

薄膜抵抗層付き銅張積層板

..... 《オメガプライ®》



株式会社 オサダコーポレーション

www.osadacorp.co.jp

目次

オメガプライ平面抵抗技術(PRT)	1
オメガプライ抵抗体の利点	2
PRTの応用	4
オメガプライ [®]	5
製造工程	7
材料の種類、表示方法	8
抵抗体の設計	9
抵抗体パターン	11
オメガプライ抵抗値の分布状態	13
設計パラメーター	15
抵抗体のレイアウト	16
動作温度、電力密度と抵抗体の安定性	17
試 験	20
抵抗値の公差はどのように重要なのか	22
オメガプライ信頼性	23
文 献	28
オメガプライ要約	29

オメガプライ平面抵抗体技術(PRT)

- 薄膜抵抗材料
- 基板加工は標準のサブトラクティブ法
- 抵抗体は表面又は内層板に形成
- 27年にわたる成熟した技術
- 現場で実証済みの優れた信頼性
- 高速、高密度回路設計で、性能向上とコスト削減に効果的な抵抗体技術

オメガプライ抵抗体の利点

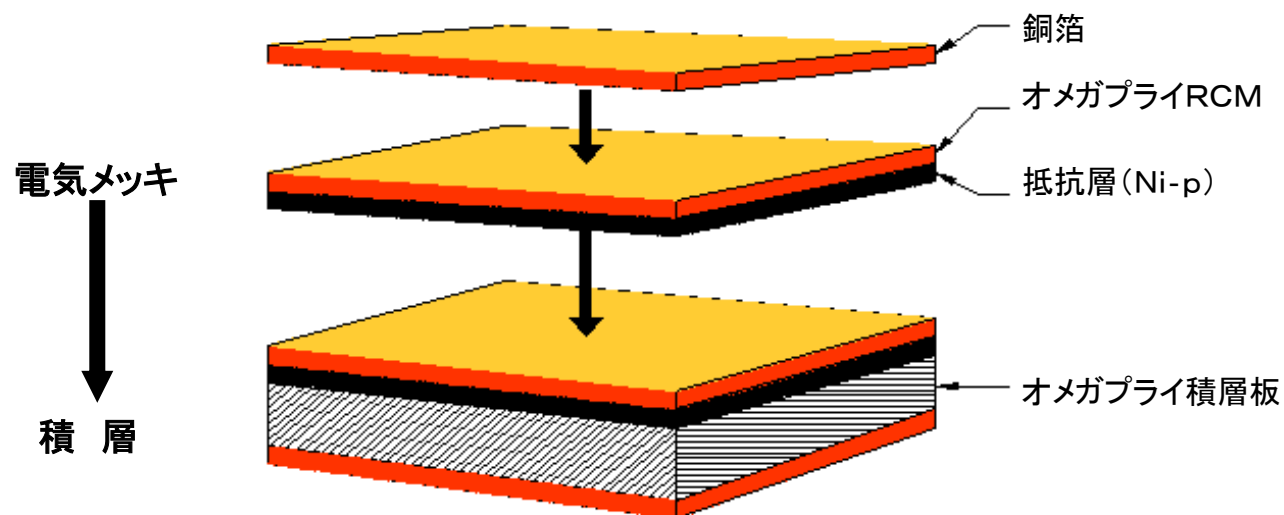
- 高速バスに対する利点
 1. ラインインピーダンスの整合の改善
 2. 信号パスの短縮と直列インダクタンスの減少
 3. SMTデバイスから誘導リアクタンスが除去される
 4. クロストーク、ノイズ、EMIの減少
- SMT抵抗体からの置き換えに関連する利点
 1. 能動素子の密度増加と形状ファクターの減少
 2. ビアが無くなる事による配線引廻し性の改善
 3. はんだ接続点が無くなる事による信頼性の改善

- 集積抵抗体の安定性に関連する利点
 1. 低RTC50PPM対100~300PPM
 2. 寿命試験、110°C、10,000時間で+2%
 3. 20GHZを越える周波数範囲で安定
- 集積抵抗体のインピーダンスは抵抗体の形状(線幅と長さ)の簡単な調整でラインインピーダンスと正確に整合がとれる
- 実証済みの技術

P R T の 応 用

- メインフレーム
- サーバー
- ワークステーション
- SONETマルチプレクサー
- 基地局の交換装置
- グローバル通信（イリジウム、グローバルスター、テレデシック、スカイブリッジ）

オメガプライ®



- オメガプライ®は極薄抵抗層(ニッケル／リン合金)を銅箔上に電気メッキ法により形成した導体／抵抗体金属箔(オメガプライRCM)を絶縁材料に積層成形したもので、サブトラクティブ法により平面状の抵抗体と導体回路を同時に形成するプリント回路用基板材料である。

抵抗層が非常に薄い(0.1 から 0.4 μ m)ので、ボードの厚さを増加させずに、内層板に抵抗体を内蔵することが出来る。また、個別抵抗体のように基板表面に形成することも出来る。

シート抵抗 (Ω / \square)	抵抗層の厚さ (μ m)
25	0.40
50	0.20
100	0.10
250	0.05

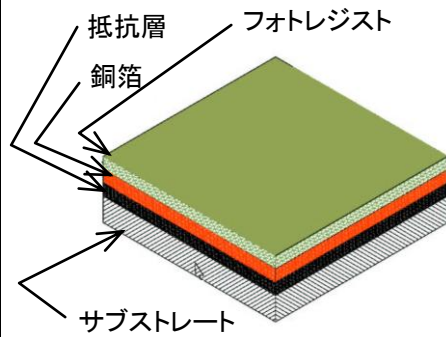
抵抗層 の 断面図

抵抗層 の 拡大断面図

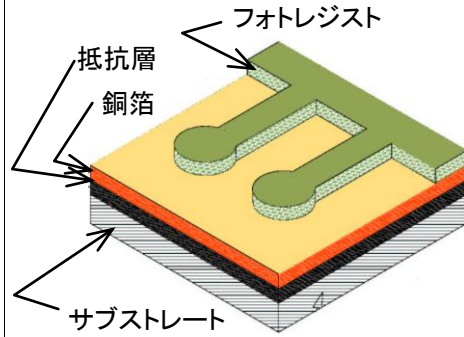


製造工程

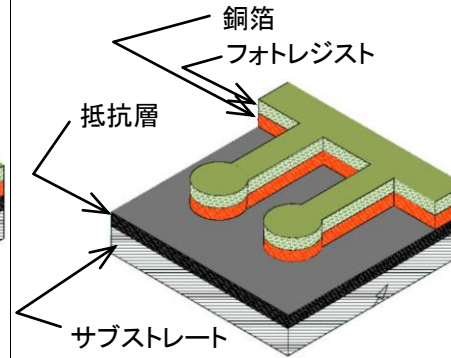
●ステップ1:レジスト塗布



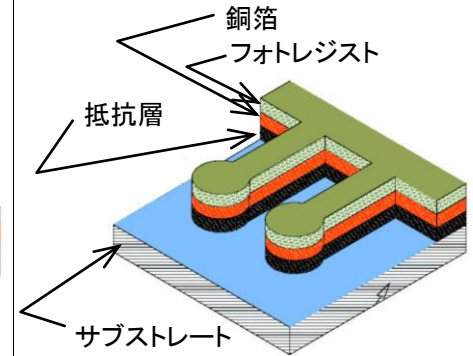
●ステップ2:印刷1,現像



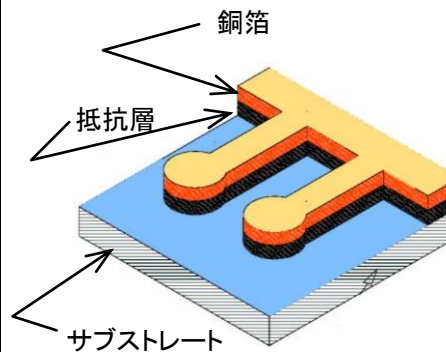
●ステップ3:エッチング1



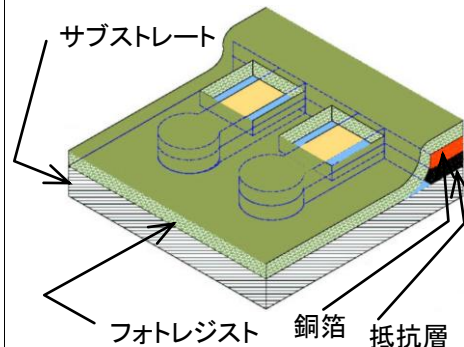
●ステップ4:エッチング2



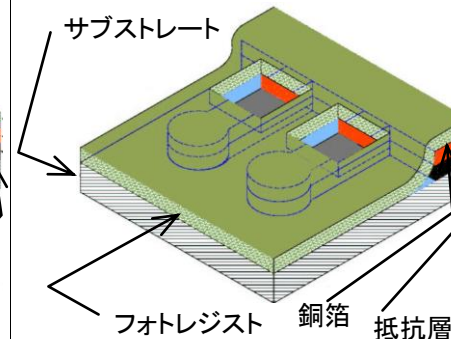
●ステップ5:レジスト剥離



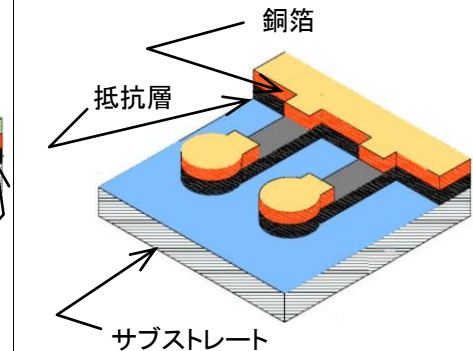
●ステップ6:レジスト塗布
印刷2,現像



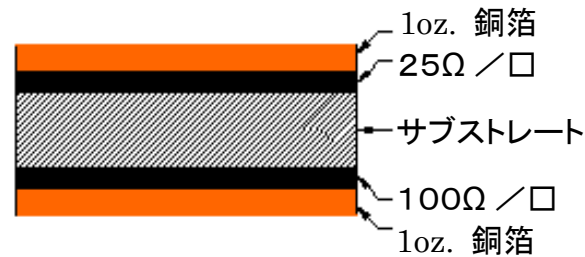
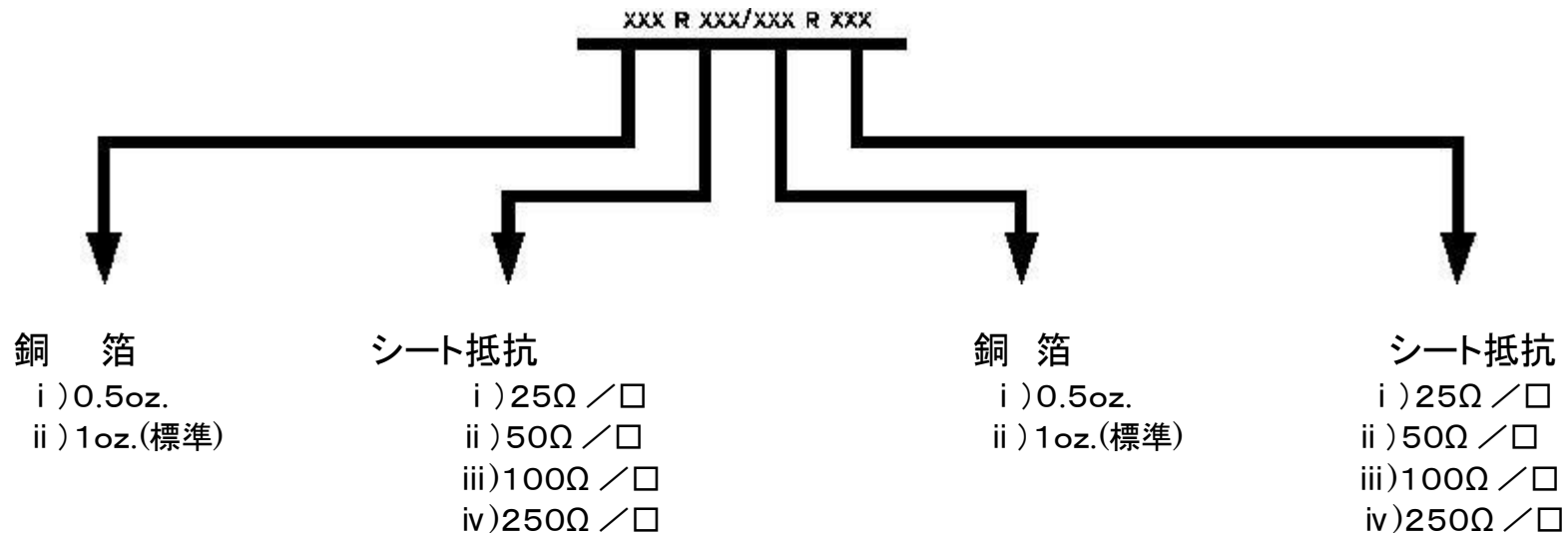
●ステップ7:エッチング3



●ステップ8:レジスト剥離



材料の種類、表示方法



1R25/1A100

● **抵抗材料**

- 25Ω / □
- 50Ω / □
- 100Ω / □
- 250Ω / □

● **サブストレート**

- エポキシガラス(ニ官能、三官能、多官能)
- ポリイミド ● シアネートエステル
- BT ● メタルコア
- PTFE ● フレキシブル ● その他

抵抗体の設計(I)

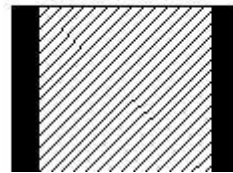
シート抵抗 25Ω / □の場合

L = 抵抗素子の長さ、W = 抵抗素子の幅

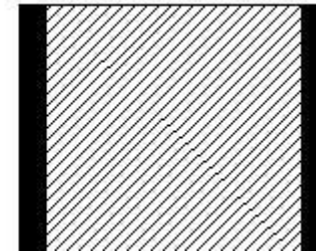
$L_3 > L_2 > L_1$



$L_1 = W_1$
 $N_1 = 1$
 $R_1 = 25 \text{ Ohms}$



$L_2 = W_2$
 $N_2 = 1$
 $R_2 = 25 \text{ Ohms}$



$L_3 = W_3$
 $N_3 = 1$
 $R_3 = 25 \text{ Ohms}$



$L = 2W$
 $N = 2$
 $R_1 = 50 \text{ Ohms}$

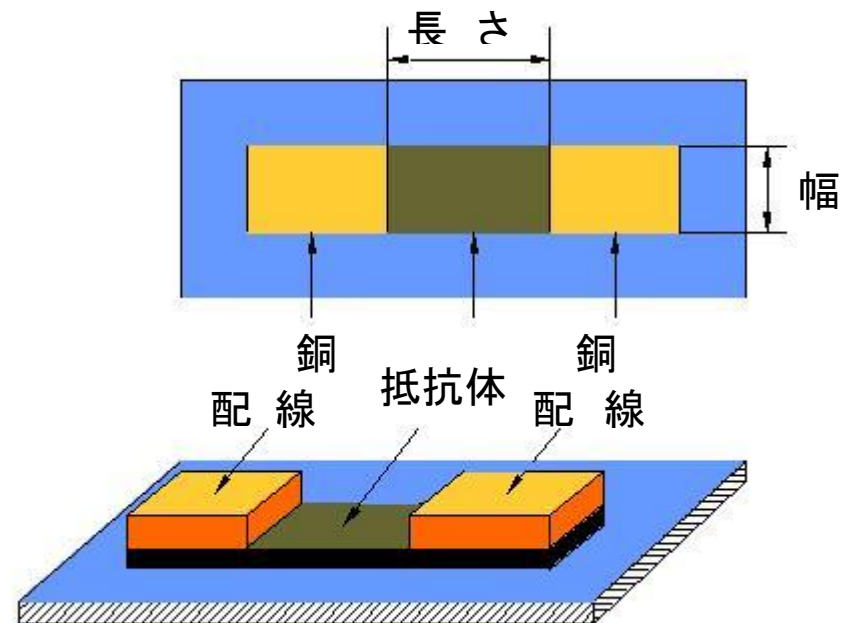


$L = 3W$
 $N = 3$
 $R_2 = 75 \text{ Ohms}$



$L = 7W$
 $N = 7$
 $R_3 = 175 \text{ Ohms}$

抵抗体の設計(Ⅱ)



$R = R_s \times L / W$, ここに

R = 抵抗値(Ω)

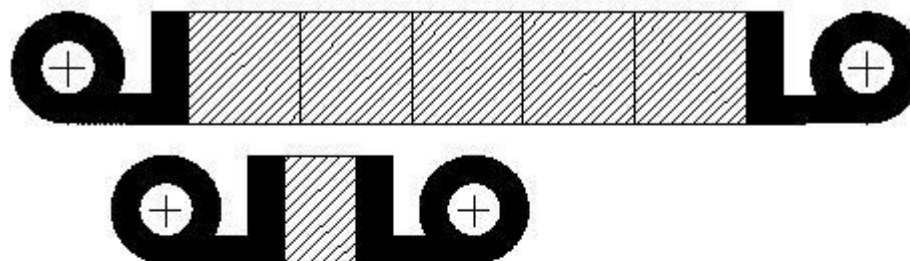
R_s = シート抵抗(Ω / \square)

L = 抵抗体の長さ、 W = 抵抗体の幅

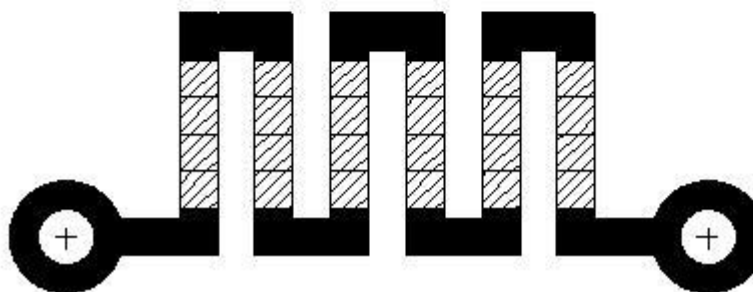
抵抗体パターン(I)

- 棒 状

- 複数の正方形からなる場合 ($N > 1$)
- 不完全正方形 ($N < 1$)



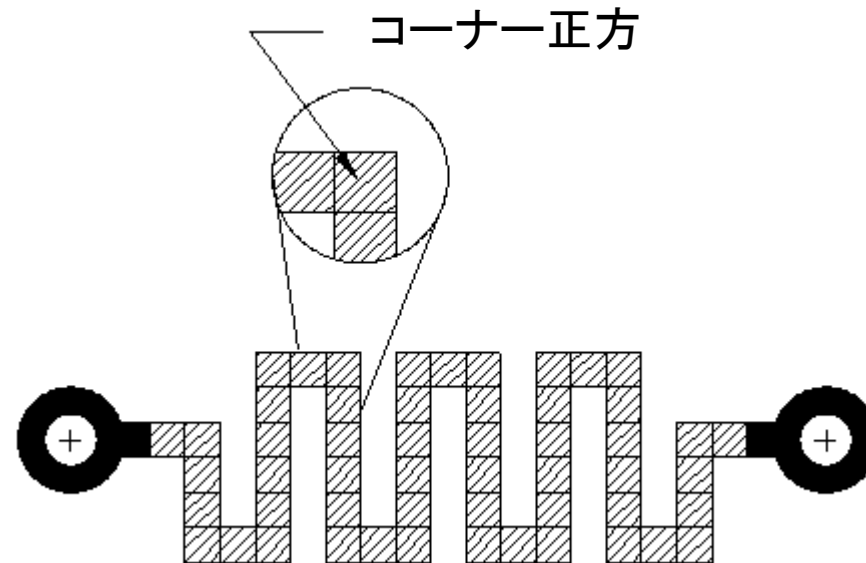
- 棒状パターンの短絡



シート抵抗 100Ω / □の場合
正方形の数 = 24
有効正方形の総数 = 24
抵抗値 = $24 \times 100 = 2.4 \text{ K}\Omega$

抵抗体パターン(Ⅱ)

- 曲折状パターン
- コーナー部の正方 = 0.559 正方



シート抵抗 100Ω / 口の場合

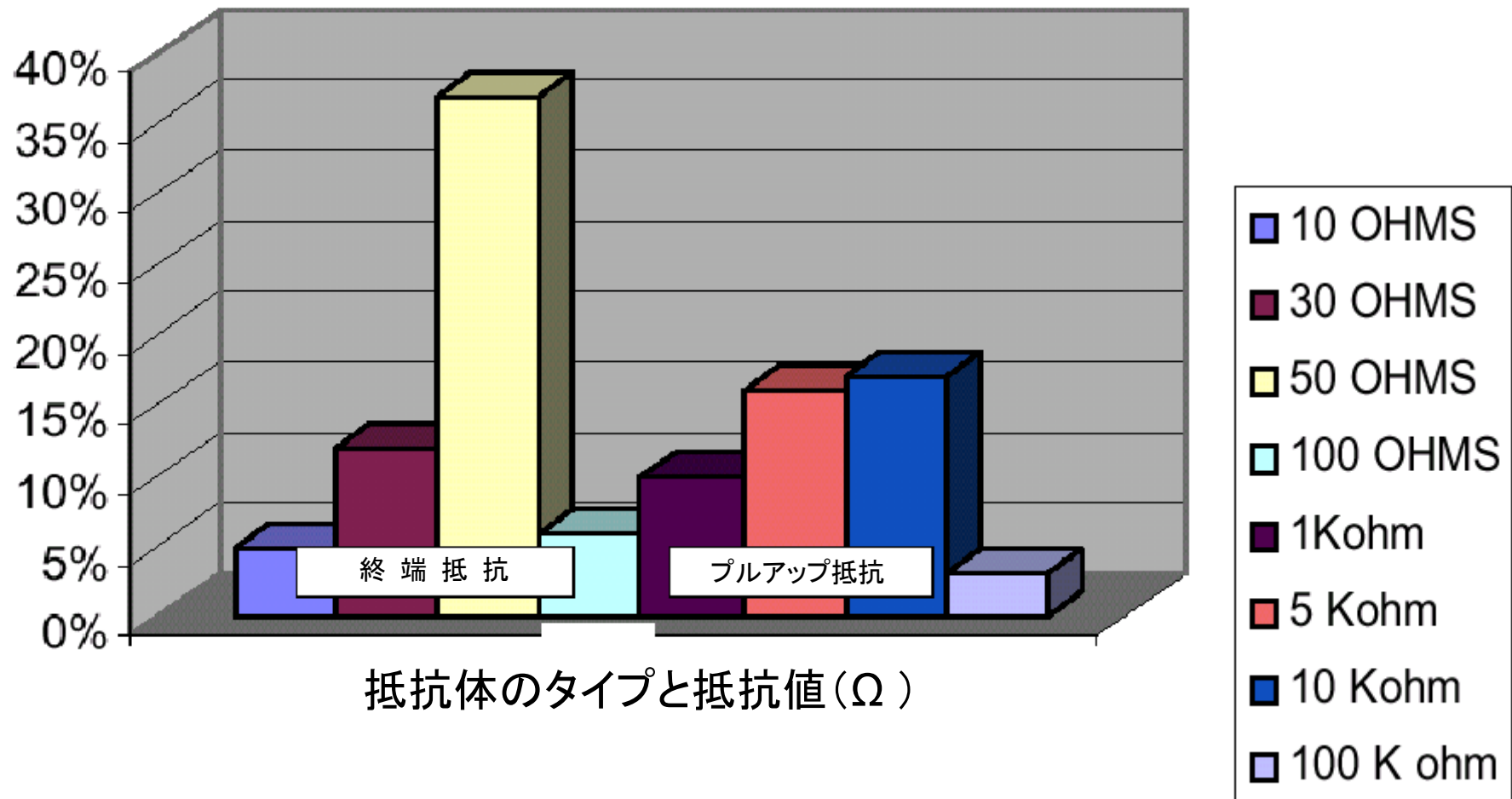
正方の数= 37

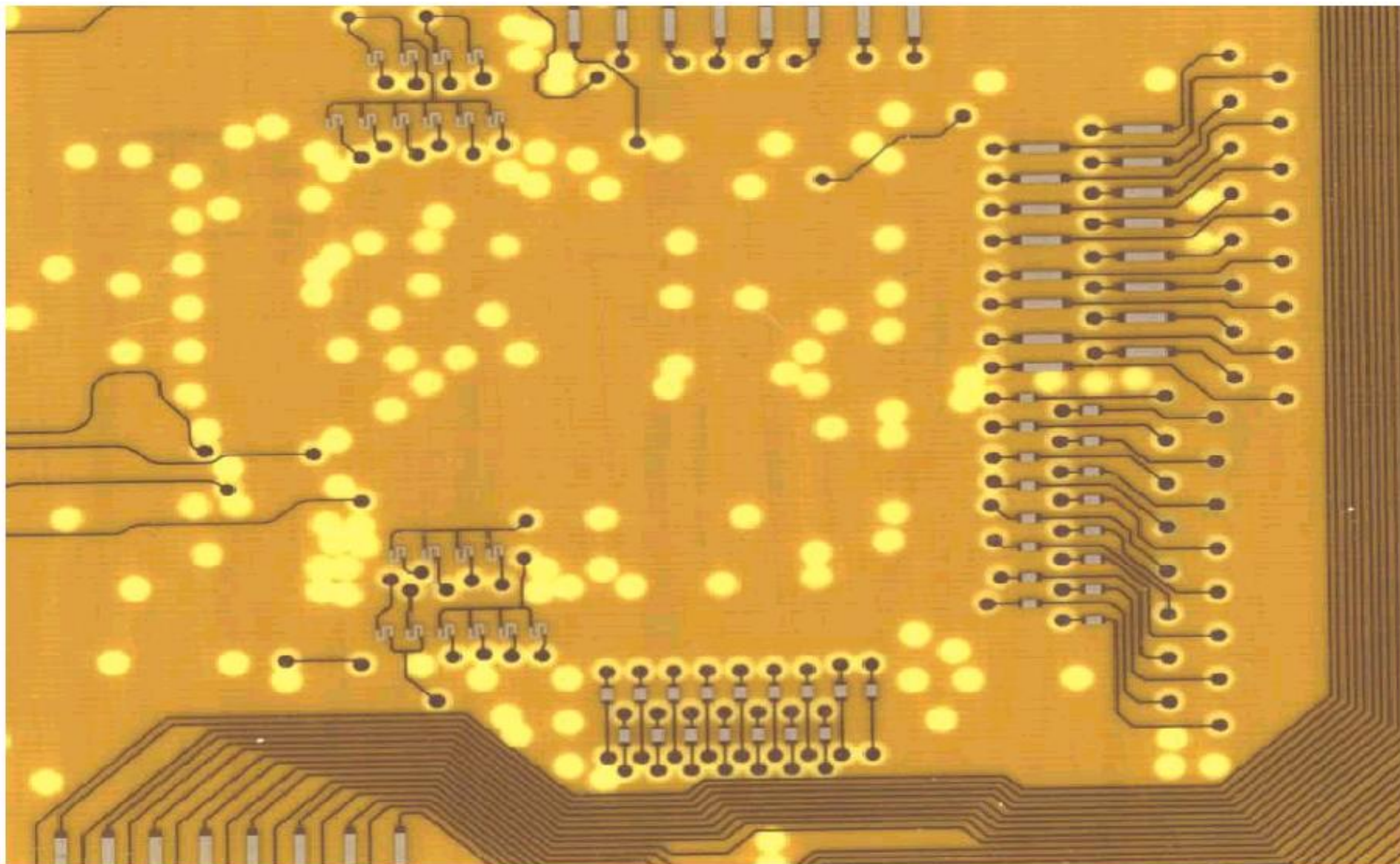
コーナーの正方形 = 16

有効正方の数= $37 + (16 \times 0.559) = 45.9 \doteq 46$

抵抗値= $46 \times 100 = 4.6 \text{ K}\Omega$

オメガプライ抵抗値の分布状態





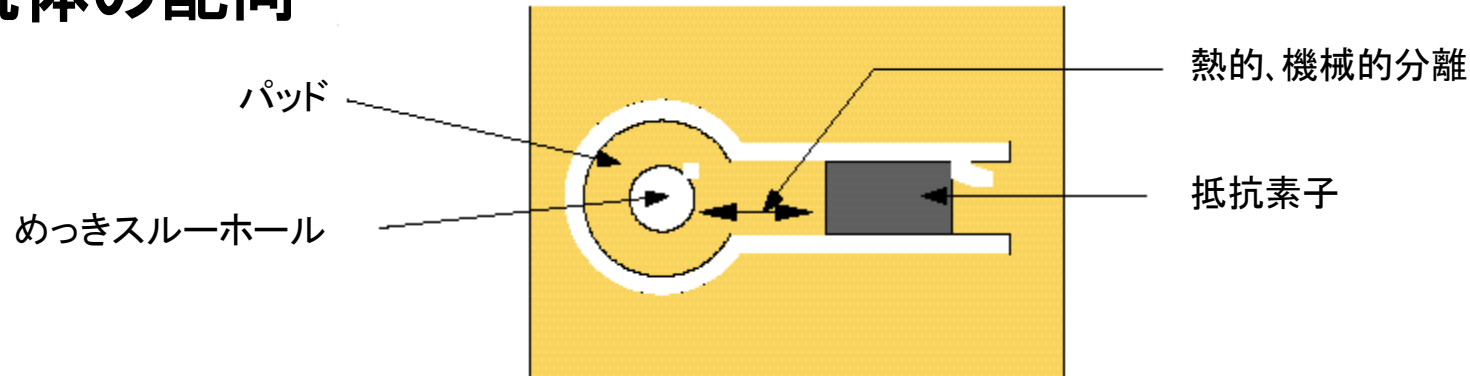
1層当り複数の抵抗値が形成されている例
(シート抵抗: $25\Omega/\square$ 、抵抗値: 50Ω 、 150Ω 、 300Ω)

設計パラメーター

- 抵抗体フィルムは積層板の一部であるので、サブストレートの物理的、熱的特性が主な考慮の対象になる
- 抵抗体フィルムの熱分散は次の各因子に依存する
 - 抵抗体のサイズ（面積）
 - 回路の厚さと材料の種類
 - 回路の配置（銅箔の有無）
 - 周囲温度
 - サブストレートの熱伝導性
 - 付加的な冷却システム（空冷、ヒートシンク、その他）

抵抗体のレイアウト

● 抵抗体の配向



- シート抵抗は抵抗体素子の配向によって僅かに変化する。抵抗体の精度は同一方向にすべての抵抗素子の軸をそろえるか積層板の端面に対して45°の角度にする事によって改善する事ができる。

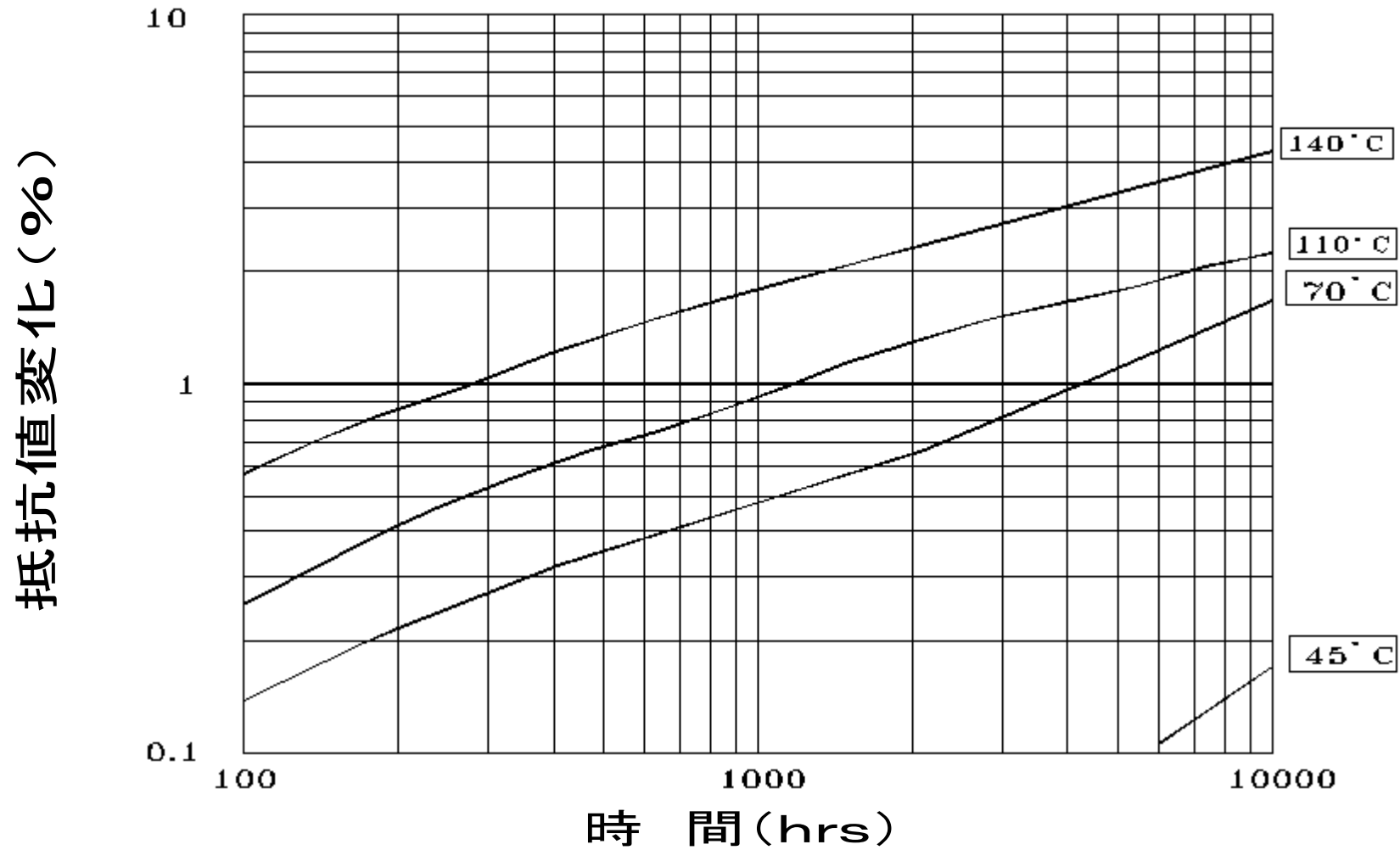
● 幅を一定にして長さを変える

- 抵抗値の公差はエッチングの精度に依存し、これが抵抗体素子の長さや幅を定義づけます。幅は、固定するか出来るだけ同じにし、必要な抵抗値は長さを適当に調節して得るようにすれば抵抗値精度を改善する事ができる。

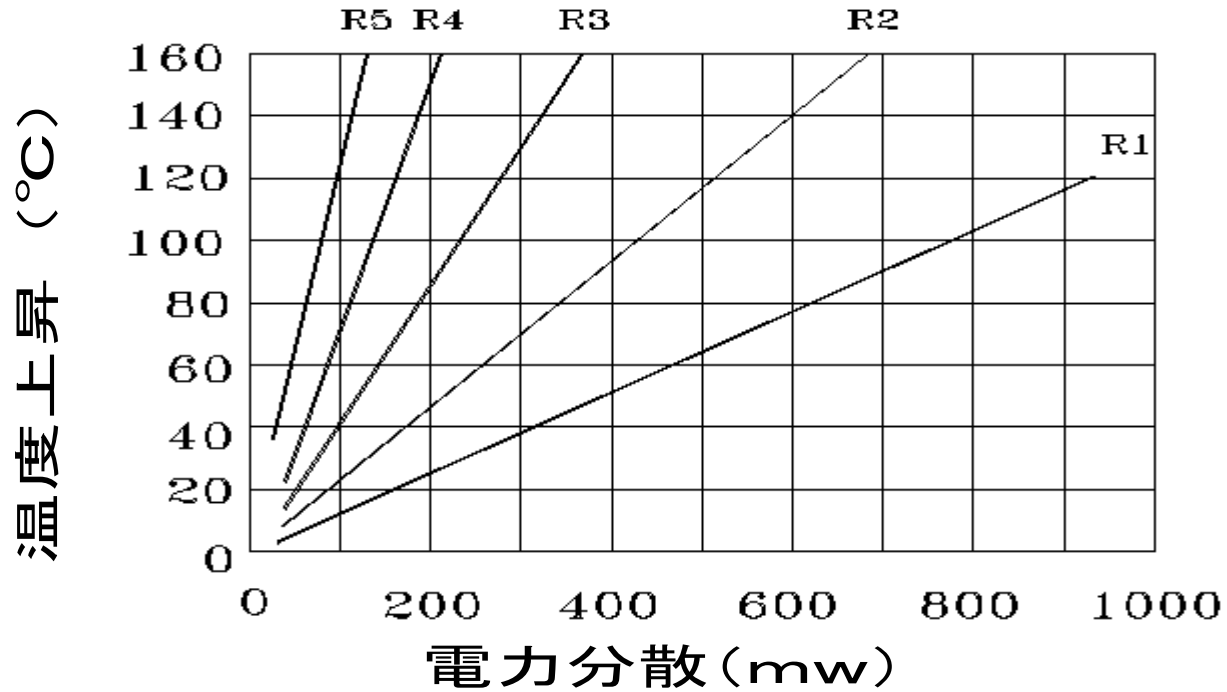
● 熱的又は機械的な分離

- 分離の主な目的は熱の流れを減らすこと、穴加工、はんだ付け、リフロー、ホットエアレベリングなどの工程中でのめっきスルービアや表面実装パッドからの応力を減らすことにある。これはまた、例えばコンプライアントピンの挿入など直接に銅と抵抗体素子の接合点で発生する機械的な応力を最小にする。めっきスルーホールの端部から抵抗体/導体接合部までの距離を最短 0.010”(10 ミル)に保ってください。

動作温度と抵抗値の経時変化 (シート抵抗:25Ω / □)

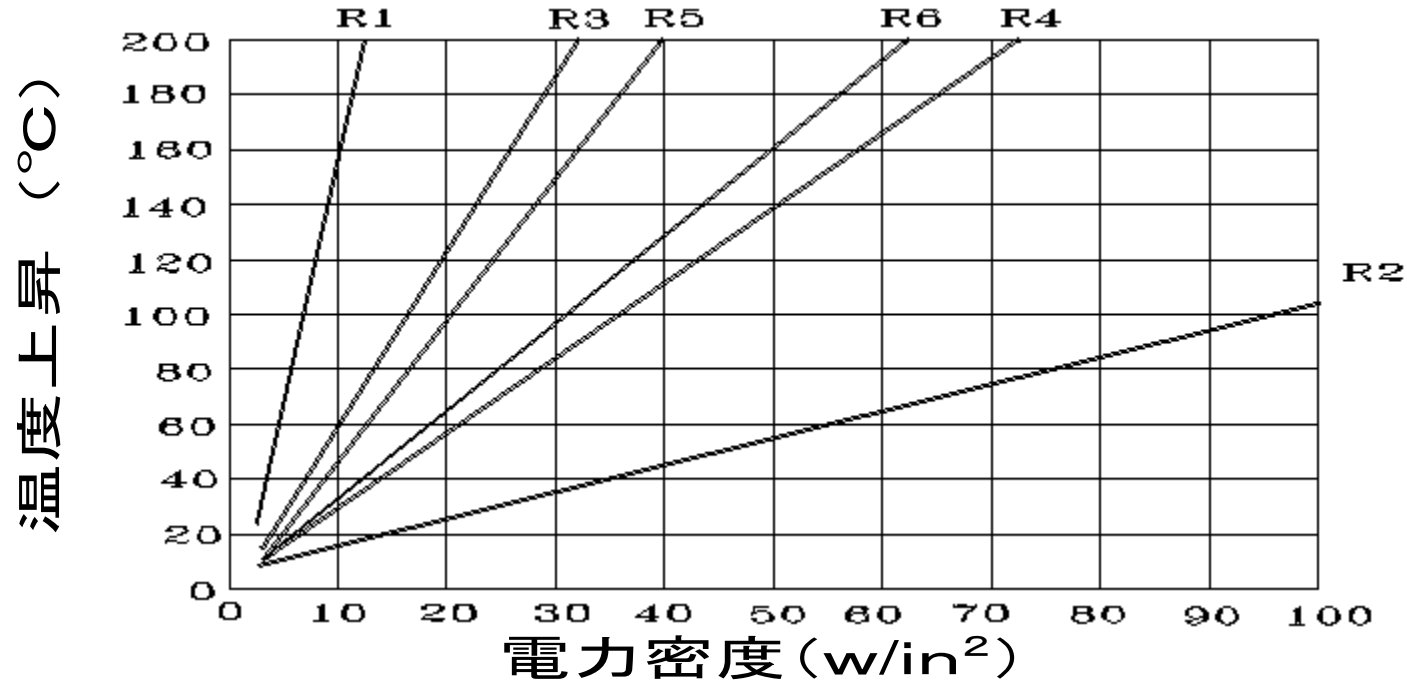


電力分散と温度上昇



記号	抵抗値	大きさ(mm)	面積(mm ²)
R1	25Ω	12.7×12.7	161
R2	25Ω	6.35×6.35	40.3
R3	25Ω	3.175×3.175	10.1
R4	25Ω	1.60×1.60	2.6
R5	25Ω	0.79×0.79	0.6

基板厚、銅箔の有無と電力密度、温度上昇の関係



記号	抵抗値	内層板の厚さ(mm)	銅箔
R1	250Ω	0.06	片面(1R25/0)
R2	250Ω	0.06	両面(1R25/1)
R3	250Ω	0.6	片面(1R25/0)
R4	250Ω	0.6	両面(1R25/1)
R5	250Ω	1.6	片面(1R25/0)
R6	250Ω	1.6	両面(1R25/1)

抵抗体の試験

● オメガプライ抵抗体の電氣的試験

電氣的試験は正しい抵抗値の確認と規格外の抵抗体を見つけるために必要である。全抵抗体のテストを内層板と完成ベアボードの両者で行なうべきである。比較テストとして必要なネットリスト試験は公称抵抗値やシリーズ又はパラレル抵抗体ネットワークを正確に検証することができない。

カスタムソフトウェアはテスターをプログラムするのに必要である。テスターにダウンロードされたネットリストには全ての抵抗体の位置又はテストポイント、すべての抵抗体の最大/最小値を含めねばならない。

試験方法には次の二つがある。

1. 副の抵抗体ファイルを有するCADのネットリスト
2. CAMステーションでのガバー抽出

標準的な試験装置は

1. ユニバーサルベアボードテスター
2. フライングプローブテスター(フィクスチャーレス)
3. あつらえのテスター
4. 手製の測定システム

である。

抵抗測定精度は装置の精度、接触抵抗、プローブとリードに依存する。電流が高いと抵抗値に永久的な損傷を与えるので、測定電流は抵抗体の定格電流を越えないようにする。

殆どの自動ベアボードテスト装置に推奨されるプログラムテストのパラメーターとテストの手順は

- この装置がテストシステムでサポートされていれば抵抗体の定格電力(ワット)をインプットする。
- 試験電圧は殆どの標準システムで
連続: 10V(20mA制限電流)
単発: 40V
をインプットする。

ダブルリートメント又は黒化処理した内層板のテストは特殊なプローブの使用により可能である。

抵抗値が非常に低い場合(15Ω以下)、接触抵抗、プローブ抵抗、リード抵抗は測定精度を決めるクリティカルファクターとなる。

内層板試験用フィクスチャーは若しパネルのレイアウト(PCBの位置や方向)が変わった場合は再度作り直さねばならない。まず、ユーザーはテスト装置の応用性とか必要なソフトウェアの利用価値を決めるため試験装置メーカーと接触しなければならない。

抵抗値公差はどのように重要なのか

(Wally Doeling、Sequent Computer 1998の論文より抜粋)

高速回路設計や立ち上がり時間の短縮にとって、オメガプライ抵抗体の公差はSMTのチップコンポーネントやバイヤ、配線パターンの誘導リアクタンスの除去程重要なものではない。

- 信号の完全性を必要とするキードライバーは周波数である。

1. 100MHZ~20GHZ
2. 1.0ns以下の立ち上がり時間

- 実際の公差は次の三つを合わせたものである。

1. デバイスとラインのインピーダンスの初期ミスマッチ
2. デバイスの公差
3. デバイスの直列インダクタンスと誘導リアクタンス

<u>抵抗体のタイプ</u>	<u>直列インダクタンス</u>
1/4w 軸タイプ	2.5nH
1/8w 軸タイプ	1.0nH
1/8w1206	0.9nH
オメガプライ	<0.4nH
<u>立ち上がり時間</u>	<u>誘導リアクタンス</u>
1.0ns	2.8Ω (1206)
0.5ns	5.6Ω (1206)
0.25ns	11.3Ω (1206)

- これらへの応用に対しては公差10%のオメガプライ抵抗体は公差1%のSMT抵抗体より優れている。

オメガプライの信頼性

- オメガプライは25年間にわたり、多くの分野で使用されて、勝れた性能を発揮しており、頼りにされている。種々の厳しい環境条件下で長時間の信頼性を有しているため、非常に高度な信頼性が要求される多くの重要な製品(宇宙基地、エアロスペース、アビオニクスなど)に使用されている。
- オメガプライ抵抗体の概算故障率は100万動作時間当たり、0.001素子以下である(これは1兆コンポーネント時間以上フィールド障害が発生してないと云うテスト結果にもとづいている)。ここで、フィールド障害とは抵抗体自身によって引起される抵抗体の障害として定義づけたもので、材料の欠陥、過剰なサージ、不適當な動作条件などに起因するものは含まれていない。
- オメガプライの仕様と性能は次の通りである。

オメガプライRCMの仕様と性能					試験条件
シート抵抗(Ω /口)	25	50	100	250	
材料公差(%)	± 5	± 5	± 5	± 10	
負荷寿命サイクル試験 ($\Delta R\%$)	<5	<5	<5	0.5 (1000時間)	MIL-STD-202-1081 周囲温度: 70°C 負荷: 1.5時間 停止: 1.5時間 試験時間: 1万時間
電流ノイズ指数(db)	<15	<15	<15	<15	MIL-STD-202-308 印加電圧: 25 Ω /口: 5.6V 100 Ω /口: 7.9V
短時間過負荷試験 ($\Delta R\%$)	0	0	0	0	MIL-R-10509 4.6.6 電力: 定格 \times 2.5 時間: 5秒

抵抗値の温度特性 (RTC) PPM/°C	50	60	100	100	MIL-STD-202-304 加熱サイクル: 25° 50° 75° 125° 冷却サイクル: 25° 0° -25° -55°
湿度試験(ΔR%)	0.5	0.75	1	2	MIL-STD-202-103 温度: 40°C 湿度: 95%RH 時間: 240時間
熱衝撃試験(ΔR%)	-0.5	1.0	1.0	1.0	MIL-STD-202-107 試験回数: 25回 加熱サイクル温度: 125°C 冷却サイクル温度: -65°C
加熱油試験(ΔR%)	0.1	0.25	0.5	0.75	IPC-TM-650 2.4.6 温度: 260°C 浸漬: 20秒
はんだフロート試験 (ΔR%)	0.5	0.75	1.0	0.5	MIL-STD-202-210 温度: 260°C 浸漬: 20秒
耐溶剤性(ΔR%) トルエン III-トリクロルエタン アセトン フレオン	0.2 0.0 0.2 0.0	N/A	N/A	N/A	MIL-STD-202-215A 浸漬: 15分
キャパシタンス(PF)at5HZ	~1	~1	~1	~1	
インダクタンス(nH)at5HZ	<~0.6	<~0.6	<~0.6	<~0.6	

- オメガテクノロジー社における社内信頼性試験に加えて、多くの試験がOEM顧客や将来有望な顧客によって行われている。
その一部を下記に示す。

クレイリサーチ

ECLの終端に使用する内蔵オメガプライ抵抗体の安定性に関する研究で、クレイは「オメガプライ抵抗体は普通の電圧や温度以上でも十分に動作し、抵抗体材料に起因する抵抗障害は報告されていない」と結論づけた。

クレイリサーチはまた、多層板の内層にオメガプライ抵抗体を使用すると高速デバイスの信号特性を本質的に改善することを見出した。クレイリサーチ(現SGI)は1982年以降多数の多層回路板にオメガプライを使用しており、抵抗素子について絶対的なフィールド信頼性を持っている。

アルカテルベル

アルカテルベルの研究者はインピーダンスレスポンスを特性づけるため、広帯域バンド(45MHz~5GHz)の通信機器にオメガプライ抵抗体を試験し、オメガプライの信頼性を定格電力 125Mw、0805個別厚膜抵抗素子と比較した。

結果の概要は次の通りである。

試験方法	抵抗値変化 ΔR, 最大/最小 (アルカテルで試験)	オメガプライの仕様	厚膜チップ抵抗 0805
湿度試験 温度: 40°C 湿度: 93%RH	<u>21日後</u> 25Ω / □ 0.22% 100Ω / □ 0.07% 250Ω / □ 0.10% <u>56日後</u> 25Ω / □ 0.74% 100Ω / □ 0.14% 250Ω / □ 0.22%	<u>10日後</u> 25Ω / □ 0.5% 100Ω / □ 1.0%	<u>56日後</u> ≤ ±1.5%
熱サイクル試験 加熱サイクル温度: 125°C 冷却サイクル温度: -25°C	<u>100サイクル後</u> 25Ω / □ -0.03% 100Ω / □ +0.03% 250Ω / □ -0.08%	<u>25サイクル後</u> 25Ω / □ -0.5% 100Ω / □ 1%	≤ ±0.25%

無負荷エージング試験 温度: 125°C	100時間後 25Ω / □ 0.10% 100Ω / □ 0.08% 250Ω / □ -0.13%	規格なし	規格なし
はんだフロート試験 温度: 260°C 浸漬: 20秒	25Ω / □ -0.02% 100Ω / □ 0.01% 250Ω / □ -0.01%	100サイクル後 25Ω / □ 0.5% 100Ω / □ 1%	≤ ±0.25%

シート抵抗 (Ω / □)	L (min) (nH)	L (max) (nH)	C (min) (PF)	C (max) (PF)
25	0.599	0.657	0.935	1.139
100	0.622	0.682	1.053	1.154
250	0.571	0.653	1.117	1.202
ショート	0.6	—	1	—

集合抵抗体の測定結果から抜粋した最大／最小寄生効果

IBM

IBMは多層板の内層にオメガプライを導入した基板を多数評価している。このテストは抵抗体の内蔵によって組立や再作業工程にどのような効果があるかを検討するために行ったもので、標準の環境応力試験(熱サイクル、熱ショック、振動、トルク試験)も実施している。これらの結果について、彼等の報告書は「組立て工程と応力テストからは抵抗体に大きな変化は見られない」とのべている。

ユニシス

ユニシスは高T_g、低DC基板にオメガプライを用いた時の長時間ドリフト特性について評価し、アンモニア系エッチング工程と完全水溶性レジストで作製した22mAのパワーNi-P内蔵抵抗体は55°Cの恒温槽に放置した時、10万時間(11.4年)でのドリフトは2%以下と結論づけた。

ダソール

ダソールはアクティブフェースのアレーアンテナ(Xバンド)向けにオメガプライを2年間研究した。抵抗体はPTFEサブストレートのストリップラインに用いた(ロジャース製RT Duroid6002、多層パッケージ内で、溶融接着)。チップ抵抗、スクリーン印刷のポリマーインク抵抗と比較した。オメガプライは勝れた公差と安定性(印刷ポリマーインク抵抗と比較して)およびスペースの節約、寄生容量の減少、半田接続の排除(チップ抵抗と比較して)などのため選択した。試験結果は下記の通りである。

エッチング公差	5%
最小抵抗体幅	200 μ m
溶融接着後の公差	7%
マイクロウェーブ特性に及ぼすオメガプライの影響	なし
500回の熱サイクル後の抵抗値変化 (-55 $^{\circ}$ C、+125 $^{\circ}$ C)	マイクロストリップ: +2% ストリップライン: +3%
上記温度範囲における抵抗値の熱係数	マイクロストリップ: \pm 6% ストリップライン: \pm 7%
動作電力	300mW

オメガプライの技術を下記条件でテストした時、2個のポートパワードライバーのマイクロウェーブ特性に変化は認められない。

- ・ 熱サイクル: 500回 (-55 $^{\circ}$ C、+125 $^{\circ}$ C)
- ・ 125 $^{\circ}$ C、500時間
- ・ 40 $^{\circ}$ C、95%RHで40日
- ・ 塩水噴霧48時間

ロジャース

社内の検討で、カプトン/パイラルックス上のオメガプライを評価した。0.25" x 4.0"の抵抗体を折り曲げ半径0.25"でテストした時の抵抗値変化は下記の通りであった(折曲げ速度10回/分)。

折り曲げ回数	抵抗値変化(%)
150	0.5
1,500	6.1
10,000	25.1

カバーフィルムやコンフォーマルコーティングが抵抗体に施された場合または抵抗体が回路の内層面上に多層化された場合は25万回の繰り返し曲げでも抵抗値に大きな変化は認められなかった。

文 献

1. B.Mahler, P.Schroeder, "Planar Resistors in PCB Design", *Electronic Manufacturing, January 1989*.
2. P.Joris et al., "Characterization of Integrated Resistors for Broadband Telecom Printed Circuit Boards", *IPC World Expo, 1996*.
3. M.Cynthia, "Passive Devices Buried Resistors", *report from IBM, Austin, TX, 1998*.
4. T.Murphy, "Long Term Drift of Ni-P Buried Resistors on Cyanate Ester laminate", *IPC Printed Circuit Expo, 1994*.
5. B.Ledain, J.Herblot, "Innovative Multilayer Technologies for Active Phased Antennas", *report from Dassault Electronique Saint-Cloud, France*.
6. P.Nguyen, "Shelf-Life and Flex-Life of Ohmega-Ply Materials", *Roger Microwave Conference, June 1989*.

オメガプライ要約

- 抵抗体が基板の中で機能
- 高周波、低電圧化の下でも作動
- 抵抗体の形成は標準のサブトラクティブ法
- 27年以上の実績をもつ技術
- 高信頼性
- 高密度実装基板への使用でコスト低減