

HF-VHF 帶 厚膜混成回路技術

韓國科學技術研究所

朴 健 作 譯

譯者 註

本記事는 美國 Raytheon 會社 發行 Electronic Progress, 12. 2 (1969)에 記載된 "Hybrid Thick Film Techniques For HF-VHF Application"에서 拔萃翻譯하였다.

混成集積回路는 薄膜 또는 厚膜回路를 電氣的으로 絕緣體인 磁器基板상에 形成하는 것을 말하는데 普通은 皮膜回路外에 數個의 受動素子와 能動單體素子로 構成된다. 半導體集積回路와는 달리, 이 混成集積回路에 있어서는 單體部分品을 남편으로 連結하여 만든 在來式 回路를 直接

混成回路로 바꿀 수 있고 試驗하기 爲하여 쉽게 部分品을 交換할 수 있는 利點이 있다. 이러한 特徵은 部分品의 配置에 따라 分布容量에 影響을 미치지 쉬운 VHF帶 回路에서 매우 重要한 長點이 된다. 混成集積回路는 基板·厚膜回路, 單體部分品 및 包裝의 네가지로 構成되어 있는데 여기서는 混成集積回路의 VHF帶에의 應用과 關聯해서 처음 세가지에 關하여 論議한다.

基 板

混成集積回路에서 基板의 첫째機能은 部分品을 固定하고 部分品間을 電氣的으로 絕緣시키는

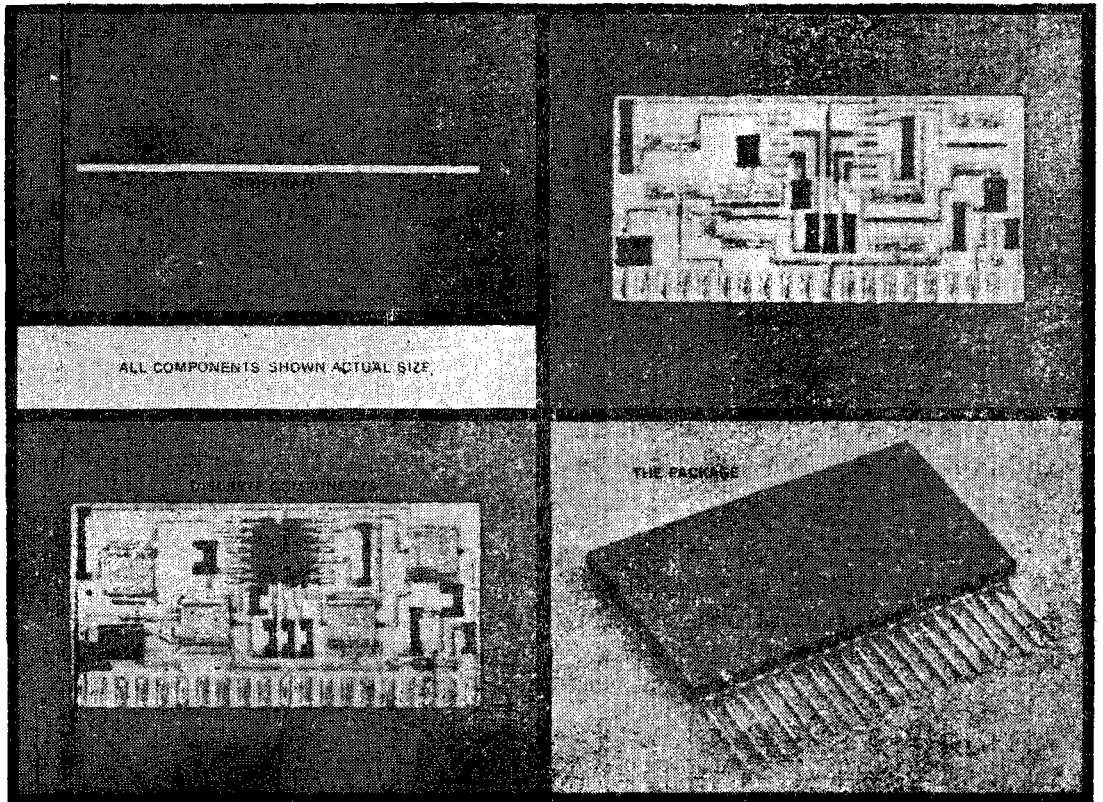


表 1

一般的으로 사용되는 混成回路 基板材料의 性能

Material	Tensile Strength PSI	Thermal Conductivity W(in)/(in) ² °C	(°C) Maximum Service Temp.	Expansion Coefficient Per °C×10 ⁶	Relative Dielectric Constant (a) 1 MHz 25°C	Volume Resistivity (a) 150°C ohm-cm×10 ⁻¹²
Alumina(96% Alum- inum Oxide)	25,000	0.89	1600	6.4	9.2	> 100
Beryllia	15,000	5.8	1600	6.0	6.4	> 100
Corning 7059 Glass	10,000	0.03	700	4.6	5.8	> 100
BaTiO ₃	4,000	0.007	1000	9.1	6500	0.2
Glaze for Alumina	10,000	0.03	900	5.5	6.3	100

것이다. 이 基板의 材質을 選定할 때는 機械의 強度, 熱傳導率 그리고 加工하기가 쉬운것인가를 考慮해야 한다. 이 基板은 回路의 動作에는 아무 影響을 미치지 않는 것으로 假定하지만 實際에는 그렇지 않다. 高周波帶의 比較의 中出力 回路에서는 誘電體結合이 생기고 熱加熱現象으로 回路의 動作에 큰 影響을 미치게 되는 수가 있다. 一般的으로 사용되고 있는 基板 材料의 性質等을 表1에 作成하였는데 가장 널리 사용되고 있는 材料는 알루미늄, 베릴리아, 티탄산바리움等이다. 티탄산바리움은 誘電率 ϵ_r 이 매우 크기 때문에 높은 周波數에서는 사용할 수 없게 된다. 誘電率이 크면 基板의 兩面에 電極을 붙여서 쉽게 카파시터를 만들 수 있지만 基板내에 있는 回路에 分布容量이 커지는 缺點이 있다. 그 외에 이 티탄산바리움 基板은 機械적으로 弱하고 熱傳導도가 나쁘다. 콘닝 7059型 유리板은 그 誘電率이 매우 낮아 높은 周波數에서 分布容量을 줄이는 利點은 있으나 熱傳導도가 나쁘고 機械적으로 弱하기 때문에 거의 사용되지 않는다. 한편 誘電率이 크다할지라도 部分品の 配置를 適切히 하거나, 表1에서 보는 바와같이 基板과 素子사이에 글레이즈(Glaze)막을 만들면 分布容量을 減少시킬 수 있다.

熱傳導問題와 높은 周波數에서의 動作特性을 考慮하면 베릴리아가 基板材料로서는 가장 適合한 것 같다. 그 機械의 強度는 알루미늄만큼 強하지 못할지라도 그 誘電率(알루미늄의 約 2/3)은 普通 사용되고 있는 프릴트 基板의 誘電率과 비슷하면서 그 熱傳導率은 알루미늄의 6.5배나

된다. 알루미늄과 베릴리아의 熱傳導率은 모두 金屬의 熱傳導率과 비슷하다. 크기 $1 \times 1 \times 0.02$ 인치인 알루미늄 基板의 한쪽 끝에 10와트의 熱을 傳達시키면 이 基板에서의 熱降下는 겨우 0.225°C 이고, 같은 크기의 베릴리아의 경우에는 겨우 0.034°C 로서 양쪽 다 熱傳達特性은 매우 좋다 할 것이다.

이들 基板을 사용할 때 基板에서 熱을 除去하는 것이 매우 重要하다. 베릴리아는 加工할 때에 생기는 먼지가 呼吸器管에 매우 有害하므로 매우 制限을 받게 된다. 즉 베릴리아를 사용하려면 그 加工은 반드시 베릴리아 專門메이카에게 依賴해야 한다.

使用周波數 250MHz 以下에서 中出力形 回路에 應用할 때는 알루미늄 基板이면 充分하고, 250 MHz 以上에서 出力이 큰 回路일 境遇에는 誘電體結合이 問題視되므로 價格이 비싸고 使用이 不便하다 할지라도 베릴리아를 사용해야 한다.

部 分 品

카파시터

厚膜型, 厚膜型容量을 실크스크린方法으로 製造할 수 있다. 容量의 電極과 誘電體用 페이스트를 스크린 프린터로 基板에 印刷 附着시킨다. 이때 페이스트는 유리粉末이나 혹은 프릴(傳導性 또는 絶緣性粉末)을 有機結合劑에 이겨서 만든다.

여기서 結合劑는 실크스크린 印刷를 할 수 있도록 하고 燒成하기 前에 回路素子を 基板에 附着시키는 役割을 하고, 燒成中에 이 結合劑는 모두 타없어지고 프릴유리가 基板에 녹아서 붙

表 2 실크스크린 印刷한 카파시터 誘電體의 性質

	Ceramic Dielectric	Glass Dielectric Number1	Glass Dielectric Number2
Temperature Coefficient(PPM/°C)	+2500	+500	+500
Insulation Resistance 25°C(MegΩ-μf)	100	50	5
Dielectric Constant	2000	7	20
PF/in ² /mil thickness	450,000	1500	4500
Voltage Breakdown(V)	500	1000	500

게 된다. 카피시터를 만들때에는 絶緣性유리와 銀 또는 金 프립레이스트로서 交代로 絶緣層과 傳導層을 만든다. 이 厚膜回路技術을 利用하면 카피시터를 쉽게 그리고 廉價로 만들 수 있는데 靜電容量이 普通 2000PF 以下이고 容量偏差가 ± 20% 以上の 된다. 一般적으로 使用되는 실크스크린 印刷한 容量의 誘電材料의 性質을 表 2에 收錄하였다. 따라서 厚膜카피시터를 高周波應用에 使用할 때는 다음과 같은 問題가 생긴다.

1. 容易하게 製作할 수 있는 靜電容量値는 1000PF 以下이다.
2. 靜電容量의 偏差가 20% 以上이므로 結合回路나, 바이파스回路에는 使用할 수 있으나 同調回路等에는 使用할 수 없다.
3. 容量溫度係數特性이 나쁘다.
4. 結合回路나 바이파스用 大容量 카피시터를



製作하려면 基板에 큰 面積을 차지하게 된다. 誘電材料의 페이스트 製造技術이 發達함에 따라 容量溫度係數가 적어지고 誘電率이 올라가며 容量値를 調整할때, 抵抗値를 調整하는 것과 마찬가지로 壓縮空氣練磨劑를 使用하여 容量偏差 2%程度까지 줄일 수는 있으나 一般적으로 高周波用厚膜回路카피시터는 體積이 크고, 結局은 값이 비싸게 된다.

單體(칩)카피시터, 靜電容量이 크거나 또는 적고 溫度變化에 安定하며 偏差가 적은 카피시터를 얻으려면 厚膜카피시터보다는 칩카피시터가 더 適合하다. 現在 數個의 카피시터製造業者들은 프린트回路에 使用하였던 카피시터의 電氣的 特性과 비슷한 小形의 堅固한 카피시터를 生産하고 있는데 이 칩카피시터는 構造에 있어서 單體素子和 전혀 同一하나 端子線과 絶緣包裝이 되어 있지 않다. 그 代表的인 特性을 表 3에 나타내었다. 普通 周圍環境의 影響을 막기爲

表 3 “칩”카피시터의 電氣的 性質

Capacitance Range:	0.1pf to > 0.1uf
Capacitance Tolerance:	to less than 1.0%
Temperature Coefficient:	NPO available
Self Resonant Frequency:	> 2GHz
Working Voltage(DC):	25-500VDC depending on C Value
Quality Factor(Q):	10,000 @ 1MHz

하여 單體素子를 다 붙인後에 基板의 回路面에 폴리우레탄皮膜을 입힌다. 基板表面의 칩카피시터가 附着될 場所에는 銀 또는 金の 端子가 마련되어 있으며 이 端子和 카피시터의 電極에는 미리 珪납이 입혀 있다. 각 카피시터를 基板上的 定해진 位置에 올려 適當히 눌러 놓은 後, 基板全體를 電氣오븐속에 通過시키면 납이 녹아서 칩카피시터가 熔接된다. 回路測定時, 部分品을 交換할 必要가 있을 때에는 基板을 1100°C 程度의 加熱板위에 올려 놓으면 15 내지 20와트程度의 적은 熱을 加하므로써 쉽게 部分品을 뗄 수 있다.

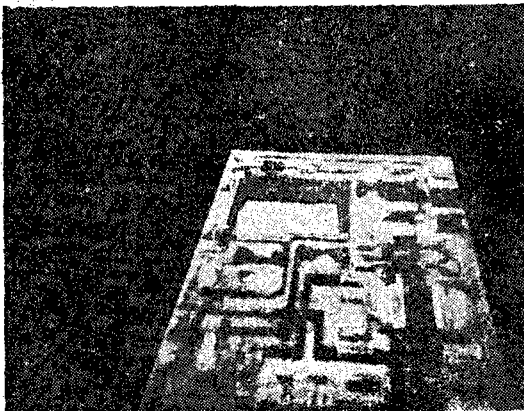
絶緣包裝을 하지 않고 단지 오버글라이즈만으로 된 칩카피시터가 軍環境規格에 適合할런지는 더욱 研究를 하여 보아야 알겠지만 HF-VHF帶

回路에는 充分히 利用할 수 있을것 같다.

導線

混成厚膜回路에 使用하는 導線은 金屬유리의 混合物로서 만들어 진다. 導線材料로서는 銀-팔라듐, 白金-은, 또는 白金-金의 고운 粉末을 有機結合劑와 混合하여 印刷用 케이스트를 만든다. 燒結을 하게 되면 有機物은 全部 타버리고 유리成分이 녹아서 基板에 附着하게 된다. 導線用 케이스트는 比抵抗이 充分히 작아야 하고 單體部分品이 容易하게 熔接될 수 있어야 한다. 燒結溫度는 使用하는 잉크에 따라 다르나 普通 500~1000°C 範圍인데 傳導度, 接着性 熔接等을 考慮하여 最適溫度를 決定하여야 한다.

金-白金케이스트는 融通性이 크고, 製作하기가 쉬우므로 導線材料로서 가장 많이 使用된다. 一般的으로 基板에 導線이 제일 먼저 印刷되어 燒結되고 그 다음에 抵抗素子가 보다 낮은 溫度에서 燒結된다. 導線의 抵抗値는 0.01-0.1 ohm/□/mil (0.5mil 두께의 導線의 比抵抗은 約 1.3×10^{-5} ohm-cm)인데 導線위에 땀납을 하면 더욱 減小된다. 導線의 넓이는 4-5mil(註) 程度로 좁게 製作이 可能하나 普通은 8~10mil이고 두께는 0.5mil程度이다. VHF帶에서는 導線의 配置模形에 따라 分布容量 및 인덕턴스의 影響이 크게 되므로 매우 注意하여 이 影響을 없애도록 해야 한다. 베릴리움 같은 誘電率이 적은 基板을 使用하면 分布容量을 減小시킬 수 있다.



(註) 1mil은 1000분의 1인치(inch) 또는 25×10^{-4} cm

印刷導線은 基板上的 接地面을 만드는데도 利用된다. 導線이 서로 交叉하는 點에 유리의 中間層을 만들어 주면 基板이나 導線이 차지하는 面積을 切半으로 줄일 수 있다. 이때 交叉點에서 생기는 分布容量은 0.025에서 1.0PF程度이다. 印刷導線은 인덕턴스를 만드는데도 利用된다.

抵抗器

導線 및 카파시터를 만드는 方法과 같은 厚膜印刷方法으로 信賴性이 있고 再現性이 좋은 抵抗器가 製作된다. 흔히 使用되는 抵抗用 잉크는 (1) 有機結合劑와 混合된 貴金屬皮膜과 (2) 金屬이나 貴金屬酸化合物과 프릴유리의 混合物(CERMAT)을 有機結合劑와 混合한것 등의 두가지가 있다. 前者의 金屬皮膜抵抗器는 셔벗트抵抗器에 比하여 두께가 얇으므로 그림 1과 같이 基板表面에 얇은 유리膜(Under glaze)을 만들어 表面을 平平하게 하여야 한다. 金屬皮膜抵抗素子를 成形한 後에는 다시 유리膜(Over glaze)을 입혀



서 周圍環境의 影響을 적게 받도록 한다. 金屬皮膜抵抗器의 抵抗値와 抵抗溫度係數는 基板의 影響을 받지 않는데 그 理由는 抵抗素體와 基板

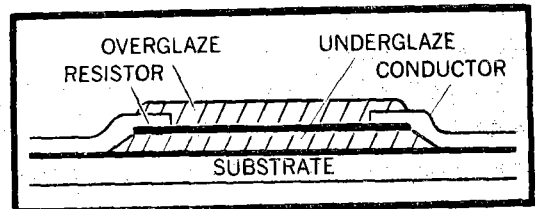


그림1. 金屬膜抵抗器의 構造

사이에 언더클레이즈가 되어 있기 때문이다. 이
 抵抗器의 表面抵抗은 5~10K ohm/□ 程度이다.

厚膜抵抗器로서 가장 널리 사용되는것은 써멧트
 抵抗器이다. 이 抵抗器의 抵抗值範圍는 金屬
 皮膜보다 넓고 基板表面의 凹凸의 影響을 적게
 받으므로 언더클레이즈를 省略할 수 있다. 一般
 的으로 오버클레이즈를 實施하여 周圍環境과 絕
 緣하여 最大로 安定하게 한다.

가장 많이 사용되는 써멧트잉크는 팔라듐-
 銀-유리 또는 酸化팔라듐-유리의 混合物이
 다. Dupont社가 開發한 數種의 抵抗用페이
 스트가 市販되고 있다. 表面抵抗은 5~100K ohm
 /□의 範圍가 可能한데 페이스트內의 유리含有
 量에 따라 抵抗值가 變化한다.

厚膜抵抗을 燒結할때는 燒結溫度가 매우 重要
 하다. 燒結이 덜되거나 度를 지나치면 抵抗值의
 經年變化가 커지고 抵抗溫度係數가 커진다. 燒
 結溫度는 普通 700~800°C程度이고 抵抗偏差는
 20%內에 있게 된다. 그러나 一般的으로 抵抗值
 를 願하는 值보다 낮게 만든 後에 壓縮練磨劑로
 서 트리밍하여 願하는 值의 2~5%內로 만든다.
 抵抗溫度係數는 基板의 特性에 따라 多小 다르
 지만 -100ppm에서 +300ppm/°C 사이에 있다
 抵抗材料에 따라 抵抗溫度係數가 다르고 같은抵
 抗材料라 할지라도 달라지는 境遇가 있으므로
 一定한 溫度係數를 얻기 爲해서는 材料의 룯트
 마다 使用前에 試驗하여야 한다. 抵抗材料業者
 의 經驗과 年輪에 따라 溫度係數는 떨어진다.
 一般的으로 厚膜抵抗器는 그 溫度係數, 抵抗偏
 差, 抵抗範圍, 電力容量 등이 HF-VHF帶 回路
 의 要求條件에 合致된다 할것이다.

그러나 써멧트抵抗器의 實効抵抗值가 높은 周
 波數에서 變化하는 것을 發見하였다. 그 原因은
 抵抗素子와 導線間에 分布容量 및 인타턴스가
 作用하기 때문임을 發見하였으며 따라서 抵抗素
 子와 導線의 配置 및 形態의 影響을 받게 된다.
 이러한 現象에 關한 發表論文은 거의 없고 어떤
 境遇에는 이러한 現象을 否定하기도 한다. Ra-
 ytheon社의 實驗結果에 依하면 實効抵抗值變
 化는 그림2와 같다. 여기서 使用한 基板은 모두
 알루미늄이요 抵抗페이스트는 Dupont의 7800및

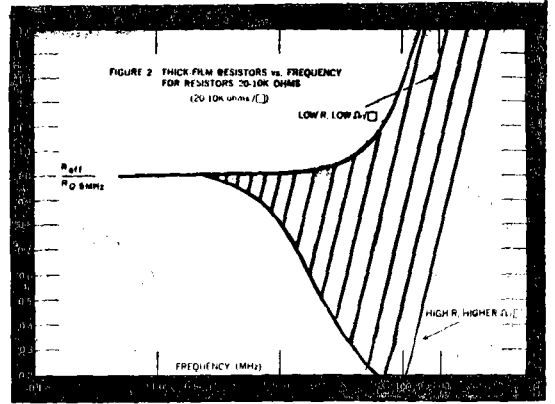


그림2. 厚膜抵抗器 周波數特性(抵抗範圍
 20-10K ohm)

8000系列과 CTC製品을 使用하였다. 이 材料는
 生産工場에서 가장 많이 使用되고 있는 것이다.
 그림의 斜線部分은 20~10K ohm 範圍의 抵抗
 器의 實効抵抗值를 表示한 것이다.

抵抗值가 적으면 周波數가 增加함에 따라 實
 効抵抗值가 增加하게 되는데 表面抵抗 100ohm
 /□로 된 抵抗值 100ohm이 境遇點이 되는것을
 發見하였다. (이보다 더 큰 抵抗值에서는 減小하
 게 된다) 같은 抵抗值라 할지라도 抵抗材料의
 比抵抗에 따라 周波數特性이 매우 달라지게 된
 다. 500ohm/□의 材料로서 만든 100ohm의 抵
 抗器는 100ohm/□의 材料로서 만든 100ohm의
 周波數特性이 매우 틀리게 된다. 比抵抗值가
 (100/ohm에 비하여) 크면 클수록 周波數에 따
 른 實効抵抗值는 적어진다. 例를 들면, 10K
 ohm/□ 材料의 10K ohm抵抗器는 2K ohm/□
 材料의 10Kohm 抵抗器에 比하여 實効抵抗值의
 變化가 커진다.

그림 3에서 보는바와 같이 3Kohm 以下인 抵
 抗器에 있어서는 周波數特性이 많이 改善되었다
 抵抗器와 導線의 配置 및 모양에 따라 周波數特
 性が 달라지게 되는데 그 모양이 角形의것이 周
 波數特性이 좋고 抵抗器의 넓이가 길이보다 크
 면 分布容量이 커져서 特性이 나빠지는 것같다.

厚膜抵抗回路의 實際 利用에 있어서는 그周波
 數特性이 多小 나쁘다 할지라도 回路의 周波數
 特性을 크게 低下시키지 않게 된다. 特히 트랜
 지스터回路와 같이 使用될 때는 그 임피던스가

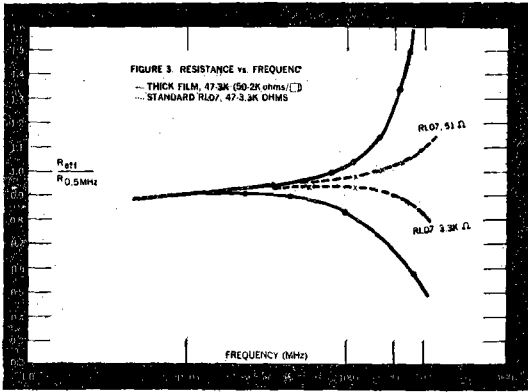


그림3. 抵抗器의 周波數特性(50~2K ohm)

抵抗器의 임피던스에 比하여 낮으므로 더욱 그러하다. 그러나 抵抗器가 周波數의 影響을 받지 않는다고는 할 수 없으므로 HF-VHF에 使用할 때는 適當히 注意하여야 한다.

인덕터

厚膜인덕터는 周波數에 따라서 導線인크를 直線型 또는 螺旋型으로 接着하여 만들수 있다. Q를 높이기 위해서는 導線위에 珮납을 입히기도 한다. 이와같은 方法으로 100μh以上の 인덕터를 만들 수 있으나 實際에 있어서는 混成集積回路의 部品包裝密度를 크게 하여야 하기 때문에 인덕터의 範圍나 그 質에 있어서 制限을 받게 된다.

인덕터의 代表的인 두가지 形態는 그림 4와 같이 圓形螺旋型和 角形螺旋型이 있다.

이 코일들의 인덕턴스値는 다음式으로 주어진다.

$$L = 0.32a n^5 / 3 \log \left[8 \frac{a}{c} \right] \mu h \dots \dots \text{圓形}$$

$$L = 85 \times 10^{-4} S^{1/2} n^5 / 3 \mu h \dots \dots \text{角形}$$

但 : n = 回線數

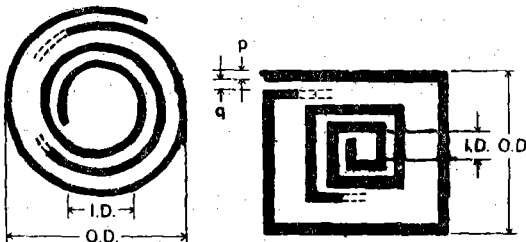


그림4. 代表性인 厚膜 인덕터의 모양

$$a = \text{平均半徑} = (OD + ID) / 4cm$$

$$C = \text{卷線길이} = (OD + ID) / 2cm$$

$$S = \text{코일의 表面積} (cm^2)$$

이 方程式에 依하여 얻은 인덕턴스의 單位는 마이크로 헨리이고 比較的 낮은 周波數에서 그 正確度가 5%內에 든다. 이때 使用한 基板의 材質이 인덕턴스値에 直接 미치지 않으나 Q와 分析容量으로 因한 自體共振周波數에 影響을 미친다.

같은 크기의 ID 및 OD에서 圓形보다는 角形인덕터의 인덕턴스가 더 큰데, 이것은 아마도 導線의 長이가 더 긴 때문인것 같다. 그외에 角形은 配置가 쉽고 製造하기가 簡單하기 때문에 거의 모든 인덕터는 角形으로 만들어 지고 있으므로 이 角形에 關해서만 論議하기로 한다.

自體共振周波數는 다음과 같은 近似式으로 表示된다.

$$f_0 = 4.35 \times 10^8 \frac{1}{\epsilon_r^{1/2} S^{1/2} n}$$

여기서 ϵ_r 은 基板의 誘電率이다.

動作周波數가 코일自體共振周波數에 接近하면 外見上의 인덕턴스 L_a 는 無限大에 接近한다.

$$L_a = \frac{L}{1 - (f/f_0)^2}$$

周波數 $f_0/4$ 에서 測定한 코일의 Q는 다음式으로 表示된다.

$$Q_0 = 3.6 \frac{W}{\epsilon_r^{1/2} \rho n^{4/3}} = 0.57 \frac{S^{2/3} W}{\epsilon_r^{1/2} \rho L^{4/3}}$$

여기서 W = 傳導螺旋의 두께, cm

ρ = 導線材料의 比抵抗, ohm-cm

P = 導線의 幅이, cm (P=9라 假定)

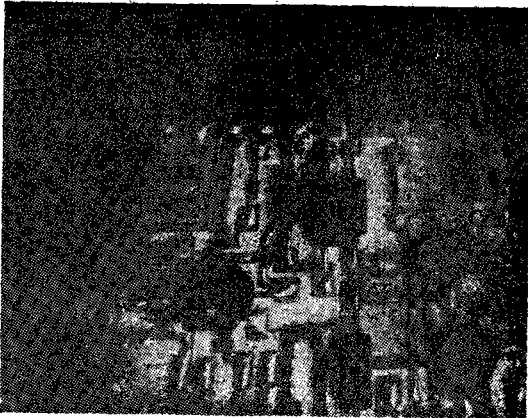
周波數가 $f_0/4$ 가 아닌 다른 周波數에서 Q는

$$Q = 4 \times f/f_0 \times Q_0$$

로 表示된다.

위의 Q_0 를 表示한 式에서 螺旋코일의 導線위에 珮납을 입히면 W가 增加하고 ρ 가 減少하기 때문에 Q_0 는 增加하게 된다. 實際에 있어서 Q値는 期待值보다 적게 되는데 그 原因은 (1) 表面의 凹凸로 因하여 比抵抗値가 增加하고 (2) 導線의 모서리에는 강한 電界가 發生한 ため므로 보인다.

나타난 式으로 보아서 L, Q 및 f_0 値가 高周波



회로에 應用하기가 適合한가를 判斷하기가 困難하다. 또 그 値가 適合하다 할지라도 그 値數가 厚膜集積回路에 適當한가 檢討하기 爲하여 數個의 例를 들어 說明한다.

그림 5에서 인덕턴스와 自體共振周波數를 螺

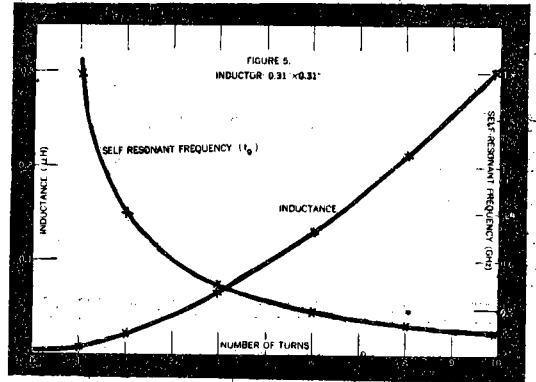


그림5. 회전수에 따른 인덕턴스와 공진주파수
(가) 인덕터 0.2" x 0.2"
(나) 인덕터 0.31" x 0.31"
(다) 인덕터 0.4" x 0.4"

旋코일의 回線數에 따라 變化하는 모양을 表示하였다. 이때 코일의 크기는 0.2, 0.31, 0.4 平方인치로 하였는데 그 以上の 것은 集積回路에 不適合한 것으로 思慮된다.

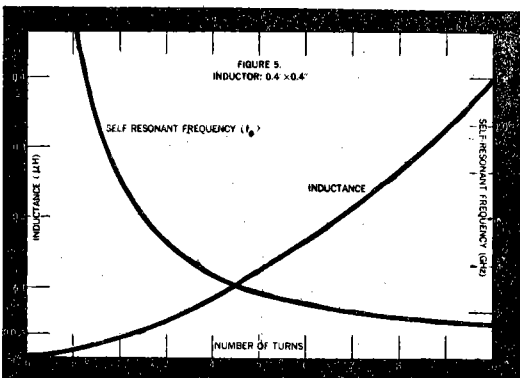
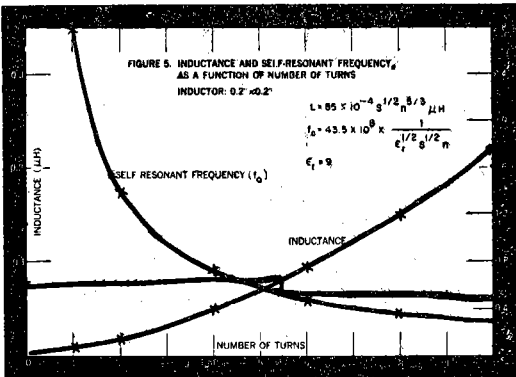
周波數 $f_0/4$ 에서 測定한 良好定數 Q_0 을 그림 6에 表示하였다. 이때 基板의 誘電率 ϵ_r 은 9, 導線의 두께는 0.5mil, 表面抵抗은 0.01 ohms/□ 導線의 幅은 間隔과 같다 ($P=9$)고 假定하였다.

以上的 曲線으로 부터 다음과 같은 結果를 얻을 수 있다.

1. 例示한 値數의 코일로서는 약 $0.4\mu\text{H}$ 以下の 인덕턴스 밖에 얻을 수 없다.
2. 코일 自體共振周波數를 500MHz 以上으로 하려면 $0.075\mu\text{H}$ 밖에 얻을 수 없다.
3. 回線數를 높여 만든 인덕턴스는 Q 가 떨어진다.

코일과 基板사이에 글레이즈 層 또는 페라이트 層을 넣어 인덕턴스特性을 改善하려는 試圖는 많았으나 製造價格을 낮추고 製造方法을 쉽게 하려 할 때는 다음 세가지 制限을 받게 된다.

1. 코일의 値數를 集積回路에 應用하도록 制限할때 인덕턴스 値는 적다.
2. 一般的으로 Q 와 自體共振周波數가 낮다.
3. 甚한 磁界를 發生한다.



어떤 경우에는 100MHz 以上에서 厚膜인덕터를 사용할 수 있으나 이때에는 特性이 均質하고 溫度係數가 좋게 하기 위해서는 더 開發하여야 할 것이다.

卷線코일形 인덕터를 만들면 許容偏差 ±0.5 % 내에서 Q를 40以上 20nh~10μh의 인덕턴스를 쉽게 얻을 수 있다. 例를들면 0.2"L×0.005"D의 보빈을 使用하면 0.02~0.1μh, 0.25"L×0.125"D의 보빈으로는 0.1~2.37μh의 인덕턴스를 얻을 수 있다. 이것을 厚膜인덕터와 比較할 때 最小型보다 적은 體積으로 훨씬 큰 範圍의 인덕턴스와 Q 및 f₀ 그리고 偏差가 적은 인덕터를 얻을 수 있다. 따라서 厚膜混成回路에 있어서는 大部分卷線코일형 인덕터를 使用한다.

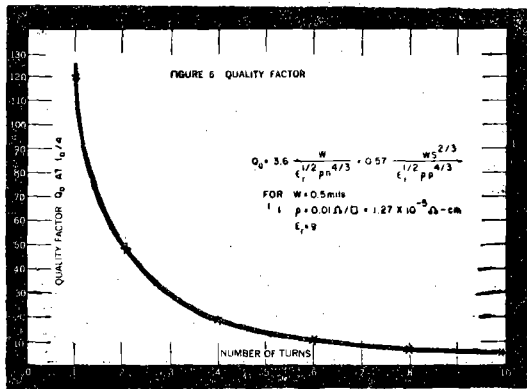


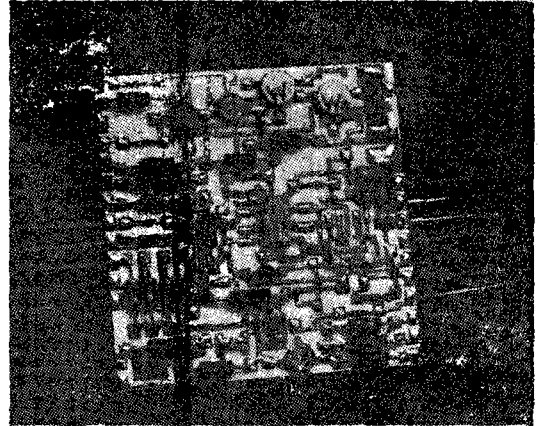
그림6. 인덕터의 Q

트랜지스터

混成集積回路에는 많은 單體 트랜지스터가 使用되고 있는데 이때 使用되는 트랜지스터는 包裝이 되지 않은 칩트랜지스터, 마이크로包裝 트랜지스터等이다.

칩트랜지스터가 基板에 熔接附着된 後에 오버클레이즈를 하므로써 包裝이 되는데 이 方法이 高安定度, 高信賴度 特性을 보이고 있는지는 아직 確認되지 않았다. 그러나 이 칩트랜지스터는 마이크로 包裝트랜지스터에 比하여 生産價格이 低廉하다.

한편 칩트랜지스터는 組立前에 特性試驗하기가 困難하므로 軍用電子機器와 같이 넓은 溫度



範圍에서 使用하는 高周波回路에 應用할때는 큰 問題가 된다.

가장 많이 使用되고 있는 트랜지스터의 構造는 그림 7에 表示한 바와 같이 세계의 리봉이 달린 플랩플래너형이다.

이 形態의 트랜지스터의 包裝은 一般包裝型, 密封型等이 있다. 이 包裝의 數値에는 數種이 있으나 그 모양은 一定하다. 이 트랜지스터의 리봉형 端子는 基板의 導體端子에 쉽게 熔接이 可能하는 이플랩플래너트랜지스터는 쉽게 電氣의 特性을 測定할 수 있다.

플라스틱包裝트랜지스터도 많이 開發되어 市販機器에 使用되고 있는데 이 트랜지스터는 값이 싸고 振動이나 衝擊에 強하며 高周波數에

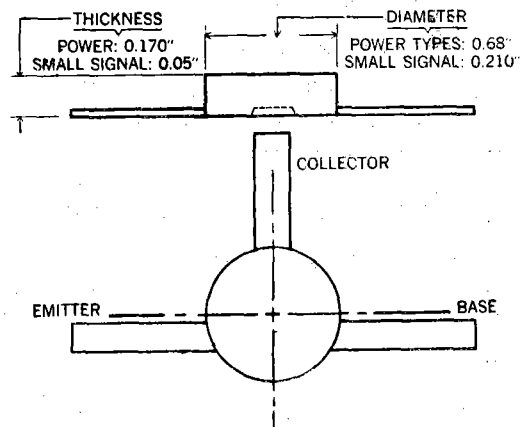


그림7. 대표적인 플랩플래너트랜지스터의 포장

서도 動作特性이 良好하다고 알려졌다. 그러나 이 트랜지스터의 故障의 큰 原因의 하나가 플라스틱의 原料成分으로 起因한다고 봄으로써 軍規格으로는 高信賴度部分品으로 認定되지 않고 있다. 아직까지는 信賴性이 높다는 充分한 資料가 準備되지 않았다.

厚膜混成回路에 使用되는 또다른 形態의 트랜지스터는 그림8과 같은 플립채널(Flip-channel)構造이다. 트랜지스터素子를 附着한 基體는 세라믹으로서 트랜지스터의 각 단자와 基體의 接點은 導線熔接이 되어 있다. 이때 基體의 接點에는 미리 金의 鍍金이 되어 있다. 普通 트랜지스터附着部分의 空間은 에폭시같은 樹脂로서 메꾸어져 있고, 이 基體는 基板에 前述한 熔接方法으로 부착된다.

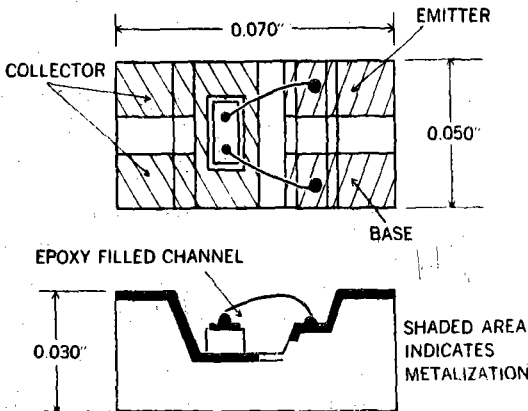


그림8. 대표적인 플립-채널 모양

參考文獻

1. T.C. MacAvoy and S.A. Halaby, "Substrates for Thin-Film Circuitry," IEEE Transactions on Component Parts, March 1964.
2. J.H. Martin, "The Manufacture of Ceramic-Based Micro-circuits," National Electronics Conference, Chicago, October 1966.
3. D.P. Burks, "The Use of Ceramics in Hybrid Integrated Circuits," Second Annual Technical and Electronic Ceramic Exhibit and Seminar, New York City, November 1966.
4. D.P. Burks and D.R. Norton, "Thermal Analysis of Hybrid Microcircuits," Sixth International Electronic Circuit Packaging Symposium, San Francisco, August 1965.
5. J.A.O Connoll and E. Zaratkiewicz, "Thick-Film Technology, Part 2," Electronic Packaging and Production, December 1967.
6. P. Koninsky, "Resistor and Conductor Design for 100MHz Operation," Raytheon Internal Memo MEF-5-16, Bedford Microcircuits Facility, May 1967.
7. P. Koninsky, "Thick-Film Resistance vs. Frequency Measurements," Raytheon Internal Memo MEF-2-67, Bedford Microcircuits Facility, January 1967.
8. T. Lack, "Evaluation of Thick-Film Resistors from 10-250 MHz," Raytheon Internal Memo TPL-2-67, CADPO Operation, February 1967.
9. L.J. Brady, "The High-Frequency Performance of Resistors," 1966 Proceedings Electronics Components Conference.
10. D.J. Renn, "Frequency Response of CERMET Resistors for Hybrid Microcircuits," IEEE Transactions on Broadcast and Television Receivers, November 1967.
11. H.E. Bryan, "Printed Inductors and Capacitors," Tele-Tech and Electronic Industries, December 1955.
12. H.G. Dill, "Designing Inductors for Thin-Film Applications," Microelectronic Design, Hayden Book Company, Inc. 1966.
13. M. Ohanian, "Bonding Techniques for Microelectronics," Semiconductor Products and Solid-State Technology, August 1967