

難燃性エポキシ封止用成形材料

Flame Retardant Epoxy Molding Compounds for Encapsulation

General properties of Hitachi's newly developed flame-retardant epoxy molding compounds CELF-871B and CELF-770B for encapsulation of semiconductor devices and CELF-874B, CELF-745B for applications requiring thermal shock resistance are described. These new compounds satisfy all the requirements under UL94V-0. Since their melting viscosity are very low when molded, CELF-871B and CELF-770B never damage in any way the inserts and moreover never give any flushes. In comparison with any conventional equivalents now available in the market, their coefficients of thermal expansion are extremely lower and their degradations of electrical properties by moisture penetration are very small. Also they are proved to have such high reliabilities as confirmed under our continuing severe tests on resistance to moisture, heat and thermal shock. CELF-874B and CELF-745B are confired to have excellent crack resistance in the thermal cycle operations.

久保悦司* *Etsuji Kubo*浦野孝志* *Takashi Urano*

1 緒 言

電子部品のパッケージングは、製品コスト低減の要請に応ずるため、金属、ガラスあるいはセラミックによる気密封止からエポキシ樹脂を主体とする樹脂封止に移行しつつある⁽¹⁾。またその封止方式も、半導体素子の表面を安定化する技術⁽²⁾、モールド樹脂の改良進歩⁽³⁾などにより、量産性のよいトランスファ成形方式が主流となってきた⁽⁴⁾。

このトランスファ成形封止に用いるエポキシ封止用成形材料(以下、エポキシ封止材と略す)には、繊細な構造を有する素子を損傷することなく封止できる成形性と、耐湿性、耐熱性及び耐熱衝撃性における高度な信頼性が要求されるが、最近になり、アメリカにおけるテレビ火災に端を発したUL (Under writers' Laboratories Inc.) 規格の制定をきっかけとして、難燃性の付与が必須となってきた。

そこで、筆者らは封止材に要求される成形性、信頼性を損なわずに、エポキシ封止材に難燃性を付与する研究を行ない、難燃剤の選択、組合せ及び使用量の適正化を図って、半導体素子、電子部品の封止用としてCELF-871B、CELF-770Bを、また過酷な耐熱衝撃性を要求する用途にCELF-874B、CELF-745Bを開発した。

本稿では、これら4種の難燃性エポキシ封止材の成形性、硬化物特性及び信頼性について述べる。

2 エポキシ封止材の難燃化

2.1 難燃性試験方法

成形材料の難燃性試験方法には、ASTM (American Society of Testing Material) D635, JIS K 6911に規定される水平法や、ASTM D 2863-70に規定される酸素指数法、UL Subject 492 & 534 (Feb. 7. 1974) に規定される垂直法など各種のものが提案されているが、試験方法によって難燃性の値が異なる。そこで筆者らは、エポキシ封止材の難燃化に当たり、最もポピュラーで、実績のある上記UL試験法を採用し、これを用いて難燃性を評価することにした。このUL試験法では消炎時間と滴下物の有無によって難燃性の等級

表1 UL難燃性94V-0判定基準 最新のUL Subject 492及び534で規定される最高位難燃性グレード94V-0の判定基準を示す。

Table 1 Standard for UL Recognition 94V-0

難燃性	該当規格	試験法	判 定
94V-0	Subject 492&534	垂直法	試験の間、試験片の下部に置いた未処理原綿に着火させるような滴下物がなく、下記の条件を満たすものを94V-0とする。 (1) 70°C, 168時間処理後の5本(計10回着火)の燃焼時間が最大10秒、平均5秒以内であること。第2回目の炎を取り去り、グローイング時間は30秒まで許容される。 (2) (1)が合格の場合、更に常態の試験片5本について同様に判定する。

を分けているが、成形材料に要求される、最高位難燃性グレード94V-0の判定規準を表1に示す。

2.2 難燃化

エポキシ樹脂は、他の熱硬化性樹脂、例えばシリコン、フェノール、アルキド樹脂に比べ極めて燃焼しやすいため、エポキシ樹脂を相当量用いる封止材は通常ULで規定される難燃性94V-0を満足しない。

そこでエポキシ封止材の難燃化に当たっては、エポキシ樹脂(硬化剤を含む)を難燃化するか、あるいはエポキシ樹脂に難燃剤を添加して難燃性を付与する方法が採られる。

難燃化樹脂硬化剤としては、臭素などハロゲン元素をその構造中に含有するものが一般的である⁽⁵⁾。また難燃剤としては、添加形と反応形のものがあり⁽⁶⁾、いずれも塩素や臭素などのハロゲン化合物か、有機リン化合物が使用される。また特殊な難

* 日立化成工業株式会社下館研究所

燃剤としては、水和アルミナなど無機含水化合物がある⁷⁾。これらの難燃化樹脂及び難燃剤は、単独又は併用で使用され、封止材に所望の難燃性を与えるが、リン化合物の場合は、概して封止材にとって極めて重要な特性である耐湿性を著しく低下させる傾向があり、水和アルミナなど無機含水化合物の場合は大量の使用が必要なため、強度低下や線膨張係数の増大を引き起こし、封止材としては致命的な特性低下をもたらす。またハロゲン化合物、特に三酸化アンチモンと併用して使用ハロゲン量を減少させた場合は、比較的特性低下は少ないが、**図1**に示すように成形性の重要な項目である離型性⁸⁾との両立が難しい。

以上のように封止材の難燃化に当たっては封止材に要求される諸特性と難燃性の両立をいかに行なうかが重要な課題となる。

筆者らは、これら難燃化樹脂、あるいは難燃剤を上記観点から厳密に選択し、組合せ、更にそれらの適正な使用量を把握することによって、封止材に要求される特性を十分満足する難燃性エポキシ封止材（以下、難燃材と略す）を開発した。以下に、その特性について紹介する。

3 CELF-871B, CELF-770Bの諸特性

3.1 成形性

開発した難燃材の成形性、すなわち硬化性、流動性、離型性及びばりの多少は次の方法で評価した。

硬化性の評価法には最も簡便なゲルタイム法を用いた。また流動性は、通常用いられるスパイラルフローだけでなく、コネクタワイヤなどインサートに及ぼす流動時のストレスを考慮する意味で、熔融粘度も併せて評価することにし、高化式フローテストを用いて、圧力10kg/cm²、ノズル1φ×10mm

で測定した。

更に、成形時の離型性を定量的に評価する方法として、既報⁸⁾で述べた高化式フローテスト法を用いた。成形品がプランジャとともに抜け落ちるときのおもりの荷重で離型性を判定する方法である。

また成形時の作業能率を大きく支配するばりの多少は、金型間のすきまを想定し、深さ20μ及び2μ、幅5mmのみぞをつけた金型を用いて、150°C、70kg/cm²、2.5minの条件で成形したとき、みぞに流出する材料の長さで評価した⁸⁾。

表2は、以上の方法で評価したCELF-871B, CELF-770Bの成形性を示すものである。同表には比較のために、難燃性を付与していない従来の封止材（以下、難燃材に対照させて、従来材という）CEL-870B（半導体用）の値も記載した。

CEL-870Bは、特殊な充填剤⁸⁾を使用した低膨張レジシステムと日立製作所日立研究所で新規に関発された優れた潜在性硬化促進剤⁸⁾とを組み合わせ、更に耐湿性向上剤を添加したユニークな酸無水物硬化形の材料で、同種市販材に比べて成形性が良好であり、耐湿性、耐熱性及び耐熱衝撃性の面で抜群に高い信頼性を有し、IC, LSI, トランジスタなどに実用化されている⁸⁾。

新難燃材CELF-871Bは100P前後の低粘性材料であり、低圧(70kg/cm²)で30~50inのスパイラルフローを示し、コネクタワイヤの断線、曲げ不良が極めて少ない長点を有する。また流動性が良好なわりには、ばり発生量が2.0mm以下で、成形時ばり取り作業が不要であるなど、従来材CEL-870Bの利点を十分維持している。また通常難燃化に伴って低下する離型性も0.7~1.0kgと良好である。

CELF-770Bは、CELF-871Bが酸無水物硬化形であるのに対し、フェノリック硬化形であり、材料取扱いの容易さに利点を有するが、硬化形の差に伴って、熔融粘度が300~400Pと高く、スパイラルフローも20~40inと小さい、またばりも多少出るなど、成形性はCELF-871Bに比べ若干落ちる。しかしながら、封止材に要求される特性値は十分満足しており、半導体部品、電気部品用として使用可能である。また他社材と比較した場合、ばり発生が少ない長点は維持している。

3.2 硬化物特性

3.2.1 難燃性

CELF-871B, CELF-770Bの難燃性を**表2**に示したが、最小板厚0.8mmで、いずれもUL規格94V-0を満足する。

3.2.2 熱的性質

表2は、CELF-871B, CELF-770Bの二次転移温度T_g、線膨張係数α、熱伝導率λ、熱変形温度などの熱的性質を、従来材CEL-870Bと比較して示すものである。

いずれも従来と同等の特性を示し、難燃化による熱的性質の低下は見られない。他社市販材に比べ、T_gが150°Cと高い、熱ストレスの大きな要因であるαが2.2×10⁻⁵°C⁻¹（他社3.5×10⁻⁵°C⁻¹以上）と極めて低膨張であるなど、従来日立材の耐熱性、耐熱衝撃性における利点を維持している。

3.2.3 機械的性質

表2は、曲げ強さ、曲げ弾性率及び引張強さを従来材と比べて示すものである。

これらの機械的性質は、従来材と比べ遜色なく良好であり、難燃化に伴う強度低下は見られない。

3.2.4 電気的性質

誘電率ε、誘電正接tanδ、体積抵抗率ρ_vも従来材の値とともに**表2**に示した。またε、tanδ及びρ_vの温度特性は**図2**、**3**に、ε、tanδの周波数特性は**図4**に、加熱時

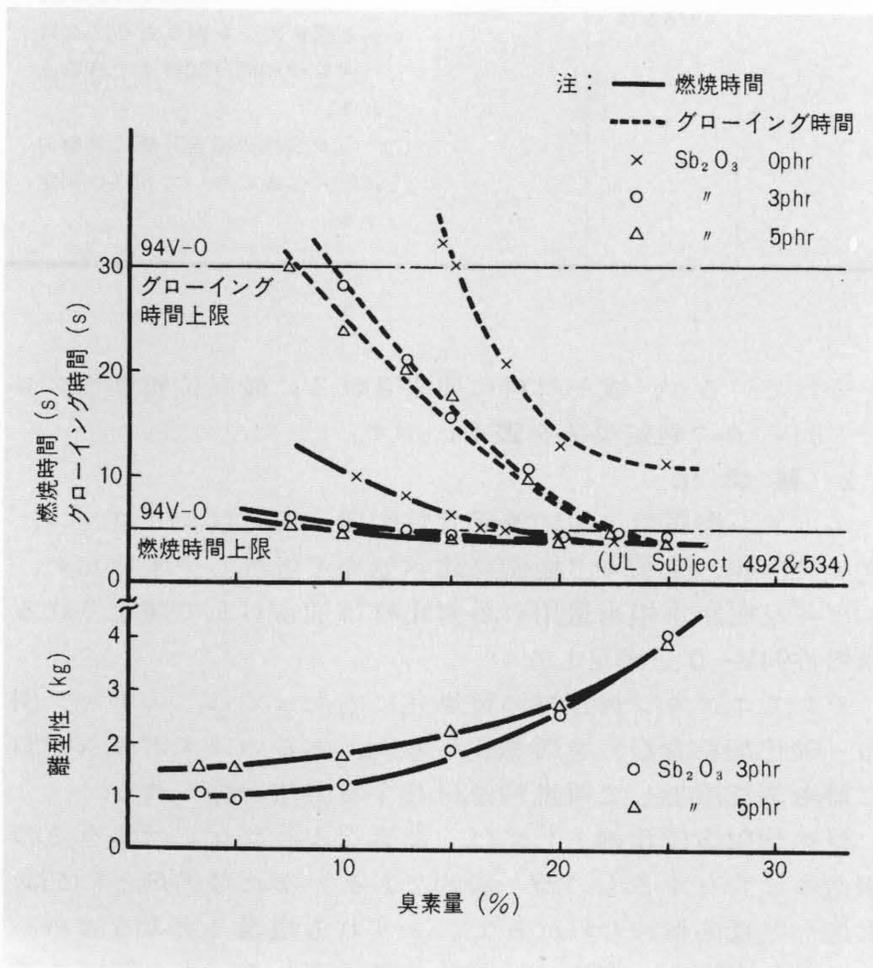


図1 燃焼性、離型性に及ぼす臭素量の影響 臭素-三酸化アンチモン量の増加により所望の難燃性を達成できるが、同時に離型性が低下する。

Fig. 1 Effects of Bromine Content on Flammability and Demoldability

表2 開発難燃材（半導体用）の特性 新難燃材871B, 770Bはいずれも半導体封止用として十分な成形性、硬化物特性を有することが分かる。

Table 2 Properties of New Encapsulants (for Semiconductors)

項目	単位	試験方法	品名	CELF-871B	CELF-770B	CEL-870B	
			用途	半導体用	半導体用	半導体用	
			タイプ	高耐湿性	汎用	高耐湿性	
性状	形状	—	—	粉状	粉状	粉状	
	外觀	—	—	黒	黒	黒	
	見掛密度	—	JIS K 6911	1.0 ~ 1.2	0.9 ~ 1.1	1.0 ~ 1.2	
成形性	プリフォーム性	—	—	良好	良好	良好	
	成形温度	°C	—	150 ~ 180	150 ~ 180	150 ~ 180	
	成形圧力	kg/cm ²	—	40 ~ 70	40 ~ 70	40 ~ 70	
	成形時間	min	—	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	
	スパイラルフロー	in	EMMI I-66	30 ~ 50	20 ~ 40	30 ~ 50	
	ゲル化時間 150°C	s	JIS K 5909	40 ~ 50	50 ~ 70	50 ~ 60	
	" 180°C	s	"	25 ~ 35	30 ~ 50	25 ~ 40	
性質	離型性	kg	自家法	0.7 ~ 1.0	0.7 ~ 1.0	0.8 ~ 1.0	
	熔融粘度 150°C	P	"	80 ~ 120	300 ~ 400	60 ~ 100	
	ばり 20 μ	mm	"	1.8 ≥	2.5 ≥	1.6 ≥	
	" 2 μ	mm	"	2.0 ≥	2.5 ≥	2.0 ≥	
硬化物特性	難燃性	—	UL Sub. 492 & 534	94V-0	94V-0	燃焼	
	比重	—	JIS K 6911	1.8 ~ 1.9	1.8 ~ 1.9	1.7 ~ 1.8	
	線膨張係数	×10 ⁻⁵ 1/°C	ASTM D 696	2.1 ~ 2.3	2.1 ~ 2.3	2.1 ~ 2.3	
	熱変形温度	°C	JIS K 6911	180 ~ 190	170 ~ 180	180 ~ 190	
	二次転移温度	°C	ASTM D 696	150	140 ~ 150	150	
	熱伝導率	×10 ⁻³ cal/cm·s·°C	ASTM C 177-45	1.3	1.3	1.3	
	成形収縮率	%	JIS K 6911	0.6 ~ 0.7	0.6 ~ 0.7	0.6 ~ 0.7	
	曲げ強さ	kg/mm ²	"	9 ~ 11	9 ~ 11	9 ~ 11	
	曲げ弾性率	kg/mm ²	"	1,300 ~ 1,500	1,300 ~ 1,500	1,300 ~ 1,500	
	引張強さ	kg/mm	"	6 ~ 7	6 ~ 7	6 ~ 7	
特性	体積抵抗率	Ω·cm	"	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	
	誘電率	(1 MHz)	"	3.7 ~ 3.9	3.7 ~ 3.9	3.7 ~ 3.9	
	誘電正接	%(1 MHz)	"	0.9 ~ 1.2	0.9 ~ 1.2	0.9 ~ 1.2	
	煮沸25時間後	吸水率	%	"	0.5 ~ 0.6	0.5 ~ 0.6	0.5 ~ 0.6
		体積抵抗率	Ω·cm	"	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵	10 ¹³ ~ 10 ¹⁴	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵
		誘電率	(1 MHz)	"	3.9 ~ 4.1	4.3 ~ 4.6	4.1 ~ 4.3
		誘電正接	%(1 MHz)	"	1.3 ~ 1.5	1.7 ~ 2.0	1.5 ~ 1.8
耐アーク性	s	ASTM D 495	182	183	182		

注：* 試験片作成条件 150±2°C, 70kg/cm², 2~5 min
試験片アニール条件 150±2°C, 10時間

(150°C) の電氣的性質の変化は図5に示すとおりである。

これらの結果から分かるように、新しく開発した難燃材の電氣的諸特性は従来材と同レベルであり、難燃化に伴う大きな特性低下は見られず、広い温度範囲、広い周波数領域で極めて安定した電氣的性質を示している。また通常難燃化に伴って低下する耐アーク性は、充填剤を調節することによって180秒を維持している。

3.2.5 耐湿性

硬化物の耐湿性は、板状試験片を煮沸水に25時間浸せきしたときの電氣的性質の変化の程度及び吸水率から評価した。

煮沸水に25時間浸せき後のε, tan δ, ρv及び吸水率を表2に併せ示した。これらの結果から難燃化に伴う耐湿性の低下が少ないことが確認される。

なお耐湿性は半導体素子の汚染、電極・導線などの腐食、

吸湿膨潤による接着部のはく離などとも関係し、素子不良率と強い相関をもつ重要な特性の一つであり⁽²⁾、難燃化に伴って低下しやすい特性である。そこで高温加湿(80°C, 90%RH)下及びプレッシャクッカ試験(120°C, 2 atmの水蒸気中に試験片をさらす)下におけるε, tan δ, ρvの長期劣化テストも検討した。結果は図6, 7に示すとおりであるが、耐湿性は従来材と比べて問題視するような低下は見られず、従来材のレベルから勘案した場合半導体用として極めて優秀であることが分かる。

3.3 信頼性

開発した半導体用難燃材CELF-871B, CELF-770Bを使用して、MOS形モデル素子を用いたICをトランスファ成形し、その信頼性について検討した。

プレッシャクッカ耐湿試験、高温加熱試験(200°C, 500時間)、

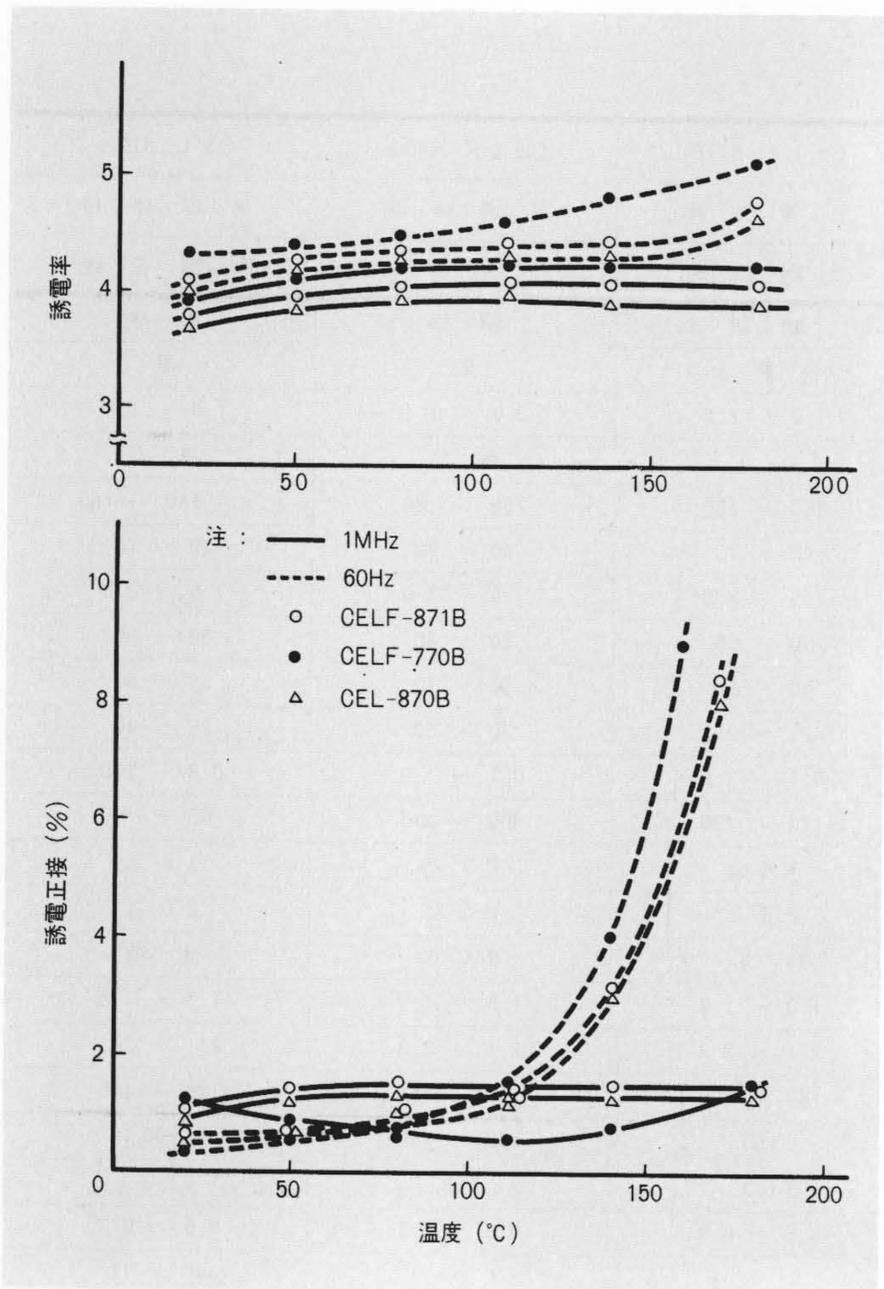


図2 誘電特性の温度依存性 新難燃材871B, 770Bは広範囲の温度領域で安定した誘電特性を示し、難燃化に伴う大きな特性低下はない。

Fig. 2 Temperature Dependence of Dielectric Properties

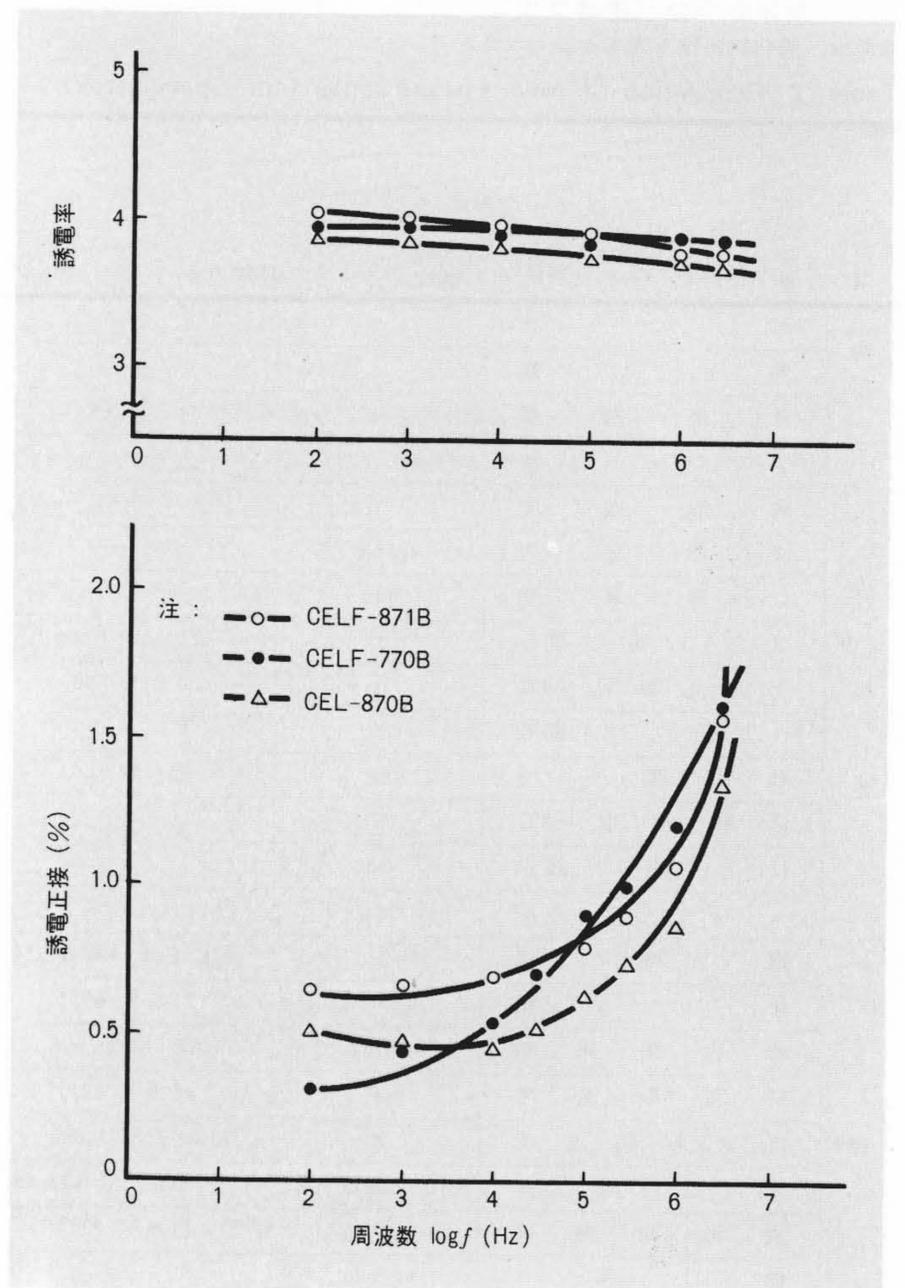


図4 誘電特性の周波数依存性 新難燃材は一般材と同様、広範囲の周波数領域で安定した誘電特性を示す。

Fig. 4 Frequency Dependence of Dielectric Properties

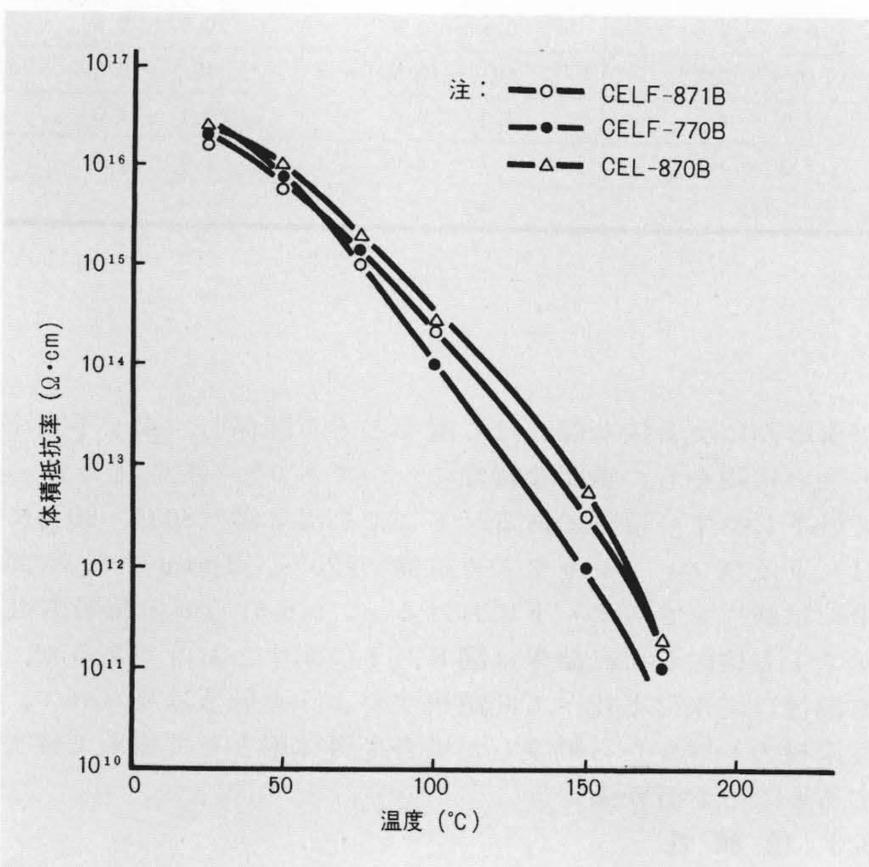


図3 体積抵抗率の温度依存性 新難燃材は一般材と同様の優れた体積抵抗率の温度依存性を有する。

Fig. 3 Temperature Dependence of Volume Resistivity

熱衝撃試験(150°C, 5分→-55°C, 5分 400サイクル)の各試験を行ない、コレクタしゃ断電流、逆方向電圧電流特性、断線、半断線、ショートなどをチェックした結果、従来材CEL-870Bに比べ、耐湿性(耐Al電極腐食性)が実用可能な範囲内でやや低下したが、その他の特性は同等であって、従来日立材の耐湿性、耐熱性、耐熱衝撃性における優れた信頼性レベルを維持していることを確認した。

これら難燃材は上記MOS形ICのほか、バイポーラ形IC, LSI, トランジスタなどへも適用可能である。もちろん、これら半導体部品のほかにダイオード、サイリスタ、コンデンサ、磁気ヘッドなどの電子部品、各種電気機器の封止にも広く使用することができる。

4 CELF-874B, CELF-745Bの諸特性

フラットモータや混成集積回路(HIC)など形状の大きいインサートを封止する場合は、封止レジンとインサートの諸物性、特に線膨張係数の差に伴って生ずる内部熱ストレスから、成形時あるいは冷熱サイクル時にき裂が発生しやすい。

このような過酷な耐熱衝撃性を満足する手段としては、封止材を低膨張化して線膨張係数をインサートに近似させるか、封止レジンに可撓性を与えて内部ストレスを緩和させる方法が考えられる。CELF-874Bは前者のタイプであり、CELF-745Bは後者のタイプである。

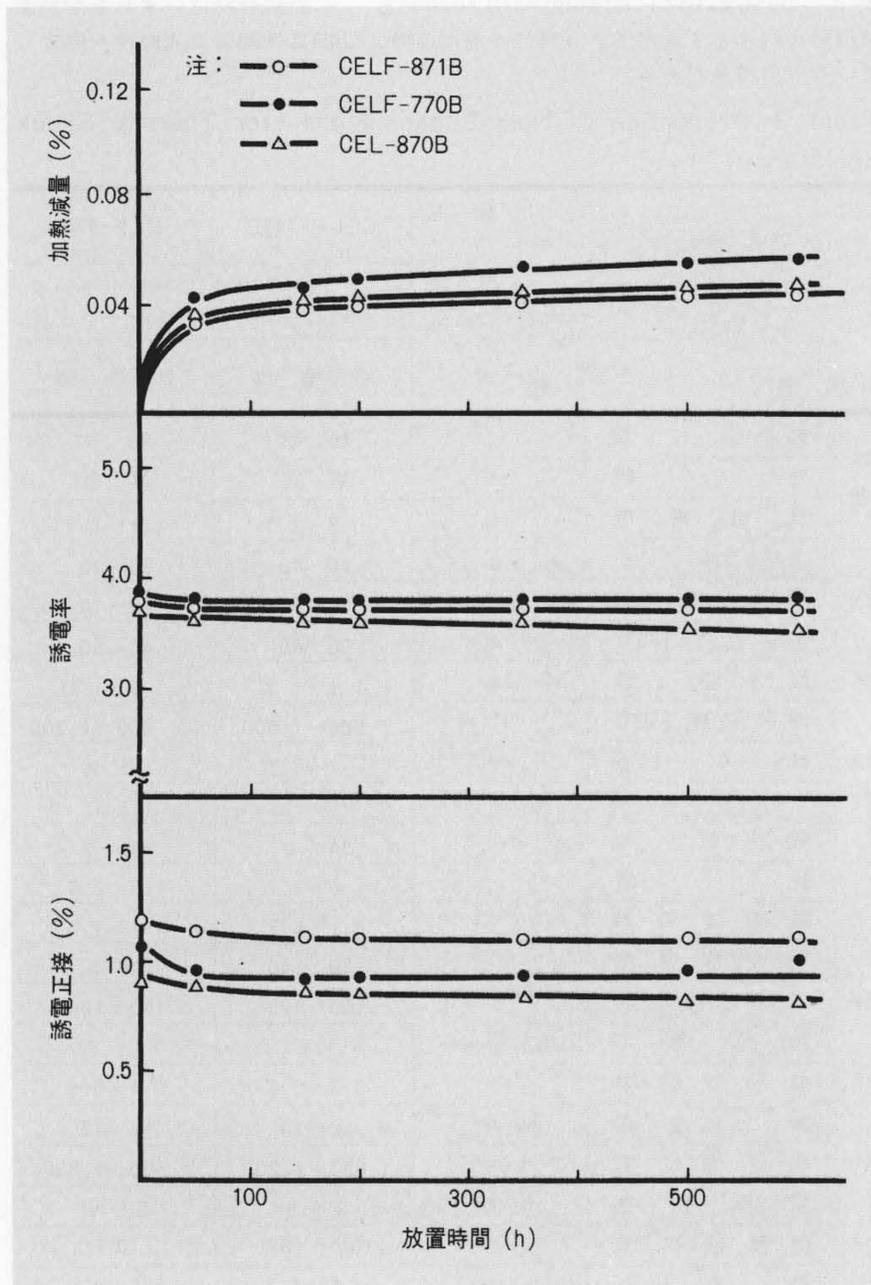


図5 加熱(150°C)時の電気的性質の変化 新難燃材の電気的性質は150°C, 600時間の加熱により劣化しないこと, 難燃化に伴う加熱劣化特性の低下がないことが分かる。

Fig. 5 Effect of Thermal Aging at 150°C on Electrical Properties

表3にこれら難燃材の成形性, 硬化物特性を示した。またこれらを用いて, 図8に示す鉄製あるいは銅製のC字形ワッシャを埋め込んだ試験片を作成し, -55~+85°Cの冷熱サイクル試験を行なった。結果は表4に示すとおりである。

CELF-874Bは鉄, セラミックに近似した線膨張係数($\alpha = 1.1 \sim 1.3 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)を有する一方, 流動性はスパイラルフロ-30~40inと大きく, インサートを損傷せずに低圧で封止できる特長をもつ。

また表4に示すとおり, 耐き裂性は抜群であり, 低膨張と流動性を両立させた耐熱衝撃用の封止材としては唯一の市販品といえる。更に, その他の熱的, 機械的及び電気的性質も良好であり, UL規格94V-0の難燃性を満足する。用途としては, フラットモータ, HICなど低膨張のインサートの封止に好適である。

CELF-745Bは可燃性エポキシ樹脂とガラス繊維を使用して, 内部熱ストレスを緩和, 吸収しやすくした材料である。表4に示すとおり, 優れた耐き裂性を持ち, 機械的性質が優秀で, 耐熱衝撃性を要求する各種の用途に適用できるが, 二次転移点が100~120°Cと低い点に欠点がある。従って, 耐熱性よりコストを重視する用途に適し, ソレノイドコイルのボピンのように線膨張係数が封止レジンより大きいものの封止に最適である。

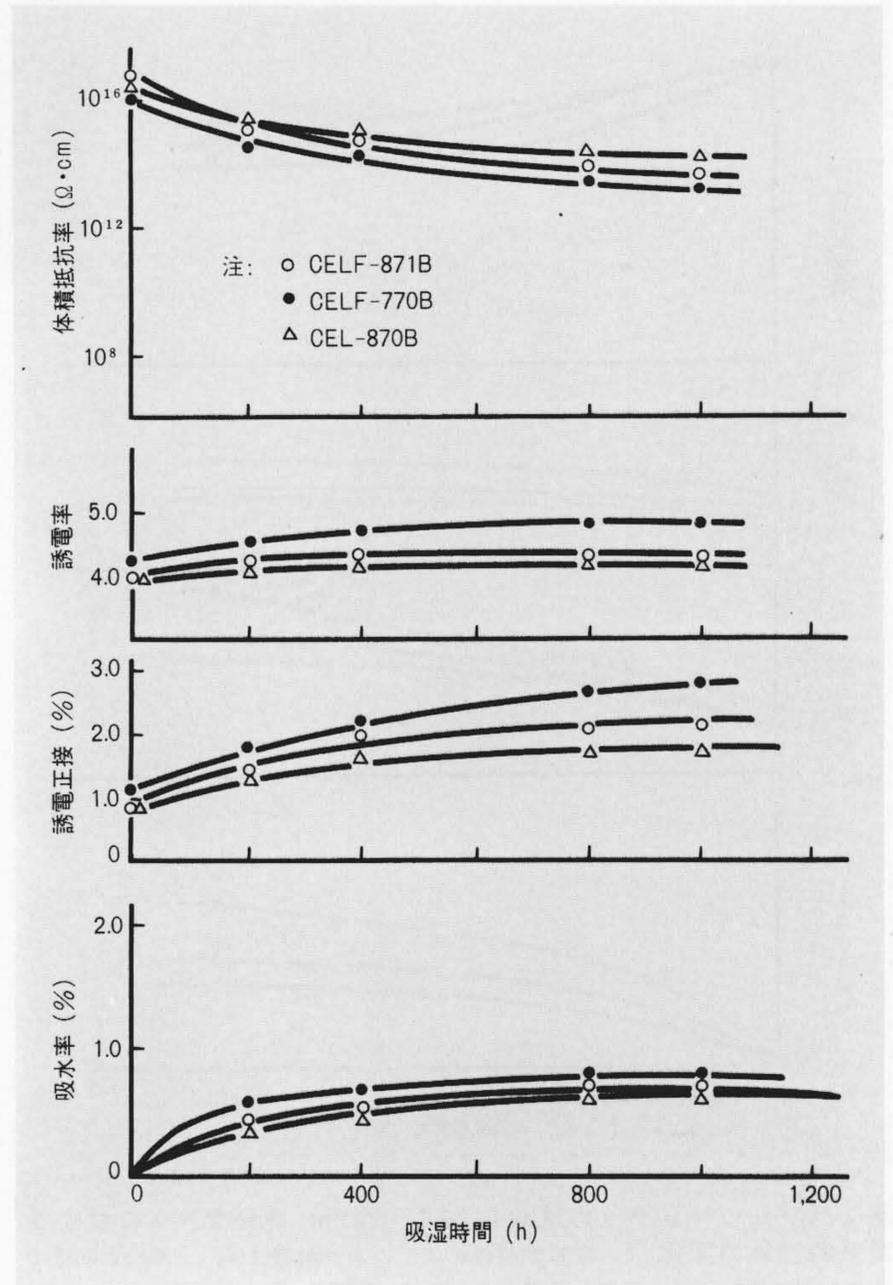


図6 吸湿(80°C, 90%RH)処理による電気的性質の変化 新難燃材の加湿劣化特性は一般材とほぼ同等であり, 半導体用封止材として十分満足できることが分かる。

Fig. 6 Effect of Moisture Exposure on Electrical Properties

5 結 言

半導体素子, 電子部品封止用及び耐熱衝撃用として製品化した, 4種の難燃性エポキシ封止用成形材料の成形性, 硬化物特性及び信頼性について記した。

これら開発難燃材はいずれもUL規格94V-0の難燃性を満足する。また難燃化に伴う諸特性の低下はほとんど見られない。

半導体用難燃材, 特に酸無水物硬化形のもは, 成形時溶融粘度が低いのでインサートに対し悪影響を全く与えない。また, ばりがほとんど発生しないので成形後のバリ取り作業が不要である。更に, 硬化物は従来の市販材に比べ, 二次転移点が高く, 線膨張係数は一段と小さい。電気的, 機械的性質及び耐湿性も優れている。また, これを用いて成形したMOS形ICは極めて過酷なプレッシャクッカ試験, 200°C放置試験, 150~-55°Cの熱衝撃試験などの各試験にも十分に耐え, その信頼性は抜群に高い。

一方, 耐熱衝撃用難燃材は, 可撓性タイプ, 低膨張タイプいずれも冷熱サイクル時における耐き裂特性が抜群に優れている。

終わりに臨み, これら難燃材の開発について多大の御援助をいただいた日立製作所日立研究所並びに同半導体事業部の関係各位に対し, 厚く謝意を表わす次第である。

表3 開発難燃材(耐熱衝撃用)の特性 新難燃材はいずれも耐熱衝撃用封止材として満足できる特性を有し、特に874Bは低膨張と流動性が両立している点に特長がある。

Table 3 Properties of New Encapsulants (for Thermal Shock Resistance)

項目	単位	品名	
		CELFB-745B	CELFB-874B
用途		ソレノイドコイル	フラットモーターコイル, HIC
タイプ		可撓性	低膨張
形状		粉状	粉状
外觀		黒色	黒色
見掛密度		0.8~1.0	1.1~1.3
スパイラルフロー	in	20~40	30~40
ゲル化時間	150°C	s	50~60
	180°C	s	30~40
離型性	kg	1.1~1.3	1.0~1.1
熔融粘度	150°C	P	1,500~1,800
	20 μ	mm	—
ばり	2 μ	mm	1.5 ≥
	2 μ	mm	1.5 ≥
難燃性		94V-0	94V-0
比重		1.6~1.7	1.9~2.0
線膨張係数	$\times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$	4.1~4.3	1.1~1.3
熱変形温度	°C	130~140	220 ≤
二次転移温度	°C	100~120	150~160
熱伝導率	$\times 10^{-3} \text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$	1.1	1.8
成形収縮率	%	0.7~0.8	0.4~0.5
曲げ強さ	kg/mm ²	12~14	10~12
曲げ弾性率	kg/mm ²	1,000~1,200	1,500~1,600
引張強さ	kg/mm	8~9	5~6
体積抵抗率	$\Omega\cdot\text{cm}$	$10^{15}\sim 10^{16}$	10^{16}
誘電率	(1MHz)	4.5~4.7	3.8~4.0
誘電正接	%(1MHz)	1.5~2.0	0.9~1.2
煮沸25時間後	吸水率	%	0.6~0.7
	体積抵抗率	$\Omega\cdot\text{cm}$	$10^{12}\sim 10^{13}$
	誘電率	(1MHz)	—
誘電正接	%(1MHz)	—	1.8~2.0
耐アーク性	s	180	183

注：* 試験片作成条件 150 ± 2 °C, 70kg/cm², 2 ~ 5 mm
試験片アニール条件 150 ± 2 °C, 10時間

参考文献

- (1) 庄司ほか, 「レジンモールドSiトランジスタ」 日立評論 47, 1472 (昭和40-8)
- (2) 山本ほか, 「LTDレジンモールドトランジスタの開発」 日立評論 51, 231 (昭44-3)
- (3) 渡辺ほか, 「電子部品モールド樹脂」 日立評論 50, 1126 (昭43-12)
- (4) R.F. Zecher, "A Cost and Performance Analysis of Encapsulation by Transfer Molding" Advances in Electronic Circuit Packaging 5, 87 (1965)
- (5) 星野ほか, 「特集難燃剤」 工業材料 21, 7 (1973) 難燃材の効果と限界点, 難燃剤の技術的進展, 各種機器の難燃化など難燃化技術の争点を幅広く特集している。
- (6) 桜井, 「プラスチックの難燃化について」 建築材料 6, 76 (1961)
- (7) 小田, 「難燃性充填剤ハイジライトのエポキシ樹脂への応用」 プラスチックス 22, 65 (1971)
- (8) 鈴木ほか, 「集積回路用トランスファ成形材料」 日立評論 54, 164 (昭47-2) 新規潜在硬化性システムと特殊充填剤の組合せによって得た酸無水物硬化形封止用エポキシ成形材料の諸特性と離型性など独特の成形性評価法を述べている。

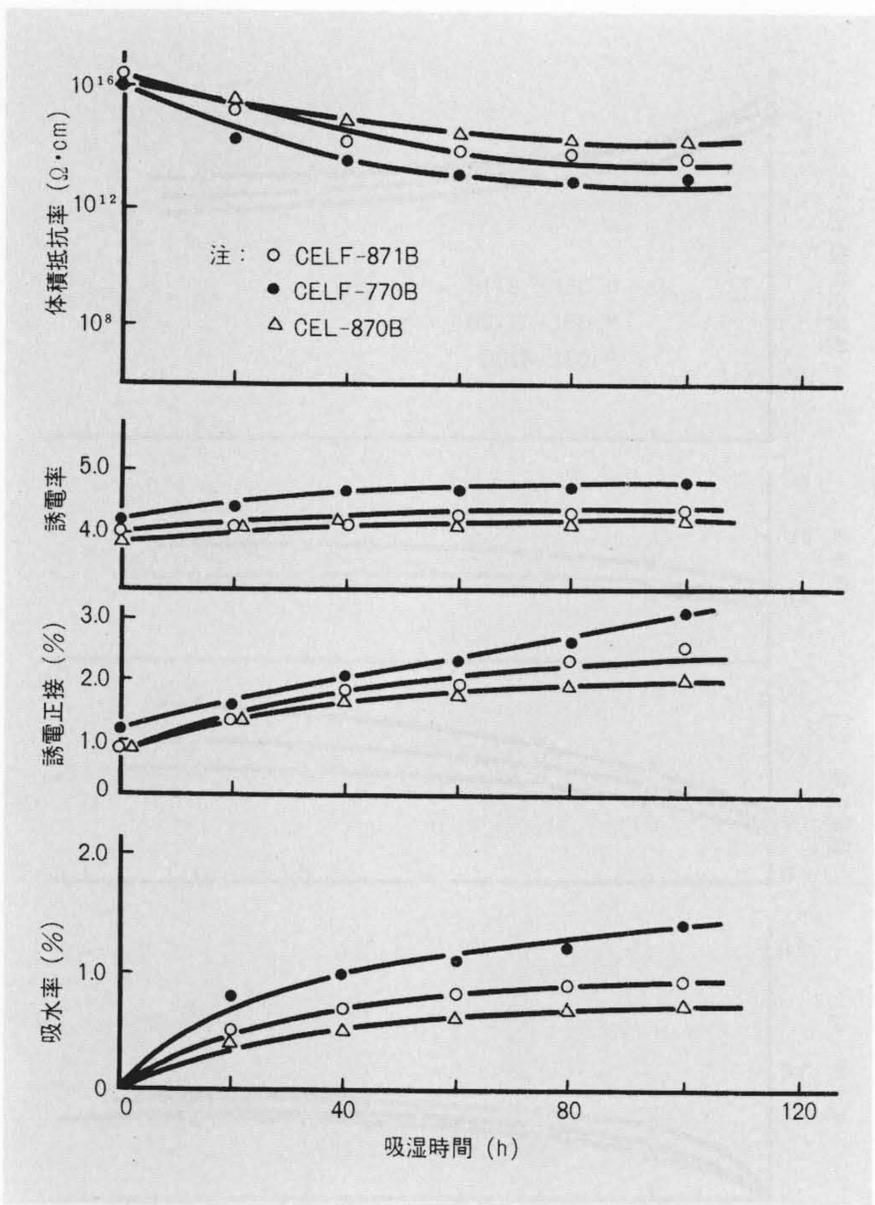


図7 プレッシャクッカー試験(120°C, 2atm, 水蒸気中)における電気的性質の変化 新難燃材のPCTによる耐湿性は、一般材と同等であり半導体用封止材として十分満足できることが分かる。

Fig. 7 Variation of Electrical Properties under Pressure Cooker Test

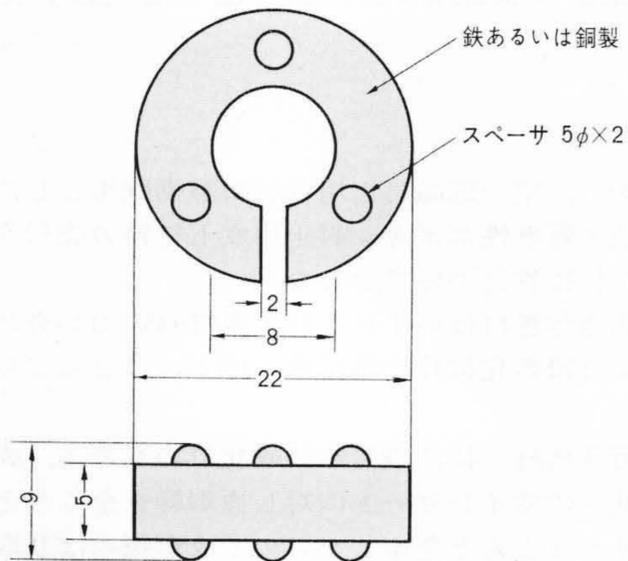


図8 耐熱衝撃試験用インサート 耐熱衝撃試験用インサートの形状を示す。C字形ワッシャで、低膨張(鉄又は銅製), 肉厚の特徴を有する。

Fig. 8 Insert for Thermal Shock Resistance Test

表4 開発難燃材(耐熱衝撃用)の耐き裂性 インサートを用いた過酷な冷熱サイクル試験において、新難燃材はいずれも抜群の耐き裂性を示す。

Table 4 Crack Resistance of New Encapsulants

項目	ワッシャ材質		品名	CELFB-874B	CELFB-745B
	熱衝撃試験 (85°C/3.5時間~ -55°C/3.5時間) 不良率(%)	銅	10~	"0"	"0"
15~			"0"	"0"	
鉄		10~	"0"	"0"	
		15~	"0"	"0"	