

ハロゲンフリー多層基板

電子部品開発センタ 守屋 英 紀^{*1}・高橋 克彦^{*2}・桜井 洋文^{*3}
材料技術研究所 市川 雅照^{*4}・千艘 智充^{*5}

Halogen Free Multilayer Printed Circuit Board

H. Moriya, K. Takahashi, H. Sakurai, M. Ichikawa & T. Senso

環境負荷を低減した製品に対する需要の高まりを受け、ハロゲンフリーリジッド・フレックス多層基板（R-F基板）の開発に着手した。開発を進めていくと、R-F基板はフレキシブルプリント配線板（FPC）より高い耐マイグレーション性が要求されることがわかった。このため各種性能評価のうえ、材料選定、加工条件の最適化を行い、現行量産品レベルまで諸特性を改善する見通しを得た。

Development of a halogen free Rigid-Flex multilayer printed circuit board (R-F board) was started because of high demand for environmental-friendly products. We found out that higher migration resistance was required for R-F board than conventional flexible printed circuit board (FPC) So we developed new material and optimal process conditions so that various characteristics have been improved to meet current mass-production level.

1. ま え が き

近年、大手機器メーカー等にみられるグリーン調達動きから、製品への環境保証が取引の必須条件になりつつあり、年々その重要性を増している。環境対応への取り組みは、企業の発展における重要な因子であるとともに、メーカーとしての社会的な責務ともなっている¹⁾。

こうした背景から、フレキシブルプリント配線板（FPC）においても環境負荷を低減した製品の開発が各方面で進められている。大きなトレンドとして、部品接続に使用されるはんだの鉛フリー化とともに、基板材料のハロゲンフリー化があげられる。

ハロゲン系物質を含んだ材料は、燃焼処分時にダイオキシン等の有害物質を発生することが明らかになっているが、FPCに用いられる接着剤には、ハロゲン系物質が従来から広く添加されてきた。これはエポキシ樹脂などの可燃性接着剤に難燃性を付与させるため、ハロゲン系物質を難燃剤として添加したものである。電子機器の安全面から、電子部品にはUL規格をクリアするなど一定レベルの難燃性が要求されており²⁾、ハロゲン系物質を用いずに難燃性を発現するハロゲンフリー材料には、市場からの強い要請がある。

加えて、情報通信機器等の軽薄短小化によりFPCの需要は急速に高まっており、特に機器の高性能化にともなうFPCの高密度化、多層化が進んでいる。その中でも硬質の配線板とFPCをコネクタレスで一体化したリジッド・フレックス多層基板（R-F基板）は、接続信頼性の向上、機器の組み立て工程の省力化等に加え、硬質配線板とほぼ同等の部品実装性やFPCの可とう性を有し、自在に折り曲げ可能である。機器の小型化に貢献することから、その需要は一層高まっている。

本報ではハロゲンフリーR-F基板の開発経緯、選定状況について報告する。

2. 開 発 経 緯

当社においては、いち早くFPCのハロゲンフリー化に取り組み、すでに片面および両面のハロゲンフリーFPCを量産中であり、FPC全体に占めるハロゲンフリー製品の比率も急激に上昇している。また多層R-F基板においては、ハロゲン系物質を含む材料を用いDVD光ピックアップ等の用途に量産を行っている。

そこで、ハロゲンフリーFPCとR-F基板の技術および材料を組み合わせてハロゲンフリーR-F基板の開発に着手し、試作、評価を実施した。しかし高温高湿条件下の耐マイグレーション性評価試験において、短時間で回路短絡する現象が発生した。そこでハロゲンフリーFPC単体の耐マイグレーション性を再確認したところ、回路短絡はなく抵抗値も充分に高い値を示し、実用性能上がった

*1 回路技術開発部

*2 回路技術開発部グループ長

*3 プロセス技術開発部グループ長

*4 金属材料開発部

*5 化学材料開発部

く問題がなかった。しかし長時間の限界性能評価を行うと、ハロゲンフリーFPCではデンドライト発生の兆候がみられた。

これらの結果から、現行のハロゲンフリーFPCと同じ材料をR-F基板に用いた場合、何らかの原因でデンドライト成長が加速され短時間で回路短絡にいたったものと推定された。

3. デンドライト発生要因

ハロゲンフリー材料では、難燃剤としてハロゲン系物質に代わりリン系物質が多用される点に特徴がある³⁾。またR-F基板ではFPCと異なり、製造時の積層工程等で繰り返し加熱される。このため、リン系難燃剤が加熱によりイオン性物質を生成することによって、デンドライトの発生が加速されていることが、原因の一つとして推定される。リン系難燃剤については、半導体用ハロゲンフリー封止材に使用されたためにデンドライトが発生するという事故が報告されている⁴⁾。また、R-F基板はFPCをリジッド板で挟みこむ構造になるため、揮発成分の拡散を阻害していることも要因として考えられる。

このほかにも、基板中の水分量、イオン濃度などいくつかの因子が相互的に作用して、耐マイグレーション性能に影響をおよぼしている可能性が考えられる。

4. R-F基板用ハロゲンフリー材料の選定

以上のような背景から、R-F基板用として耐マイグレーション性に優れたハロゲンフリー材料を新たに選定することとなった。選定にあたっては懸案である耐マイグレーション性、基板のUL認定取得のために必要な燃焼性、R-F基板特有の異種材料を積層した基板に対するスルーホールNC加工性について評価を実施した。試験結果一覧を表1に示す。

4.1 耐マイグレーション性

選定当初はR-F基板で耐マイグレーション性が良好な材料はなかったが、耐熱性が高く加熱分解が起こりにくいリン系難燃剤を使用するなどにより、耐マイグレーション性を改良した材料が出はじめるようになった。代表的なサンプルについて、図1に試験時間と絶縁抵抗値の関

係を示す。

現行のハロゲンフリーFPCで量産適用中のAは、FPCでの回路短絡はなく、試験後のサンプルを観察したところデンドライトの発生は認められなかった。しかしR-F基板にすると、デンドライトにより試験開始後24h未満で回路短絡が生じた(図2(a))。また量産中であったほかのハロゲンフリー材料(B, C, D)を評価すると、同様にFPCでは性能上問題ないものの、R-F基板ではデンドライトが発生し24h未満で回路短絡した。これらの結果から、FPCと比較しR-F基板では何らかの要因でデンドライトの発生が加速されており、現行FPCよりも一段と耐マイグレーション性に優れた材料の選定が必要となった。そこでE~Jの材料を入手し評価を行った。

EはFPCでの回路短絡は生じず、試験後のデンドライトの発生も認められなかったが、R-F基板ではデンドライトのため試験開始後150h未満で回路短絡した。しかしF~Jの5品種については、FPC, R-F基板のいずれも耐マイグレーション性試験をクリアし、そのうちG~Jの4品種は試験後のデンドライト発生も認められなかった(図2(b)(c))。

4.2 燃焼性

A~Jのハロゲンフリー材料について、FPCおよびR-F基板で燃焼性試験を行った。試験方法はUL 94に準じ、FPC構成で薄片材料垂直燃焼試験、R-F構成で20MM垂直燃焼試験を実施した。

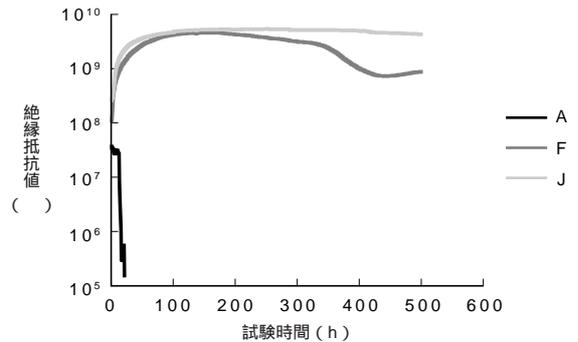


図1 耐マイグレーション性試験時間と絶縁抵抗値の関係
Relationship between migration-resistance test time and an insulation resistance value

表1 試験結果一覧
Test result list

項目		サンプル										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
耐マイグレーション性	FPC	回路短絡	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
		デンドライト発生	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	R-F基板	回路短絡	あり (< 24h)	あり (< 150h)	なし	なし	なし	なし	なし			
		デンドライト発生	あり	あり	あり	あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし
燃焼性試験	片面FPC	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	VTM-0	
	両面FPC	VTM-0	VTM-0	VTM-1	×	VTM-1	×	VTM-1	VTM-0	VTM-0	VTM-0	
	R-F基板	×	×	×	×	×	×	V-1	V-1	V-0	V-0	
NC加工性		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

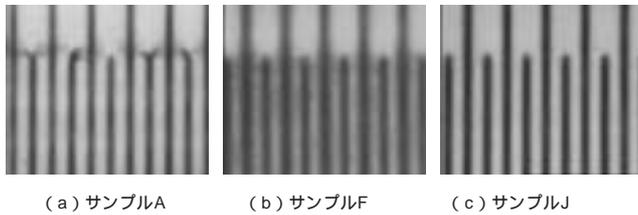


図2 耐マイグレーション性試験後サンプル
After migration resistance test samples
(a: sample A, b: sample F, c: sample J)

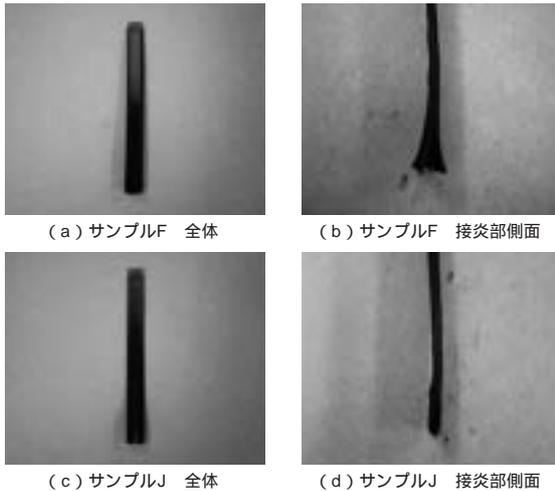


図3 燃焼性試験後サンプル
After inflammability test samples
(a,b: sample F, c,d: sample J)

A, Bは片面, および両面FPC構成でVTM-0と良好な難燃性を示していたが, R-F基板構成では容易に燃焼し規格外となった。C, Eは片面FPC構成でVTM-0だったが, 両面FPC構成でVTM-1, R-F基板構成では規格外となった。D, Fは片面FPC構成でVTM-0だったが, 両面FPC構成, R-F基板構成では規格外となった(図3(a)(b))。また耐マイグレーション性が良好であったG, Hでも片面FPC構成ではVTM-0だったが, R-F基板構成ではV-1と十分な難燃性を得られなかった。しかし, I, Jでは片面および両面FPC構成, R-F基板構成のすべてで良好な難燃性を示した(図3(c)(d))。

このようにFPC構成でVTM-0をクリアした材料でも, R-F基板構成では難燃性が不十分な場合が多い。これはハロゲンフリー材料に使用されている接着剤の難燃性がハロゲン系物質を含む材料に比べて低く, さらにR-F基板構成ではサンプルにしめる接着剤の比率が高くなるためと考えられる。またR-F基板構成では, サンプルの端部から燃焼し, 全体が延焼するものが数多くみられた。端部に露出している接着剤に引火した後, 内部の接着剤まで燃焼していくため, 接着した各層が剥がれる現象が観察される。ハロゲンフリー材料であっても, 製品の安全上, 難燃性は第一に重要視されるべきものであり, ハロゲン系難燃剤を用いずに, 従来と同等の高い難燃性を実現することは難しいことがわかる。その中でも, I, Jは耐マイグレーション性と難燃性を兼ね備えた, バランスの取れ

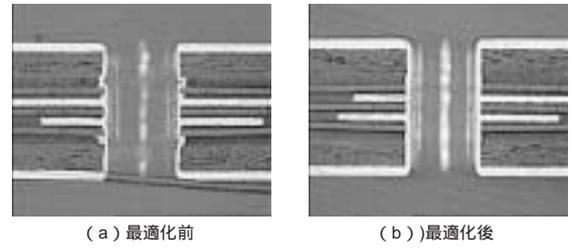


図4 スルーホール断面
Cross sections of a through hole
(a: before optimization, b: after optimization)

た材料と言える。

4.3 NC加工性

さらに, ハロゲンフリー材I, Jについて, R-F基板におけるNC加工性評価を行った。0.3mmのドリルビットでNC加工後にスルーホールの断面を観察し, その平滑性を評価した。ハロゲンフリー材料の接着剤は, 全般にえぐれが大きい傾向がみられた。この原因として, 接着剤の樹脂がNC加工時の発熱に弱いため軟化してしまうこと, 難燃性発現のために無機充填剤が多く添加されていることにより, ドリルビットが磨耗し易いことなどが考えられる。しかしハロゲンフリー材料用にドリル条件や使用するドリルビット, 当て板等の副資材を最適化することにより, スルーホール平滑性を良好にする加工条件を見出した。最適化前後のスルーホール断面を図4に示す。

5. む す び

ハロゲンフリーR-F基板の開発を目的に, FPCで量産適用中のハロゲンフリー材料を用いてR-F基板を試作, 評価したところ, 耐マイグレーション性の一層の向上が必要であることが判明した。そこで, 新たにR-F基板用の耐マイグレーション性に優れたハロゲンフリー材料の選定を行った。さらに難燃性の評価を行い, ハロゲンフリー化と難燃性を両立したバランスの取れた材料を選定した。またNC加工性についても, 加工条件や副資材等を最適化することにより, 現行量産レベルまで改善することができた。

今回の選定結果が良好であった材料についてさらに各種評価を行い, 材料を絞り込んだうえでハロゲンフリーR-F基板の試作を予定している。量産技術を確認し, 早急に製品化したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) グリーン・サバイバル, 日経エレクトロニクス, 3-3, pp.89-123, 2003
- 2) 高分子難燃化技術と応用製品, プラスチックス, 7月号, pp.88-96, 2002
- 3) 難燃材料と応用製品, プラスチックス, 3月号, pp.95-101, 2003
- 4) 富士通HDD問題はなぜ起きたのか, 日経エレクトロニクス, 10-21, pp.99-119, 2002