

今後のマイクロモジュール技術の検討

Some Problems of Micromodule

北川 賢 司*
Kenji Kitagawa

内 容 梗 概

マイクロモジュールの広汎な実用化を進めるためには製品の超小形化の促進、製造原価の大幅な低減および高信頼性の保持をはかることが大事である。このような観点から、現行マイクロモジュールの長所、短所を考察し、ブロック組立、部品製作、応用面を中心として今後の技術上の問題点を検討した。一般にこれらの問題点は、薄膜回路や固体回路などの他の超小形化方式の技術をとり入れることによって次第に解決されてゆくと考えられるが、少なくともここ当分の間、マイクロモジュールと他の超小形化方式とは相補的關係を保ちながら生々発展してゆくであろう。

1. 緒 言

電子機器の超小形化はアメリカにおける宇宙機器を主体とした軍事技術の要請に基づいてここ数年来急速な発展をとげつつあるが、最近ではさらに電子計算機を中心としてより広汎な電子機器の超小形化が進められており、超小形化技術が工業として確立される日も間近い情勢にある。電子機器の超小形化方式としては数多く発表されており、実用化も検討されつつあるが、現段階で最も実用性が高く、広汎な用途が期待されるのはアメリカ RCA 社によって開発されたマイクロモジュール方式であろう。もちろん、これは現時点においての評価であり、将来を考える場合には他の超小形化方式、たとえば薄膜回路方式や固体回路方式を無視することはできない。しかしこれらの方式とマイクロモジュール方式はなんら競合するものではなく、お互いの長所をとり入れた形で、いわゆるハイブリッド方式をとり、生々発展してゆくものと考えられる。ことに日本のように超小形化に対する要求がそれほど大きくなく、その対象を民生用機器におかなければならないところでは、マイクロモジュールを中心としたハイブリッド方式が大きな意味をもってくると思われる。このような観点から以下の諸節にマイクロモジュールの問題点ないし今後の課題の二、三について述べてみよう。

まず現行マイクロモジュール方式の長所および短所を列挙すると次のようになる。すなわち

- (1) 従来の回路に比べて容積を約 1/10 にすることができる。
- (2) 部品製作に従来の技術が有効に利用でき、各専門分野での分業が可能である。さらに部品単体での検査ができるので生産性がよい。
- (3) 部品の外形寸法が同一であるため、部品およびブロック組立の自動化による量産が可能である。
- (4) 製作可能な部品の種類が多く、その定数値も広いので応用対象回路の範囲が広い。のみならず、少量でも手作業で容易に組み立てられる。
- (5) 機械的、熱的に安定であり、周囲条件の影響が少ない。

以上は長所であるが、短所として次の諸点があげられる。

- (1) 他の超小形化方式に比べて小形化の程度がけたちがい低い。
- (2) ハンダ付けなどによる接続箇所が多く、信頼性の点で不安がある。
- (3) 部品用基板の有効面積が小さい。

結局、このような短所を是正し、長所をのばし、モジュールという概念を有効に生かして、低価格、高信頼性を実現すればよいわけ

* 日立製作所茂原工場 工博

である。このような点を考慮し、以下に二、三の検討結果を述べる。

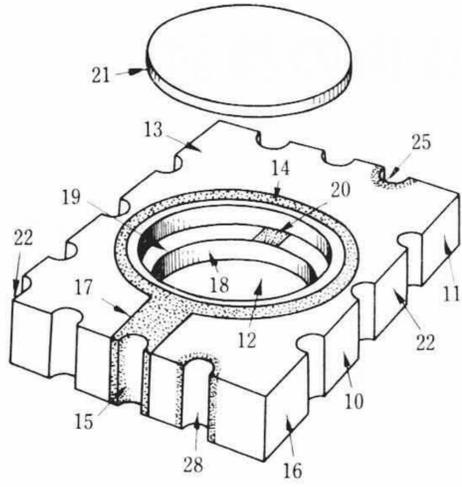
2. マイクロモジュールブロックの組み立てに関する諸問題

回路のマイクロモジュール化を制限するものは 1 ブロック当たりの発熱量が 0.5W 程度までであること、リード線間の電圧が約 100V までであることおよび周波数が約 100 Mc 以下であることだけである。したがって、比較的大きな電力を扱うものを除いて一般の回路はほとんどマイクロモジュール化することができる。しかしその反面、小形化の程度は従来の回路に比べて約 1/10 であり、通常知られている超小形化方式の中では一番低い。これを解決する一つの方法は小形化が容易な複合回路をマイクロモジュールの中に組み込むことである。第 1 表⁽¹⁾はマイクロモジュールに複合回路をとり入れることにより、どの程度まで部品密度をあげることができるかを推定した結果を示すが、このような方法により現行マイクロモジュールの小形化をさらに進め得ることがわかるであろう。ここで問題になるのはマイクロモジュールに複合回路を組み込む方法、ブロック化の方法ならびに内部接続に関することである。以下これらについて述べる。

マイクロモジュールに複合回路を組み込む方法としてまず考えられるのは RCA 社⁽²⁾⁽³⁾の開発した Solid Ceramic 回路方式の応用である。本方式の基本形を示すと第 1~3 図のようになる。第 1 図は第 2 図(a)~(d)に示す磁器あるいはガラスからなる厚さ約 0.002" の薄い絶縁基板(その断面を第 3 図に示す)を積み重ね、適当に加熱して接着したものを示す。このような積層基板の凹欠部に回路素子を単体、もしくは複合した形で入れ、それぞれの基板にあらかじめつけてあるメタライズノッチから必要な端子を取り出す。その後、第 2 図(d)に示したような金属製のふたをし、超音波ハンダ付けや熱圧着などの方法で回路素子を基板の凹欠部内に密封する。このよ

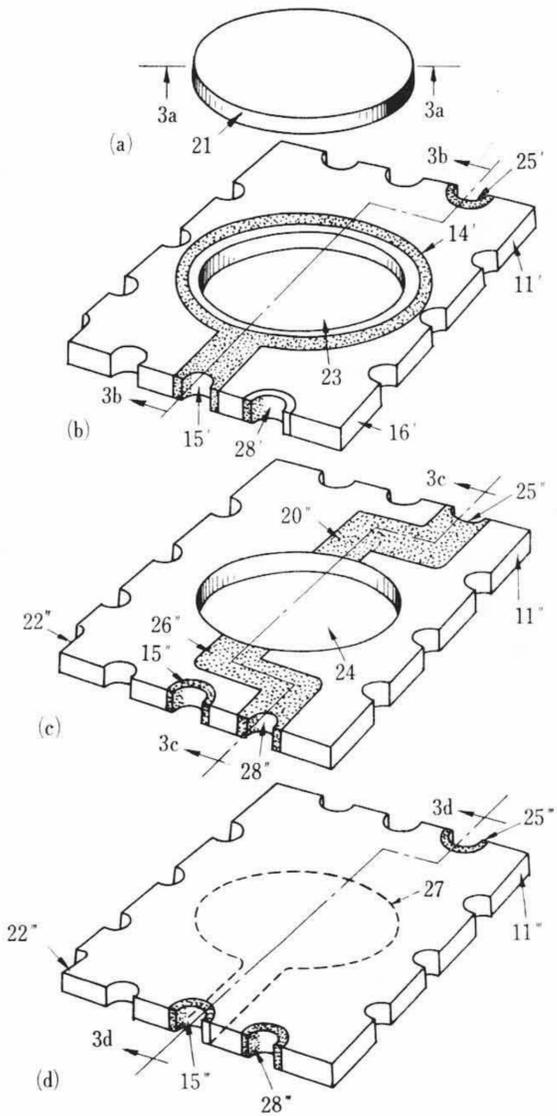
第 1 表 複合回路の導入などによるマイクロモジュールの超小形化(寸法, 重量の減少予想)

| 応用対象 | 1959~1960 | | 1960~1963 | | 1963~1967 | | 1967 | |
|-------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|---------------------------|----------|
| | 従来の方式 | | マイクロモジュール | | マイクロモジュールと複合回路 | | マイクロモジュールと複合回路およびモレクトロニクス | |
| | 容積 (ft ³) | 重量 (lbs) | 容積 (ft ³) | 重量 (lbs) | 容積 (ft ³) | 重量 (lbs) | 容積 (ft ³) | 重量 (lbs) |
| 電子計算機 | 3.50 | 125.0 | 0.20 | 12.0 | 0.05 | 3.0 | 0.01 | 0.6 |
| 電 源 | 0.25 | 19.00 | 0.12 | 9.5 | 0.08 | 6.5 | 0.055 | 5.0 |
| 通信用機器 | 2.62 | 212.50 | 1.37 | 108.0 | 1.020 | 65.0 | 0.730 | 40.0 |
| 誘導飛翔体 | 4.65 | 181.50 | 0.93 | 47.5 | 0.738 | 26.7 | 0.670 | 21.1 |



11……セラミック基板
13……基板の主表面
18……回路素子装架部
12……凹 欠 部
14,15,17,20,25……メタライズ部
21……ふ た 板

第1図 セラミック回路用基板(第2,3図参照)

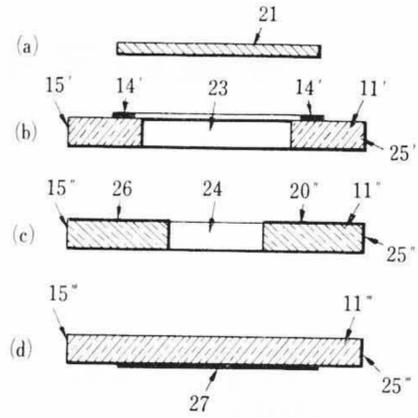


11', 11'', 11'''……セラミック薄板
14', 15', 15'', 15''', 20', 25', 25'', 26', 28', 28''', 28''''……メタライズ部
23, 24……孔 部

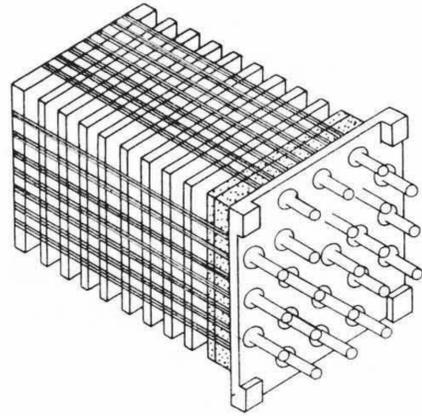
第2図 セラミック回路用基板分解図(第1,3図参照)

うな部品モジュールを組み合わせれば回路ブロックができあがるが、これによって現行マイクロモジュールよりもさらに1けたくらい小形のものを作るのは容易である。のみならず、従来困っていた内部接続法の問題や樹脂モールドの問題など(これらの問題は他の本特集論文中に詳述されている)も本方法で同時に解決できる。

小形化を進めるいま一つの方法は薄膜回路や固体回路で利用されている各種技術を取り入れることである。組み立てに関するこのような試みの一つとして現行マイクロモジュール方式の内部接続法の改良があげられる。第4図がその例⁽⁴⁾であるが、本方式では内部接続に溶接法を採用している。すなわち、本方式では0.310"のノッチのないセラミックの基板をつみ重ね、基板の周辺に施した合計36個(各辺9個)のメタライズ端子に銅リボンを溶接して内部接続を形成している。本方法も RCA 社で検討された方式であるが、このよ



第3図 セラミック回路用基板横断面図(第1,2図参照)



第4図 改良形マイクロモジュールの内部接続

うにして構成されたモジュールは図のように20個のピンがあるハーメチックヘッドにとりつけられ、電子ビーム溶接によりケースに密封された形で使用される。このような方法によって1ft³当たりの部品密度を9×10⁶(現行マイクロモジュール方式では約5×10⁵)にまで高めることができる。もちろん、本方式のようにリードが多くなると、インテグレートド回路の組み込みも容易になり、さらに部品密度をあげることも可能である。

以上のような方法によりマイクロモジュールの小形化を進めることができるわけであるが、電気回路の超小形化と同時に入出力部品、電池、空中線、可変抵抗などの付属部品の小形化を進めることも大事である。実際にわれわれが試作したマイクロモジュール応用機器の大きさも、このような付属部品の小形化に制限され従来の機器に比べて1/3~1/4の容積に留まっているものが多い。むしろこの辺に電子機器の超小形化における大きな課題があるともいえる。

3. マイクロモジュール用部品に関する諸問題

マイクロモジュール用部品については本特集における諸論文で詳述され、その問題点もほぼ明らかにされているが、マイクロモジュールの成否はその部品の成否にあるといっても過言ではないので、ここに一章を設けてその問題点を概観してみる。

マイクロモジュールの超小形化を進めるためには前述のように薄膜回路部品や固体回路部品の導入が必要であるが、一方薄膜回路や固体回路などの他の超小形化方式の技術を取り入れて現行マイクロモジュール用部品の小形化をはかることも大事である。この場合、最も普通に考えられるのは受動回路素子の薄膜部品化である。現在、固定抵抗はすでに薄膜化されており、実用上要求される諸特性を満足する真空蒸着抵抗が容易に得られる状態になっているが、コンデンサやインダクタンス類は薄膜化に問題が多く、いまだ実験室的試作の域をでていない。これらをどうして小形化し、実用化するかが当面の課題である。以下、部品別に検討結果を述べる。

3.1 絶縁基板

部品の薄膜化、超小形化を進める場合、まず問題になるのはその基体をなす絶縁基板である。現在マイクロモジュール用基板、ある

第2表 マイクロモジュール用絶縁基板材料の性質

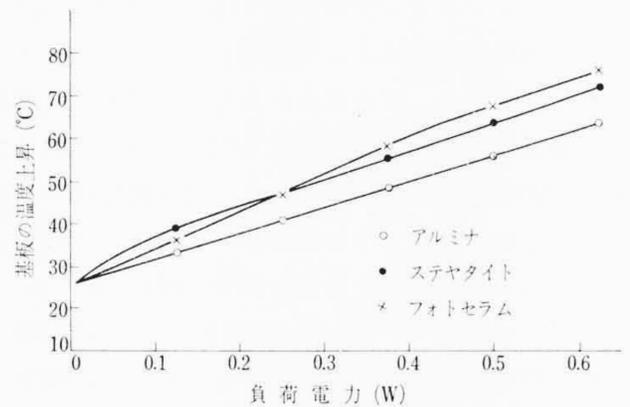
| 性 質 | 単 位 | ステヤタイト | フォルステライト | アルミナ | ベリリア | フォトセラム8603 (コーニング) | パイロセラム8605 (コーニング) |
|------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| 物理的性質 | | | | | | | |
| 比 重 | | 2.65~2.8 | 2.8~2.9 | 3.6~3.75 | 2.86 | 2.46 | 2.62 |
| 機械的性質 | | | | | | | |
| 引張強さ | 10 ³ psi | 10~15 | 10 | 25~35 | 14 | | |
| 曲げ強さ | 10 ³ psi | 20~22 | 20 | 45~60 | 35 | 20~25 | |
| 衝撃強さ | { (シャルピー) (in) (lb) | 4.6~5.9 | 4.0 | 6.1~7.6 | | | |
| 硬 度 | Mohs | 7.5 | 7.5 | 9.5 | 9 | | |
| 熱的性質 | | | | | | | |
| 熱膨張係数 | 10 ⁻⁶ | 7.8~10.4 | 9.9~10.6 | 6.8~8.0 | 7.7~8.4 | 10.4 | 1.4 |
| 軟化温度 | ℃ | 1,350 | 1,350 | 1,700 | | 900 | 1,350 |
| 連続安全使用温度 | ℃ | 980 | 980 | 1,600 | | | |
| 熱伝導度 | 10 ⁻³ cal/s cm ² ℃ | 6.5~8.3 | 6.7~9.0 | 40~60 | 120~400 | 5.6 | 10 |
| 耐熱衝撃性 | | 中程度 | 悪い | 良い | 良い | 悪い | |
| 電氣的性質 | | | | | | | |
| 表面比抵抗 | MΩ/sq | 10 ³ | | 10 ³ ~10 ⁴ | | 10~10 ² | |
| 体積固有抵抗 | MΩ-cm | 10 ⁹ ~10 ¹¹ | 10 ⁹ ~10 ¹¹ | 10 ⁹ ~10 ¹¹ | | 10 ⁹ | |
| 誘電率 (1Mc) | | 5.9~6.0 | 5.8 | 7.5~9.5 | 5.8 | 5.6 | 6.1 |
| 力率 (1Mc) | 10 ⁻⁴ | 8~35 | 4~10 | 6~30 | 10 | 62 | 17 |
| 損失係数 (1Mc) | 10 ⁻⁴ | 40~300 | 20~80 | 14~40 | 60 | 290 | 102 |
| 絶縁耐力 | V/mil | 250~350 | 200~300 | 250~400 | | >450 | |
| 化学的性質 | | | | | | | |
| 吸水率 | | 0.00~0.02 | 0.00~0.02 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 |

いは薄膜回路素子の基板として広く使用されているのはアルミナ磁器、ステヤタイトおよびガラスであるが、そのほかにベリリヤ磁器や結晶化ガラス（フォトセラムやパイロセラム）の使用も試みられている。第2表はこれらの基板材料の諸性質⁽⁵⁾を示すが、基板に要求される性質の重要度は、その上にのせる部品の種類、性状、あるいは回路ブロックの組立法などによってちがう。しかし一般には次のような特性が問題になる。すなわち

- (1) 表面の平滑性 (2) 熱伝導度 (3) 膨張係数
- (4) 電気伝導度 (5) 誘電率 (6) 機械的強度
- (7) 化学的耐性 (8) 価 格

まず表面の平滑性であるが、本特性は薄膜部品、ことに薄膜の多層化が必要であるコンデンサ部品や1枚の基板にたくさんの素子をならべておくような複合部品などにおいて重要である。たとえば真空蒸着を応用して抵抗を作る場合、その基板として表面が平滑でないものを使用すると蒸着抵抗値のバラツキが大きくなり、後工程での抵抗調整作業を実施しない限り、所望の抵抗値が得られないことになる。ニクロム蒸着抵抗についていえば10~1,000Ω/sqの範囲内での蒸着抵抗値のバラツキは表面が比較的平滑なガラスで(3~8)%, 表面があらいアルミナ磁器で(10~30)%の値が得られる。またガラスに比べて平滑度が劣る結晶化ガラスを用いてSiO₂真空蒸着薄膜コンデンサを作ると平滑なガラスに比べて蒸着薄膜にピンホールができ、絶縁破壊を起こしやすい。このような結果から薄膜部品用基板としてガラスのように平滑なものが適しているといえるが、ガラスは機械的強度や耐熱衝撃性が劣っているので、マイクロモジュール用部品基板としては必ずしも適していない。これに対して結晶化ガラスの一種であるパイロセラムは表面平滑性の点ではガラスに近く(表面研磨法の改良により、ガラスと大差がないほど平滑な表面を得ることができる)、薄板でも機械的強度や耐熱衝撃性がすぐれており、アルミナ磁器に近い特性をもっている。今後のマイクロモジュール用部品基板として非常に有用である。基板表面を平滑にするいま一つの方法は表面にSiO₂などの絶縁薄膜を作り、欠陥をカバーする方法である。たとえば5,000~10,000ÅのSiO₂膜を作ると良いといわれているが、これらの方法はパイロセラム基板にも応用できる。

次は熱的問題であるが、特に考慮を払う必要があるのは基板の膨張係数と熱伝導率である。基板の膨張係数が薄膜素子のそれとちがうと、その差に基づく物理的ストレスによって薄膜素子の特性(たとえば温度特性)が影響される。のみならず、はなはだしい場合に



第5図 ニクロム蒸着抵抗に対する負荷電力と抵抗基板の温度上昇の関係

は薄膜素子の破壊の原因となる。一方、基板の熱伝導率は抵抗素子にとって重要な特性である。第5図はアルミナ磁器、ステヤタイトおよびフォトセラム基板を用いたニクロム蒸着抵抗に対する負荷電力と基板の温度上昇の関係⁽⁶⁾を示すが、アルミナ磁器は他の基板材料に比べてすぐれていることがわかる。もちろん、アルミナ磁器よりはベリリヤ磁器のほうが熱伝導率の点ですぐれているが、ベリリヤ磁器は機械的に弱い欠点がある。また毒作用が強く、高価格なので特殊な場合以外は推奨できない。

そのほか、使用回路によっては基板の誘電率、化学的耐性などが問題になるが、これらを総合してみるとマイクロモジュール用基板としてはアルミナ磁器およびパイロセラムがすぐれているといえる。

3.2 セラミックコンデンサ

現用基板張付形セラミックコンデンサで所定の静電容量、温度特性などを満足させようとする、基板を含めたコンデンサ部品の厚さが0.50~1.50mmとなり、非常に大きい。これを解決する一つの方法は基板自体を誘電体で作った部品を使用することであるが、このような方法を採用しても従来品の約1/2程度にしか高さをへらすことができない。のみならず、このような基板形コンデンサでは端子間の漂遊容量が大きくなり(BaTiO₃基板の場合、隣接端子間で数pF以上となる)、高周波回路設計時には問題となる。結局、小形化を進めるためには薄膜コンデンサの実用化が必要である。参考までに各種薄膜コンデンサの特性を示すと第3表^{(7)~(13)}のようになる。このほか、真空蒸着法や静電塗装法などによるチタン酸バリウムフィルムコンデンサの試作研究^{(14)~(16)}も行なわれているが、いまだ実

第3表 薄膜コンデンサの特性

| 誘電体(注) | 薄膜形成法 | 静電容量(膜厚) ($\mu\text{F}/\text{cm}^2$) | $\tan \delta$ (%) | 絶縁抵抗 ($\text{M}\Omega$) | 最大破壊電圧 (V) | 温度係数 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) | 特 長 |
|--------------------------------|------------|---|----------------------|------------------------------------|---------------|---|--------------|
| $\text{SiO}_2^{(7)(8)}$ | 真空蒸着 | 0.01 ~ 0.001 (0.15 ~ 0.2 μ) | <0.1 | 10^3 | 200 ~ 600 | 100 | ピンホールがしやすい |
| $\text{SiO}_2^{(7)(9)}$ | 真空蒸着または熱分解 | 0.001 ~ 0.002 (1 ~ 2 μ) | <0.04 | $3 \times 10^3 \sim 5 \times 10^4$ | 200 ~ 600 | -100 | 耐圧特性良好 |
| $\text{Si}_2\text{O}_3^{(10)}$ | 真空蒸着 | 0.001 (2 ~ 3 μ) | <0.05 | | | 50 | ピンホールが少ない |
| $\text{MgF}_2^{(11)}$ | 真空蒸着 | 0.003 (1 μ) | | | | | 膜にき裂がはりやすい |
| $\text{TiO}_2^{(12)}$ | 熱分解 | 0.005 ~ 0.01 (10 ~ 20 μ) | 0.3 ~ 1.0 | | 500 ~ 1,000 | -700 | 特性は一般品と同等 |
| $\text{Si}_3\text{N}_4^{(13)}$ | 熱分解 | 0.001 (10 μ) | 0.01 | 4×10^5 | 400 | 20 | 600°C まで使用可能 |

注： 参考文献のNo.をあらわす。

用段階にはっていない。いずれにしても、このような薄膜部品は環境条件に対する安定性が問題であり、適切な保護が必要である。また製作者側からみても薄膜部品の生産性、特性の再現性が問題であり、真空蒸着法においても高精度のマスキング技術や蒸発源と膜厚の制御技術など解決すべき問題が多い。

3.3 タンタルコンデンサ

タンタルコンデンサもセラミックコンデンサと同様に、基板を含めた部品の高さが問題である。その高さは現在 $140 \mu\text{F}\cdot\text{WV}$ で約 2.4 mm である。容量が小さくてもよい場合には $30 \mu\text{F}\cdot\text{WV}$ で約 1.4 mm にすることはできるが、さらに小形化を進めるためには蒸着形のタンタルプリントコンデンサ⁽¹⁷⁾の使用が有効である。これはスパッタ、または真空蒸着によって基板上につけたタンタル薄膜を陽極酸化し、その上に金、アルミニウムなどを蒸着して陰極としたコンデンサであるが、その静電容量は $0.01 \sim 2 \mu\text{F}$ 、 $\tan \delta$ 1% 以下(室温, 1kc)、使用電圧 6~35 V であり、周波数特性や温度特性がすぐれている。なお、このようなプリントコンデンサを用いると複合化も容易である。第6図にその例を示す。図の(a)は一方の電極を共通にしたフィルタ用コンデンサを、(b)は一方の電極を共通にしておき、他方の電極を酸化して抵抗をもたせた形の積分回路を示す。さらにタンタルをスパッタして抵抗、コンデンサ、導体のインテグレート回路も作ることができる⁽¹⁸⁾。のみならずタンタル薄膜能動素子の実現の可能性もあり、タンタル薄膜超小形化方式は今後の発展が期待される。

3.4 インダクタ

インダクタの小形化はコンデンサや抵抗とちがって本質的な問題があり、飛躍的発展はかなり困難である。今後はむしろ磁気現象以外の物理現象を利用して従来のインダクタの置き換えをはかり、小

形化を進めてゆくようになると思われる。たとえば水晶フィルタ、セラミックフィルタ、磁気ひずみフィルタなどがそれであるが、これらはいずれも小形化困難なインダクタの作用を機械的振動系で置換したものである。そのほか、半導体インダクタンスダイオードなどが報告⁽¹⁹⁾されているが、マイクロエレクトロニクスの進歩とともにこのようなインダクタの問題もほかに解決されてゆくであろう。

4. マイクロモジュール応用面上の諸問題

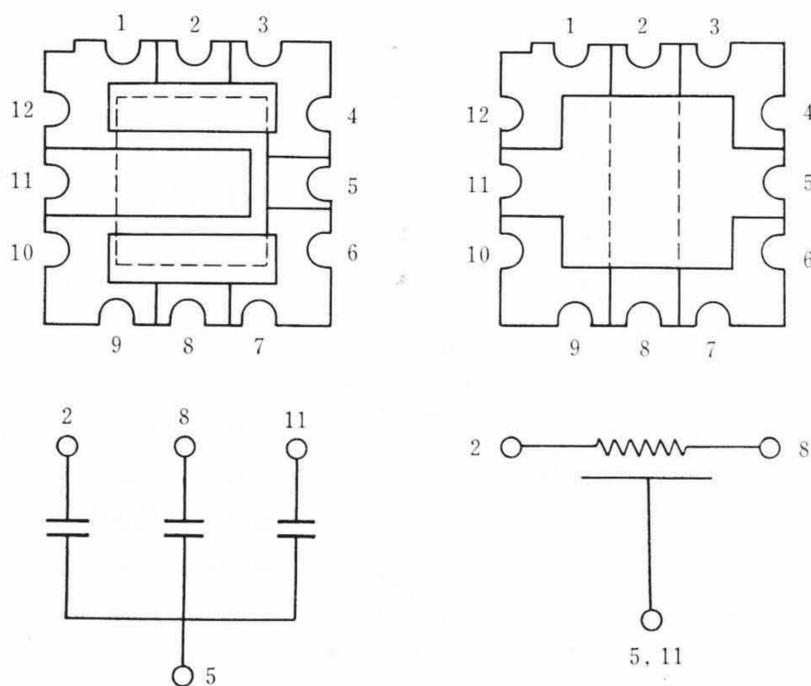
マイクロモジュール応用面上の問題はいろいろあるが、一般に小形化にともなって問題になるのは部品の密集やモールド用樹脂などによる漂遊容量の増加と帰還量の増大である。漂遊容量の増加は遅延時間数 ns を目標とする高速計算機回路や広帯域増幅器などで問題となり、帰還量の増加は高周波増幅器で問題になる。このうち、後者は定量的に予測することが困難であるが、経験的に解決してゆくことができる。これに対して前者の問題はある程度本質的なものであり、対策も厄介である。しかしマイクロモジュール方式が他の超小形化方式に比べて漂遊容量が小さい回路を構成し得る構造を有しているという利点を考えれば、この面の検討を行なうことによってマイクロモジュールの特長を生かした応用面の開拓が期待できる。この点で問題になるのはマイクロモジュールブロックを構成する部品材料の誘電率および部品配置であるが、とりわけ基板およびモールド用樹脂の漂遊容量に及ぼす影響が問題である。以下これらについて二、三の結果を述べる。

4.1 基 板

マイクロモジュール用基板として普通使われているのはアルミナ磁器であるが、その誘電率はガラスなどに比べてかなり大きい(第2表参照)。このアルミナ基板の隣接端子間の静電容量は約 0.1 pF、コーナをはさんだ端子間でも約 0.09 pF である。したがって実際には1ブロックあたり約 1 pF くらいの静電容量が付加されることを考慮しておかなければならない。このような基板の影響を小さくするためにはガラス、特にパイロセラムなどの結晶性ガラスの使用が有効である。

4.2 モールド用樹脂

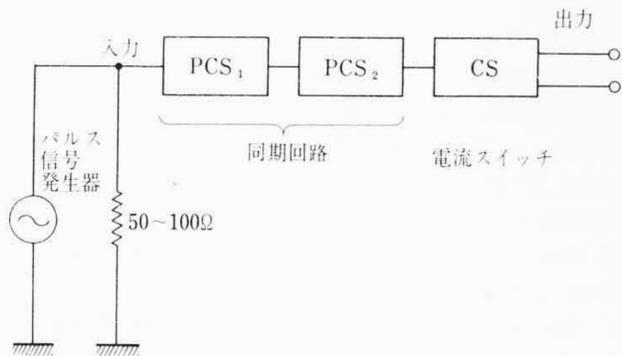
マイクロモジュールブロックに用いるエポキシ樹脂の誘電率は約 4 であり、かなり大きい。したがってこの樹脂でブロックをモールドすると漂遊容量も誘電率に相当するだけ大きくなる。このような漂遊容量の増加を少なくするためには、あらかじめ収縮性のチューブでブロックを被覆するなどしてモールド用樹脂がブロック内部にまで浸透しないようにしたほうがよいが、このような注意を払っても樹脂の影響を無視できない場合がある。一例として高速計算機用電流スイッチ形基本回路ブロックについての実験結果⁽²⁰⁾を示すと第7図および第8図のようになる。第8図は第7図のような構成による電流スイッチ形波形成回路で求めた信号レベルシフト電圧 V_m と出力の遅延時間 td の関係を示すが、図のA曲線は従来の部品で構成したプリント基板によるパッケージ、 MM_1 曲線はモールドしたマイクロモジュールブロック、 MM_2 曲線はモールドしないマイクロモジュールブロックを示す。また図において波形振幅の中心



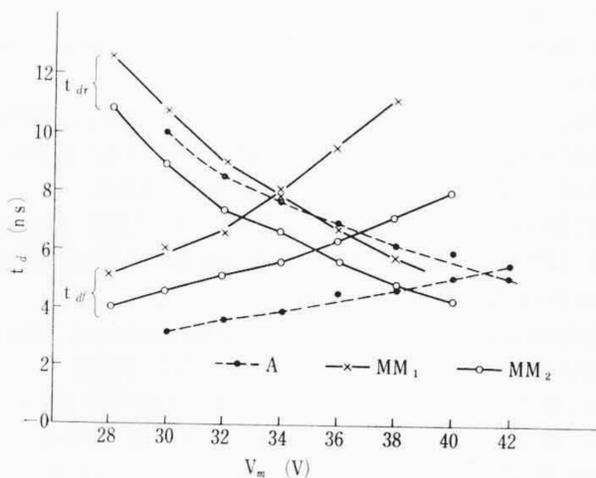
(a) フィルタ用コンデンサの複合化の一例

(b) 分布定数形積分回路の一例

第6図 プリントタンタルコンデンサを応用した複合部品モジュール



第7図 電流スイッチ波形成回路ブロックダイアグラム



第8図 従来部品で構成した電流スイッチ波形成回路とマイクロモジュール方式によるそれとの遅延時間の比較

における立ち上がり部分の遅延時間を t_{dr} 、立ち下がり部分のそれを t_{df} として示す。両曲線の交点における t_d の値を t_{dk} とし、モールドした場合、しない場合および普通のパッケージの場合の t_{dk} を求めると、それぞれ 7.9, 6.0 ns および 5.3 ns の値が得られる。この結果ではモールドによる遅延時間の増加は約 2 ns であるが、この程度の値でも計算機の高速度化にとって致命的であり、小形化の効果を相殺するものである。この対策としては回路の検討のほかには基板材料やモールド材料、あるいはモールド方法などの検討も必要である。

4.3 回路の標準化

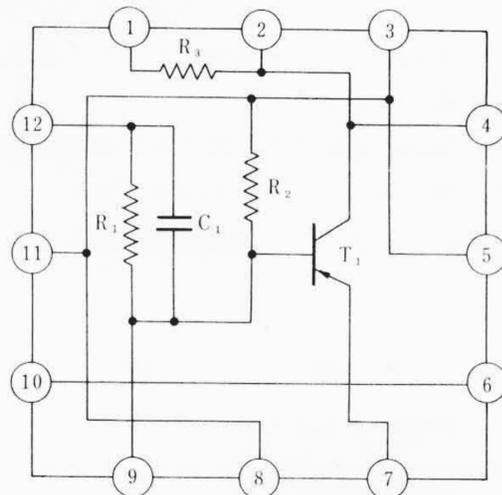
回路をマイクロモジュール化する場合、通常、回路の分割を行なう。この際、1個のブロックが一つの回路機能を持ち、お互いは容易に組み合わせることができるようなユニットに分割することが望ましい。それが回路ブロックの標準化であり、これがうまく行なわれないとマイクロモジュールを安価に大量生産することが困難である。このような考えのもとで考案された単位回路の例を示すと第9図のようになるが、この回路と他の簡単な回路を組み合わせると第10~12図のような論理回路を構成することができる。

そのほかに応用上の問題として高周波増幅器の多段接続の問題⁽²¹⁾、ブロック実装上の問題、付属部品の問題などが考えられるが、これらもマイクロモジュールの実用化の進展とともに今後大きくクローズアップされ、しだいに解決がはかられてゆくであろう。

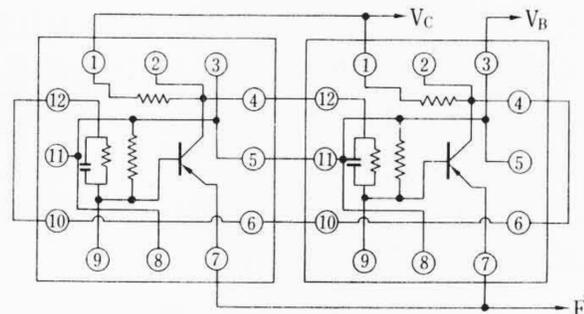
5. そのほかの諸問題

5.1 信頼度

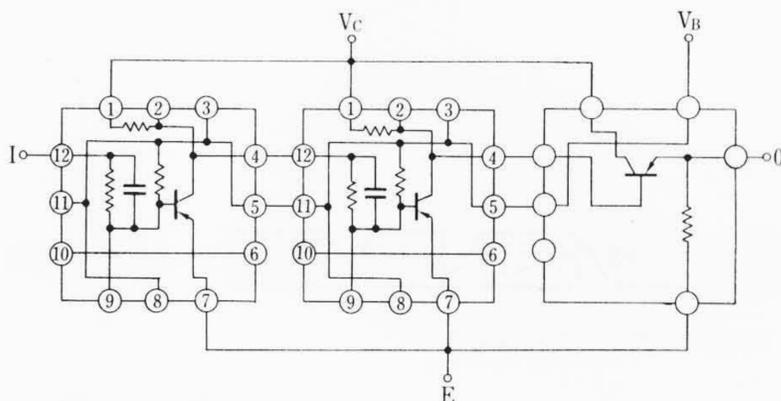
マイクロモジュールの信頼度試験は RCA 社とアメリカ軍の協力で広範囲に行なわれており、そのデータもたえず更新されている。今までに発表されたデータの一例をあげると、マイクロパックコンピュータモジュールの 1,000 時間当たりの故障率は 1.9×10^{-4} 、ヘルメット無線機 AN/PRC-51 のそれは 3.3×10^{-4} と報告⁽²²⁾されている。さらにこのような結果からはんだによる接続箇所の故障率を求



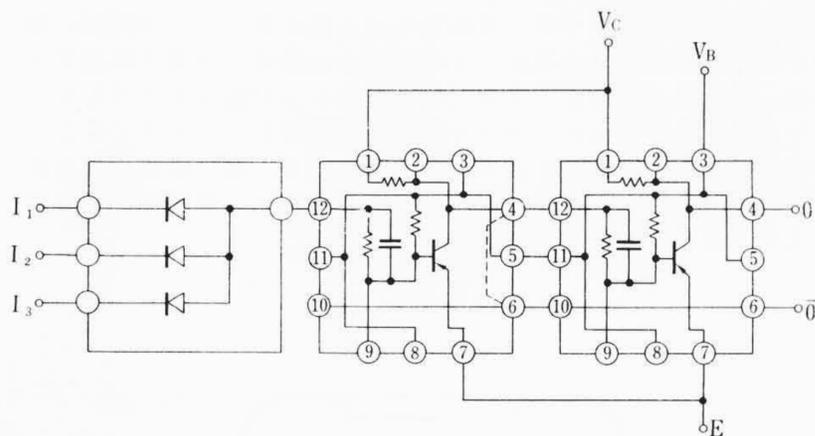
第9図 単位回路



第10図 フリップフロップ回路



第11図 バッファ回路



第12図 3入力OR回路

めると 1,000 時間当たり 3.8×10^{-6} となり、部品に比べて 1 けた以上低い値が得られる。これらの結果は一応満足な値であるが、今後、マイクロモジュールの応用が広汎になればなるほど、信頼性に対する評価が大事になってくるであろう。

5.2 価格

わが国のように超小形化の対象として民生用機器を重視しなければならないところでは価格の問題は非常に重要である。一般に部品の超小形化を進めることによって、価格に占める材料費の比重が小さくなるとともに、加工費の比重が大きくなる。したがって価格の低減のかぎをにぎるものは加工費の低減策、換言すれば量産方式の

確立にあるといえる。ここで自動生産方式の見当がきつ々あるマイクロモジュール方式がたいへん有望になってくるが、今後の最大の課題もここにあるといえよう。

以上のほかに、部品の接続方法、端子などの諸問題もあるが、これらが因となり、果となって、今後のマイクロモジュールを進展させ、その過程において前述の諸問題の解決がはかられてゆくであろう。

6. 結 言

前述の諸論から推察できるように、マイクロモジュールは他の超小形化方式と相補的關係を保ちながら発展してゆき、その過程で薄膜回路や固体回路の諸技術を取り入れてゆくと考えられる。したがって以上の数章において論じた現行マイクロモジュールの今後の課題も、このようなすう勢の中で基本概念が生かされながら変形され、解決されてゆくであろう。マイクロモジュールを担当するわれわれの努力もこの線にそって進められている訳であるが、今後おおかたのご批判とご指導を得てマイクロモジュールの広汎な実用化を図りたいと願っている次第である。

終わりに、貴重な資料を提供していただいた日立製作所中央研究所西村孟郎氏に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

(1) T. J. Tsevdos ほか: Symposium of the AIEE Electronics Division (May, 15-17, 1961)

(2) D. Christiansen: Electronic Design, 10, 4 (Apr. 1962)
(3) 特許公報: 昭38-14976 (昭38-8)
(4) R. A. Gerhold, D. S. Elders: Electronics, 78 (May. 1963)
(5) T. D. Schlabach, D. K. Rider: Printed and Integrated Circuitry p.390 (1963, Mc Graw-Hill)
(6) Formal Engineering Report on Micromodule Production Program p.371-1, p.3-5 (Mar. 1958)
(7) E. F. Horsey: Microminiaturization of Electronic Assemblies (1958, Hoyden Book)
(8) R. F. Hoeckelman, C. W. Hoornstra, M. Yang: Micronic Capacitor P. B. Report P. B. 131433
(9) 桜井: 電気学会回路部品専門委員会資料 (1961)
(10) 奥田, 松永, 岡本: 電気通信学会大会予稿 No.122 (1961)
(11) 小林: 電気学会回路部品専門委員会資料 (1961)
(12) 桜井: 電子工業 10 (1961)
(13) C. R. Barns, C. R. Geesner: J. Electrochem. Soc., 107 (1960)
(14) C. Feldman: Rev. Sci. Inst., 26, 463 (May. 1955)
(15) C. Feldman: J. App. Phys., 27, 870 (Aug. 1956)
(16) A. Moll: Z. Angew. Phys., 10, 410 (1958)
(17) R. W. Berry, D. J. Sloan: I. R. E., 47, 1070 (June. 1959)
(18) Staff (Philco): Electronics Reliability and Microminiaturization, 2, 99 (Aug. 1963)
(19) J. Nishizawa, Y. Watanabe: International Solid State Circuit Conference Digest p.84 (Feb. 1960)
(20) 西村, 酒井: 電気4学会連大予稿 1330 (昭39-4)
(21) 河合, 関口: 電気通信学会全国大会予稿 S6-3 (昭38-11)
(22) Micro-Module Production Program (19th Quarterly Report), P. B. Report No. AD-402739 (1963)



新 案 の 紹 介



実用新案第574866号

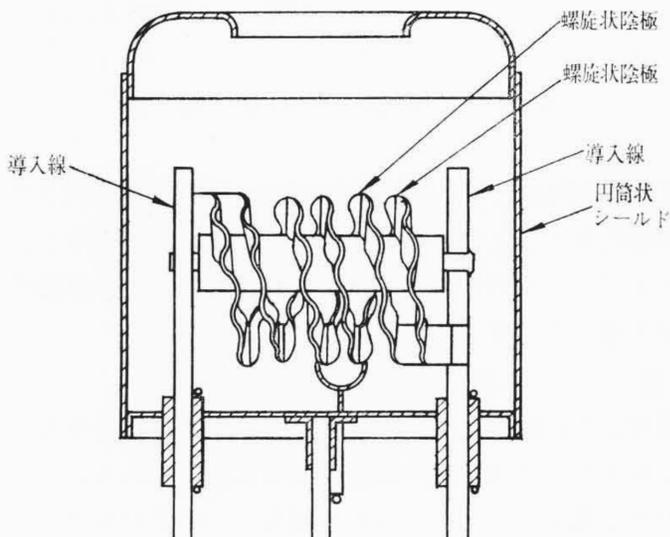
小島秀雄・高山八康

放 電 管 陰 極

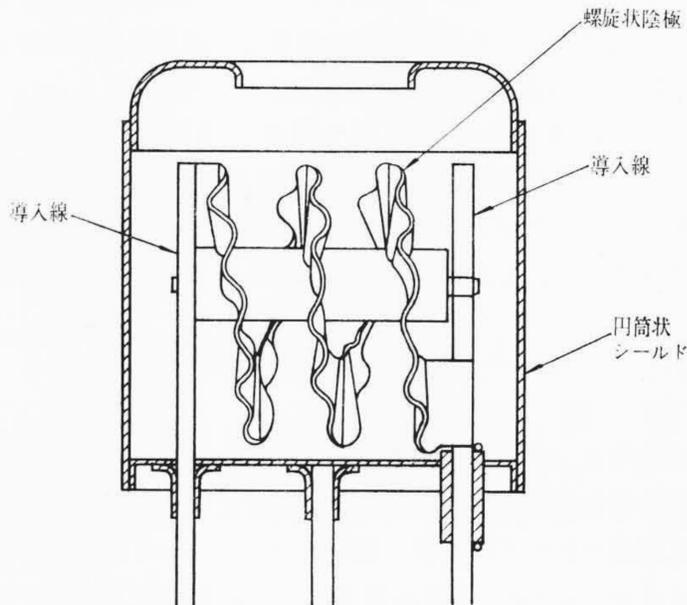
従来の放電管陰極は第1図に示すように、1個のリボン状の金属条または網にひだをつけ、これをらせん状に巻いてこの表面に酸化物を塗布したものであるが、この構造を大容量の放電管に適用する場合、加熱電力を大きくするためにはリボンの幅を大きくしなければならない。ところがリボンの幅をある程度以上に大きくすると、第一にらせん状に整形することが困難となり、第二に表面に塗布した酸化物がはく離しやすくなり、第三に寸法的に陰極部が必要以上に大きくなるなどの欠陥が生じる。

この考案は、前述のような欠陥を取り除くことのできる改良された放電管陰極に関するもので、第2図に示すように複数個のらせん状陰極を、おのおのの同一電位の山が互いに隣り合うように同一軸上に配置し、これを電氣的に並列に接続したものである。

この考案によれば、比較的加熱電力の大きい場合に用いると陰極の整形が容易で酸化物被覆のはく離が起りにくく、かつ陰極の寸法を小さくすることができるなどの特長がある。



第1図



第2図