解 콘덴서는 無負荷로 오래 放置하

면 陽極酸化皮膜이 劣化變質해서 最初 使用電壓을 印加했을 때 많은 電流가 흘러서 發熱하고 絶緣破壞하는 일이 있으나 탄타륨 電解 콘덴서의 境遇에는 最初의 電流도 大端히 적고 또한 速히 아주 작은 漏洩電流로 돌아온다.

(2) 溫度特性이 良好하다. 溫度의 變化에 依한 靜電容量 誘電正接의 變化가 적고 低溫부터 高溫까지 使用할 수 있다. 또 電導度가 큰 活性이 강한 電解液을 使用할 수 있으므로 靜電容量變化도 적고 또 誘電正接의 增加도 적다.

(3) 漏洩電流가 적다. 먼저 말한바와같이 酸化皮膜이 大端히 安定하고 또 絶緣抵抗이 크므로 알미늄 電解 콘덴서의 約 50분의1以下이다.

(4) 誘電正接이 적다. 同格의 알미늄 電解 콘덴서의 3분의2以下이다.

(5) 周波數特性이 良好하다. 高周波에 있어서의 인덕턴스가 적고 또한 알미늄 電解 콘덴서보다 靜電容量, 誘電正接의 變化가 적다.

(6) 大端히 小型이다. 탄타륨箔을 電極으로 했을 때는 同規格의 알미늄 電解 콘덴서의 約 3분의2以下이고 MP 콘덴서의 約 5분의1以下의 크기다.

다음의 탄타륨 電解 콘덴서의 缺點을 列擧하면

(1) 耐電壓의 큰 것을 만들 수 없다. 普通耐電壓은 150VDC以下이고 그 以上이되면 여러가지 特性이 犧牲된다. 그러나 特殊한 要求에 對해서는 直列로 接續해서 定格電壓 630VDC라고 하는 高壓用도 製造되고있다.

(2) 價格이 비싸다.

6-2. 탄타륨 電解 콘덴서의 種類

탄타륨 電解 콘덴서는 電極의 形狀에 따라 (1) 固體 탄타륨 電解 콘덴서 (2) 固體 燒結型 탄타륨 電解 콘덴서 (3) 固體 線型 탄타륨 電解 콘덴서 (4) 薄膜 탄타륨 電解 콘덴서의 4種類로 또한 電解質에 따라서 液體, 固體, 또 電解質이 없는 것 등 3種類로 分類되고 各各이 組合되어 多種類로 된다. 그림12에 탄타륨 電解 콘덴서의 한 構造圖을 表示했다.

電極의 形狀으로는 一般의 알미늄 電解 콘덴서와 마찬가지로 탄타륨箔에 리이드線인 탄타륨線을 溶接해서 이것을 電氣化學의 方法으로 化成해서 酸化被膜을 形成한 것과 탄타륨粉末을 高眞空下

에서 溫度 約 2000°C로 燒結해서 燒結體를 利用한 것 또 靜電容量이 적은 것은 탄타륨線을 코

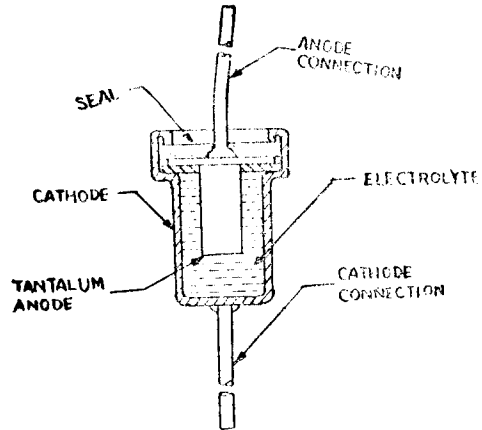


그림12 一種의 탄타륨 電解 콘덴서의 構造圖

일狀으로 감은 것이 使用된다. 또 最近에 部品の 平面化에 따라서 탄타륨의 薄膜을 硝子基板 등의 위에 스퍼터(sputter)法에 依해서 附着시키는 方法이 있다.

電解液에 關해서는 알미늄 電解 콘덴서와 마찬가지로 液狀의 電解液을 使用하는 것과 近年에 固體電解質이 發明되어 實用化하게 되었다. 이것은 電解 콘덴서로서는 一大革命이고 電解 콘덴서의 最大缺點인 漏液의 問題가 解決되고 또 電解 콘덴서의 使用可能周波數의 範圍를 大幅으로 擴大하는 基礎가 되었다. 薄膜탄타륨 電解 콘덴서는 電解質을 必要로 하지 않는다. 이것은 스퍼터法에 依해서 形成된 탄타륨 薄膜은 不純物을 거의 包含하지 않으므로 直接 對向電極을 形成할 수 있다고 생각되고 있다.

탄타륨 電解 콘덴서의 使用溫度는 燒結型이 -55~85°C이고 箔型에서는 -180~+200°C에 達한다.

7. 磁器 콘덴서

磁器 콘덴서(Ceramic Condenser)는 酸化티탄(titan)系磁器와 티탄 酸 바리움(barium)系磁器로 나누어지고 前者는 同調回路用으로서 Q가 3,000程度로 높고 溫度係數가 優秀한 特徵을 살려서 回路定數의 安定度가 要求된 때에 溫度補償用으로 使用되고 後者는 一般의 高周波回路의 bypass用으로서 高誘電率의 特徵을 살려

서 사용된다. 티탄酸 바리움계의 콘덴서의 誘電率은 500~8,000程度이고 Q는 100程度이다.

磁器는 絶緣母子, 加熱導線支持物等으로 오래前부터 사용되고 있었다. 1931年頃酸化티탄을 主原料로하는 磁器가 完成되었고 一方 1942年頃에 美國, 소聯에서 各各 獨立的으로 티탄酸 바리움계의 磁器를 發見하였다. 또한 이系統에 있어서의 日本의 貢獻도 크다.

7-1. 酸化 티탄系 磁氣 콘덴서

二酸化 티탄 (TiO₂)를 主成分으로 하고 이것에 10%前後의 副原料와 微量의 鑛化劑를 加해서 燒成한다. 副原料로는 MgO, CaO, BaO, SrO, CaO, SiO₂, ZrO₂, ZnO等이 사용되고 鑛化劑로는 Mn, Co等이 사용된다. 副原料를 使用하는 目的은 이것을 加함으로써 磁器의 燒成溫度를 내리는 同時에 電氣의 特性을 向上시키기 爲한것이고 鑛化劑는 主로 電氣의 特性의 良好한 緻密한 組成의 것을 얻기 爲하여 使用된다.

製造方法은 適當量의 副原料, 鑛化劑를 混合해서 充分히 攪拌한 後에 燒成溫度以下에서 假燒해서 有機不純物을 酸化시키고 또 炭酸鹽, 硫酸鹽으로서 存在하는 不純物을 酸化物로 比운다. 다시 原料를 粉碎해서 樹脂, 油, 물, 밀가루等 結合劑를 選定 追加해서 加壓 또는 押出하여 成型하고 1200~1400°C 程度의 溫度로 硝子化할 때까지 燒成한다. 燒成된 素體는 電極銀液을 塗布 燒成한 後에 리이드線을 붙이고 保護塗裝을 하여 製品으로서 完成시킨다.

酸化 티탄磁器의 誘電率은 溫度의 變化에 對해서 約 -800 PPM/°C(parts per million per degree C)程度의 變化를하고 誘電正接은 라디오 周波數幅에서 0.003보다 낮고 誘電率은 티탄酸 바리움보다 낮다. 그림13에 溫度補償用 磁器 콘덴서의 溫度特性을 表示했다.

7-2. 티탄酸 바리움 磁器콘덴서

티탄(titan)酸 바리움 (barium) (BaTiO₃)은 酸化티탄 (TiO₂)과 炭酸바리움 (BaCO₃)을 물(mole)比로 1:1이 되도록 混合成型해서 1300~1600°C로 燒成해서 만든다. 이것을 化學式으로 쓰면 $BaCO_3 + TiO_2 \rightarrow BaTiO_3 + CO_2 \uparrow$

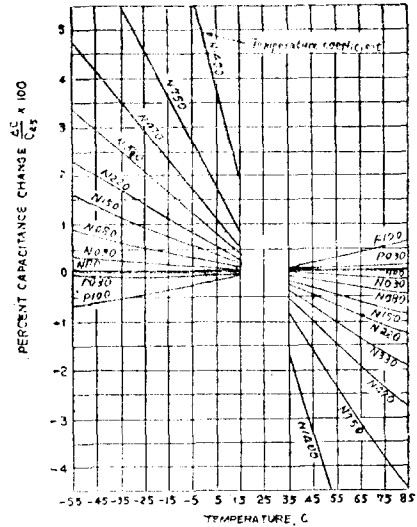


그림13 溫度補償用 磁器콘덴서의 溫度特性

BaCO₃도 TiO₂도 白色粉末이고 특히 TiO₂는 白色顔料로서도 使用된다. BaCO₃와 TiO₂를 混合하려면 充分히 均質하게 混合하여야 하므로 通常은 球磨(ball mill)를 使用한다. BaCO₃와 TiO₂가 化學的으로 大端히 純粹할때에는 燒成이 아주 困難하고 1500°C로 溫度를 올려도 잘 燒成되지 않는다.

耐火物에도 여러가지 있으나 1500°C나 되면 相當히 높은 溫度이고 相當히 良質의 煉瓦가 아니면 녹아버리며 녹지않아도 壽命이 얼마가지 않는다. 따라서 可及的 燒成溫度를 1450°C以下로 하는것이 工業的으로 要望된다. 그리하여 磁器의 特性을 밝치지않는 範圍內에서 鑛化劑라고 稱하는 微量의 不純物을 加하는 일이 많다. 鑛化劑로는 SiO₂, Al₂O₃나, 鐵, 코발트(Cobalt), 망간(mangan), 마나티움(vanadium), 셀레니움(Selenium), 亞鉛等の 酸化物等을 加하는 일이 많다.

結合劑로는 少量의 樹脂, 油, 물, 밀가루等을 넣어서 粉末이 成型되기 쉽게한다. 結合劑는 燒成時에 分解消失해 버리는 것이 아니면 안되므로 無機質의 것을 包含하지 않는 것이 必要하다.

成型된 粉體를 爐中에 넣어서 加熱한다. 爐는 개스(gas)爐, 電氣爐, 重油爐 어느것을 使用해도 좋으나 溫度의 自動制御에는 電氣爐가 가장 有利하다. 爐의 溫度는 너무 急激하게 되지 않

도록 上昇시키고 그 材料의 配合에 適當한 最高 溫度에서 1~2時間 維持한 다음에 冷却한다. 거의 純粹에 가까운 BaTiO₃磁器일 때 燒成溫度는 1350~1450°C程度이다.

工業的으로는 一回 假燒한것을 다시 粉碎해서 粉末로하고 다시 加壓成型해서 本燒成을하는 所謂 2回 燒成方法을 取한 때가 많다. 2回 燒成일 때에는 再燒成時에 異常膨脹을 하지않는다. 燒成收縮率은 15% 前後이고 1回燒成일 때에 比較 하면 半以下이다.

燒成된 素體에 電極을 燒付하는데에는 所謂 銀燒付法을 利用한다. 우선 酸化銀 또는 銀粉末에 5~15% 程度의 그라스(glass)質을 混合해서 이것을 桐油, 물 其他의 液體로 잘 개어서 電極 페인트 (paint)를 만든다. 여기에 使用되는 그라스質은 후린트그라스(flint glass)라고 稱하는 硼硅酸鉛그라스 粉末이다. 이와 같이해서 만든 混合液을 適當한 方法으로 磁器基板의 兩面에 塗布해서 이것을 700~800°C의 溫度에 加熱하면 그라스 質 部分은 熔融하고 銀粒子(酸化銀은 銀으로 還元)와 같이되어 銀色電極이 磁器基板에 強하게 附着한다. 이때 그라스 質을 混合하는 것은 이것이 磁器基板에 銀을 接着시키기 爲한 結合劑로서 作用하는 것이고 이것이 없으면 銀粒子는 強하게 磁器基板에 接着하지 않는다. 그러나 그라스質이 너무 많으면 電極表面의 抵抗이 커지고 電氣의特性이 나빠질뿐 아니라 나중에 電極리이드의 납땀이 大端히 困難하여지므로 그라스質 混合의 限度는 5~15%로한다. 이렇게 해서 만들어지는 電極의 무게는 數μ程度다. 그림 14에 磁器콘덴서의 構造를 表示했다.

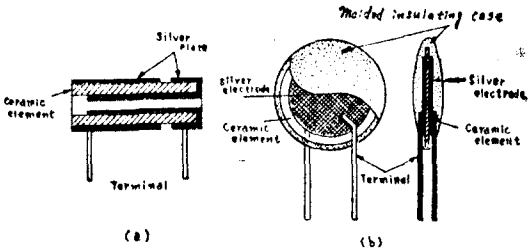


그림 14 磁器콘덴서의 構造 (a) 튜브라형, (b) 디스크형,

7-3. 티탄酸바리움의 固溶體磁器

티탄酸 바리움은 約 110~120°C 以上에서는

페로부스카이트(perovskite) 構造의 立方結晶構造를 가지고있다. 그림 15와 그림 16은 單位格子의 構造를 表示한것이다. 바리움原子는 8個의 모퉁이를 차지하며 酸素原子는 6個의 面의 中間位置를 차지하고있고 티타늄(titanium) 原子는 單位格子의 中間位置를 차지하고있다. 이 溫度에서 溫度가 내려오면 中間位置에 있는 나티

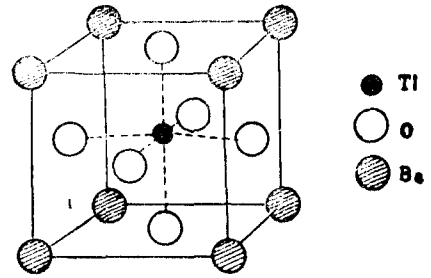


그림 15 BaTiO₃單位格子의 perovskite構造

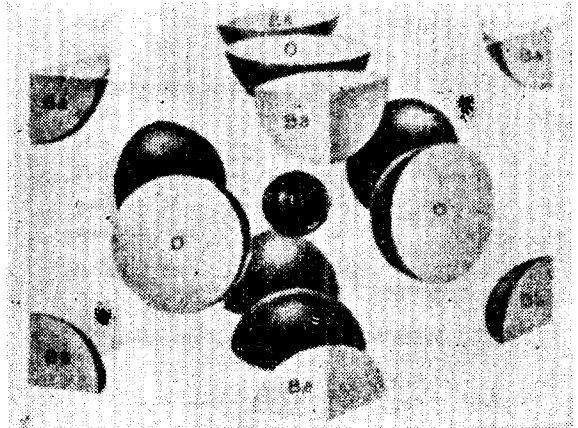


그림 16 BaTiO₃單位格子의 模型圖

움 原子가 어떤 한 結晶軸에 따라서 조금 移動해서 이것에 따라서 軸上의 酸素原子는 逆方向으로 移動한다. 이에서 이 結晶軸에 따라서 分極을 生하게되고 이것을 自然分極(spontaneous polarization)이라한다. 自然分極이 生하면 單位格子는 分極方向으로 조금 延長하고 이것과 直角方向으로 조금 줄어서 正方格子가 된다.

티탄 酸 바리움의 誘電率은 溫度에 따라 變化하는데 約 110~120°C에서는 9,000에도 達하는데 그溫度以上에서는 所謂큐리-마이스 (Curie-Weiss)의 法則에 따라 다음과같이 된다.

$$\epsilon = \frac{a}{T - T_c}$$

여기에 T는 測定溫度, T_c는 特性溫度, a는 常數이다.

110~120°C의 큐리(Curie)點일에서는 誘電率

은 急激히 低下해서 1,000~1,500程度가 된다. 티탄 酸 바리움은 이溫度以外에 0°C 附近 및 -90°C附近에 轉位點을 가지고있다. 티탄 酸 바리움 磁器의 溫度에對한 誘電率과 誘電體損失을 그림17에 表示했다.

이와같이 急峻한 溫度特性을 갖기때문에 BaTiO₃ 그대로는 實際로 利用하는 일이 적고 添加物을 加해서 溫度特性을 改良한 것이 使用된다. BaTiO₃에 Sr, Sn, Zr等을 添加하면 그림18에 表示하는 바와같이 キュ리 點은 低溫쪽으로 移行하고 常溫에서 誘電率이 上昇한다. 그러나 이와

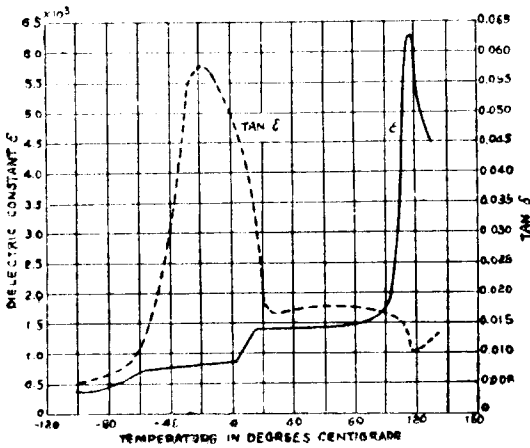


그림17 多結晶BaTiO₃磁器의 ε, tanδ溫度特性

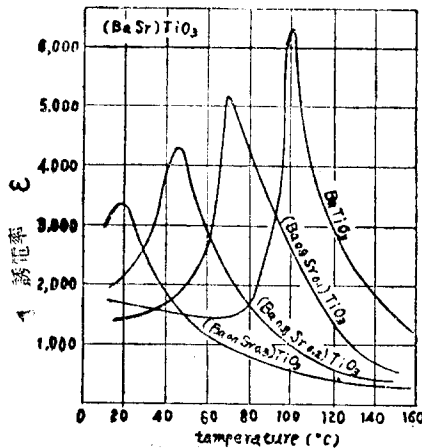


그림18 BaTiO₃에 Sr를 添加했을때의 Curie點의 移動간은 單純한 2成分系에서는 キュ리點은 移行하나 山形의 急峻한 溫度特性은 改善되지 않는다. 이와같은 山形의 特性을 平坦하게하기 爲하여 다른 成分을 添加한다. 一例로서 BaTiO₃-NiSnO₃

系에서는 그림19에 表示하는 바와같이 誘電率의 溫度特性이 相當히 平坦하게되고 誘電體損失도 적어진다. 이와같이 要求되는 條件에 따라서 種種의 改善을하여 實用上 有用한 高誘電率材料가 얻어지는 것이다.

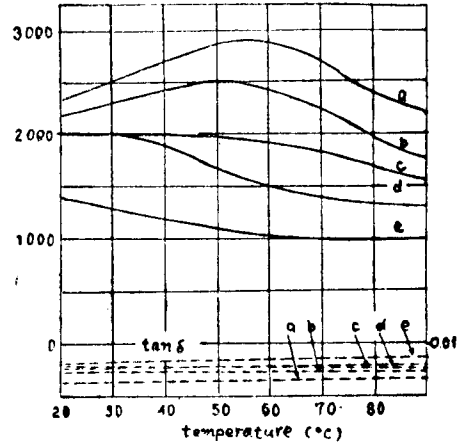


그림19 BaTiO₃에 NiSnO₃를 添加한 材料의 誘電率의 溫度特性 a=3%, b=2%, c=4%, d=5%, e=10%

8. 프라스틱 ฟิล름 콘덴서

이種類의 콘덴서는 처음부터 電氣特性的의 良好한 有機樹脂의 薄膜을 誘電體로해서 金屬箔의 사이에 插入하든지 또는 金屬蒸着을해서 콘덴서로 만든 것이다. 이 프라스틱 ฟิล름 콘덴서(plastic film condenser)는 獨逸에서 폴리스티롤(polystyrol)의 薄膜化에 成功해서 이것을 콘덴서에 利用하는 것을 試圖한 1933年이 出發點이지만 實用面으로는 製法, 價格等의 問題로 實際로 市場에 나타난 것은 近年에 이르러서이다.

8-1. 스티롤 콘덴서

스티롤(styrol)製品은 近年에 石油工業의 發達로 흔해져서 라디오 캐비닛을 비롯해서 家庭用品으로서 많이 使用되게 되었다. 이것을 콘덴서로 使用하기 爲하여는 스티롤을 薄膜化하는 技術의 發達이 必要했으나 1933年에 獨逸에서 成功해서 Siemens & Halske에서 이것을 利用하여 콘덴서를 만들었다. 一方 第2次大戰中에 Bell研究所에서도 이것이 完成되어 프라스틱工業의 急速한 發展에따라 大量生産이 可能해지고 그電氣的特性的의 優秀함이 認識되어 이分野에서

널리 利用되게 되었다.

이 種類의 콘덴서에는 製造上 하나의 特徴이 있어서 스티롤誘電體膜을 그幅과 넓이와같이 電極板보다 若干 크게 해 놓고 작은 끝쪽의 數回를 이誘電體膜만으로 감아서 그대로 이것을 乾燥爐에서 加熱融着하면 誘電體膜이 電極과 密着하는 同時에 外皮의 스티롤膜은 그대로 密封 케이스를 兼用할 수 있다는 便利함을 가지고 있다. 이와같이 스티롤 콘덴서는 構造가 簡易하고 電氣의 特性도 優秀하며 스티롤의 處理技術의 向上으로 처음에는 使用溫度의 上限이 60~65°C 이던 것이 지금은 85°C까지 可能하게 되었다. 그림20부터 그림24까지 이 系統의 콘덴서의 電氣의 特性을 表示했다.

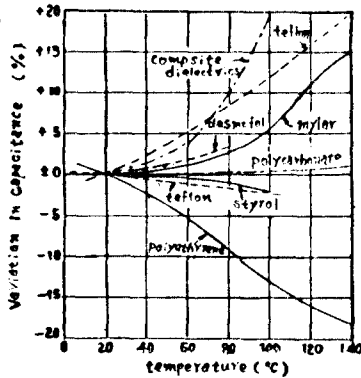


그림20 플라스틱 필름 콘덴서의 容量變化—溫度特性

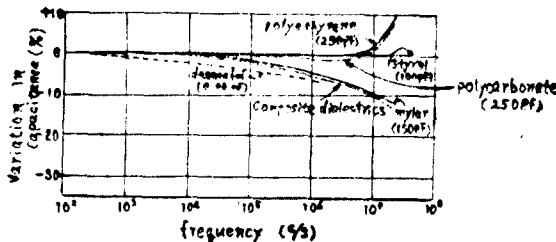


그림21 플라스틱 필름 콘덴서의 容量變化—周波數特性

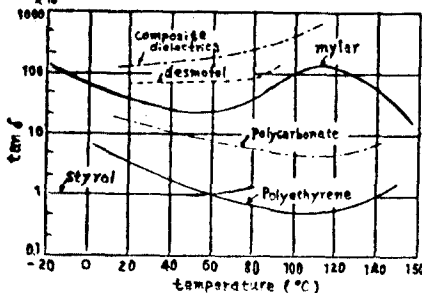


그림22 플라스틱 필름 콘덴서의 誘電體損失—溫度特性

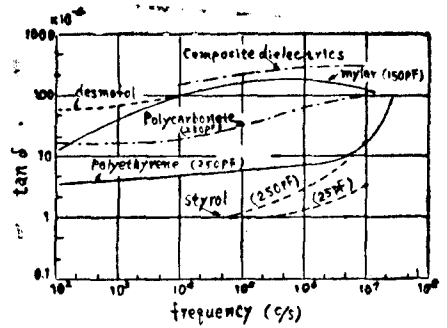


그림23 플라스틱 필름 콘덴서의 誘電體損失—周波數特性

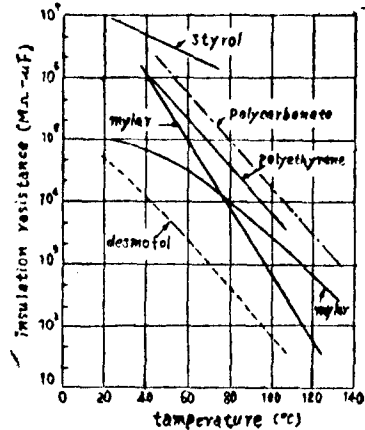


그림24 플라스틱 필름 콘덴서의 絶緣抵抗—溫度特性

8-2 마이라 콘덴서

마이라 (mylar)라는 名稱은 폴리에치렌 테리후타레이트 (polyethylene terephthalate)에 붙여진 美國의 듀폰트 (Du Pont)社의 商品名이고 테리후탈 (terephthal)酸과 에치렌 구리콜 (ethylene-glycol)의 重縮合 生成物이다. 非結晶質의 것은 透明인데 物理的性質은 나쁘고 이것에 反해서 配向이 바른 結晶質의 것은 透明度도 있고 物理的性質도 좋으며 200°C程度에서의 使用도 可能하다고 한다. 마이라의 種類도 몇가지 있으며 이 중에서 핀홀 (pinhole)도 작고 高溫의 絶緣抵抗性도 優秀한 系統의 것이 콘덴서用 필름 (film)으로서 使用된다.

마이라를 콘덴서로 使用할 때에는 軟化點이 250°C로 耐熱度가 높으므로 이것을 180°C前後에서 熱處理해도 스티롤과같이 融着시키기가 困難하므로 金屬箔과 重合해서 감고 그것을 熱處

理融着해서 그대로 콘덴서로하는 從來의 方法을 踏襲하기는 困難하다. 따라서 종이 콘덴서의 境遇와 마찬가지로 같은後에 耐濕性塗料 또는 容器를 使用해서 被覆密封한 必要가 생긴다. 또 이 ฟิล름은 MP콘덴서와 같이 金屬蒸着을해서 콘덴서를 構成하기도 한다. 이때 스킴과 달라서 ฟิล름의 融點이 높기때문에 알미늄 蒸着도 比較的의 容易하다.

마이라의 直流에對한 絶緣耐力은 100~180 KV/mm로 높고 이 値는 膜의 두께에따라 相當히 다르다. 마이라의 缺點으로서는 耐弧性이 너무 좋지 않은것 같으며 特히 交流에 對해서는 内部 코로나(corona)에 依해서 誘電體의 劣化가 일어난다고 空氣中에서는 實効値 300~400V의 交流電壓으로 코로나에 依해서 漸次 나빠지므로 높은 交流電壓下에서의 使用은 좋지 않다.

參考로 마이라 ฟิล름의 特徵을 列擧하면 다음과 같다. (1) 使用溫度範圍가 넓고 $-60 \sim +130^{\circ}\text{C}$ 에 걸쳐서 높은 絶緣性을 갖는다. (2) 絶緣抵抗이 높다. (3) 現在의 合成 ฟิล름中에서 가장 強靱하다. (4) 誘電體膜이 6.35μ 로 얇다. (5) 耐熱性이 높다. (6) 金屬蒸着이 容易하다.

8-3 폴리카아보니트 콘덴서

最近 漸次로 注目を 끌고 있으며 폴리카아보니트(polycarbonate)樹脂에 對해서는 1956년에 베이어(Bayer)社에 이어서 G. E. 및 이이스트만 코다크(Eastman Kodak)社로 무더도 研究가 發表되어 있으나 決定的인 製造法은 明白하게 되어 있지 않다. 베이어社에서 마크로폴(Makrofol)의 商品名으로 市販되고 있다.

폴리카아보니트 ฟิล름은 電氣의 特性이 優秀하고 ฟิล름으로 했을 때 強靱함으로 콘덴서의 誘電體로서 適當하며 耐濕, 耐熱에도 優秀하다. 콘덴서로서는 $-20 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 의 範圍內에 있어서의 靜電容量의 變化는 極히 僅少하고 溫度 및 周波數-誘電正接에 對한 影響도 마이라 콘덴서等보다 작다.

폴리카아보니트 ฟิล름은 一般으로 淡黃色인데 元來는 無色透明하고 10μ 이 市販의 最小두께다. 樹脂로서는 耐衝擊性이 卓越한것이 特徵으로 되어있고 融點은 $230 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 로 耐熱性이 優

秀하다. ฟิล름으로 콘덴서를 만드는데 있어서 融着이 充分하지 않으므로 密封構造를 取하고있다. 폴리카아보니트 콘덴서의 絶緣抵抗은 室溫에서 $10^6 M\Omega - \mu F$ 前後로서 大端히 높고 濕度에 對한 影響도 거의 없다.

9. 마이카 콘덴서

마이카(mica) 콘덴서는 高絶緣性, 抵損失, 高精度의 容量 및 優秀한 溫度特性, 周波數特性을 갖기 때문에 結合素子, 發振素子 및 搬送裝置의 周波數 分離用 필터(filter) 등에 널리 使用된다.

마이카 콘덴서는 天然으로 產出하는 雲母를 劈開해서 이것을 誘電體로해서 만든 콘덴서이다. 마이카 콘덴서는 그 製作方法에 依해서 마이카片和 金屬箔과를 交代로 겹치스택크 型과 마이카片的 兩面에 銀電極을 燒付한 실버(silver) 마이카콘덴서의 두 가지가 있다. 스택크 型 마이카 콘덴서는 종이 콘덴서와 같이 가장 오래前부터 使用되고 1845年頃 이태리에서 發明되었다.

마이카 콘덴서의 長點은

(1) 誘電體에 劣化하지 않는 마이카를 使用하고있기때문에 壽命이 길다.

(2) 誘電率이 比較的크므로 小型이고 가볍다.

(3) 電氣의 特性이 優秀하다.

마이카 콘덴서의 短點은

(1) 마이카는 天然物이기때문에 人工적으로 改良할 수 없다.

(2) 마이카는 脆弱하고 可燒性이기때문에 같은 型의 콘덴서로 만들 수가 없다.

9-1 마이카 콘덴서의 構造

스택크 型 마이카 콘덴서의 構造는 마이카片和 電極이되는 錫箔, 鉛箔 등을 交代로 겹쳐서 上下에서 두꺼운 縮付板을 합쳐서 固定한다. 이 型의 것은 一般으로 箱子型이라고 불리며 왁스油 등으로 含浸한後에 密封한다. 縮付板 代身에 簡單한 押着端子를 使用해서 燻(phenol, 石炭酸) 폴리에스터(polyester) 및 에폭시(epoxy) 등의 成型材料로 成型한 것은 鑄込型이라고 稱한다.

실버 마이카 콘덴서의 構造는 마이카片에 電極으로서 銀을 燒付한 것이다. 誘電體가되는 마

이카와 電極이 密着해있으므로 靜電容量의 溫度係數가 僅少하고 또 誘電正接도 적다. 所要의 容量을 얻기爲해서는 실버마이카片을 前述한 스택크형 마이카 콘덴서의 境遇와 마찬가지로 겹쳐서 電極을 並列로 接續하면 된다. 겹친 素子는 容量調整을 하고 含浸에서 金屬케이스에 느른가 스택크형의 境遇와 마찬가지로 成型 材料로 成型한다. 이때 스택크형과는 달라 締付壓力에는 問題가 없다.

9-2 마이카 콘덴서의 電氣的特性

스택크형 마이카 콘덴서와 실버 마이카 콘덴서의 差의 主要한 것은 構造上과 工程上에 依한 것인데 溫度係數, 損失, 安定性, 均一性等 어느 것이나 실버 마이카 콘덴서가 優秀하다.

마이카 콘덴서의 特性中 溫度係數는 가장 重要한 特性의 하나이고 特히 실버 마이카 콘덴서의 溫度特性은 다른 콘덴서에서는 얻을 수 없는 優秀한 値를 表示한다. 一般적으로 마이카自體의 溫度係數는 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度인데 왁스等과 같이 負의 溫度係數를 가진 含浸劑를 使用함으로써 極小의 溫度係數의 것도 만들어진다. 그림25에 이것들의 代表的인 溫度特性을 表示한다. 그림26 및 그림27에 損失및 絶緣抵抗의 代表的인 溫度特性을 表示한다. 이것으로 마이카 콘덴서는 低損失, 高絶緣性인 것을 알 수 있다. 또 耐熱性도 優秀하고 使用範圍는 $-55 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 이다. 以外에 周波數特性이 優秀하고 넓은 周波數範圍에 걸쳐서 Q가 높다. 그림28과 그림29에 靜電容量과 Q의 周波數特性을 鑛物油含浸性이 콘덴서의 같이 表示하였다.

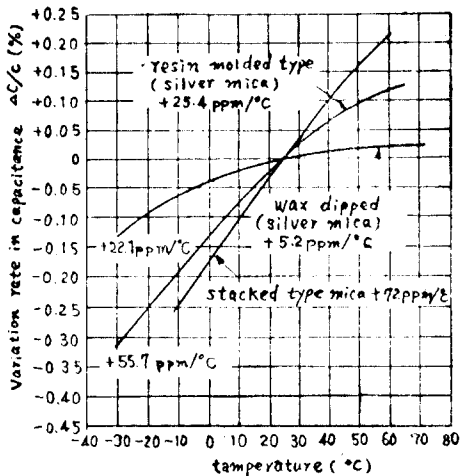


그림25 마이카 콘덴서의 靜電容量-溫度特性

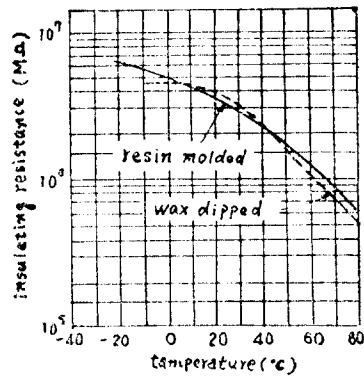


그림27 마이카 콘덴서의 絶緣抵抗-溫度特性

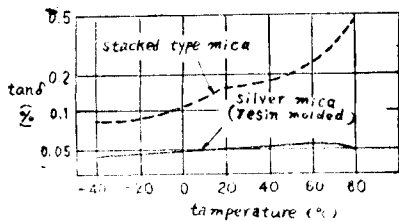


그림26 마이카 콘덴서의 損失-溫度特性

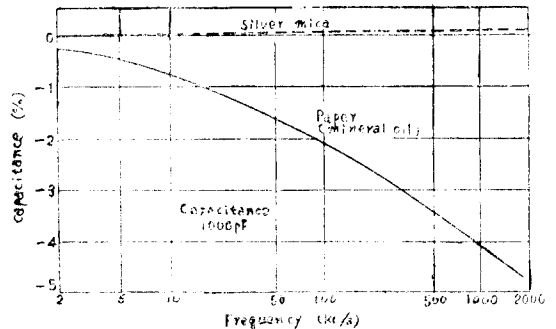


그림28 마이카 콘덴서의 靜電容量-周波數特性

參 考 文 獻

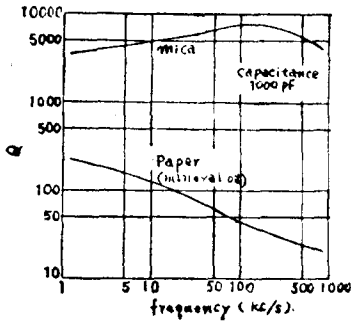


그림 29 마이카 콘덴서의 Q-周波數特性

1. Electronic Component Handbook K. Henney and C. Walsh McGraw-Hill. 1957
 2. Condenser, 衣川浩平, 日刊工業新聞社, 1962
 3. 電子機器部品, 城坂俊吉 外, 電氣書院 1960
 4. 電子部品の JIS, Condenser編, 東常義外, 日刊工業新聞社, 1964
 5. 電子材料, 1965年 5月號
 6. 電子技術, 1962年 6月號
 7. 電子工業, 1962年12月號
- (2에서 7까지는 日本 文獻임)