

# 環境調和型多層プリント配線板の量産化

Application of Environmentally Friendly Multilayer Printed Wiring Board

五十嵐 豊  
IGARASHI Yutaka

八甫谷 明彦  
HAPPOYA Akihiko

鈴木 鉄秋  
SUZUKI Tetsuaki

一般的に使用されている多層プリント配線板には、臭素化エポキシ樹脂が使われており、焼却の方法によってはダイオキシン類が発生すると言われている。窒素系やリン系の難燃剤を使用した材料を採用することで、焼却時にダイオキシン類を発生させない環境調和型多層プリント配線板を開発し、世界で始めてノートパソコン(PC) DynaBook Satellite 2510に採用した。2000年度にはすべてのノートPCに環境調和型多層プリント配線板を採用する予定である。

Conventional multilayer printed wiring boards (PWBs) generally contain epoxy resin bromine, which may generate dioxin at the time of disposal depending on the incineration method.

We have developed an environmentally friendly PWB using flame retardants such as nitrogen/phosphorous chemicals, the first PWB in the world that does not generate dioxin during incineration, and have applied it to a notebook PC (DynaBook Satellite 2510). By the year 2000, we are planning to apply this environmentally friendly PWB to all our notebook PCs.

## 1 まえがき

世界的な環境意識の高まりとともに、電気・電子機器も環境に対する配慮が不可欠となってきている。これに対する一つのアプローチとして、電子機器の筐体(きょうたい)、プリント配線板、半導体パッケージ、絶縁樹脂などのハロゲンフリー、アンチモンフリー化が検討され、一部実用化されている。

ヨーロッパでは環境規制が厳しく、臭素系難燃剤を含まない製品を支持するエコラベルの活動が盛んであり、消費者の環境に対する関心度が高く、表1のようなエコラベルの有無が製品の売れ行きに大きな影響を与えている。また、法規制の一つとして、1994年7月にドイツでダイオキシン規制(Phase1)が施行された。この法律は、法規制施行後5年の緩和措置を経た後、Phase1より10倍厳しい規制値のPhase2規制をクリアしなければならない。

このため、99年7月施行のPhase2規制を照準として、ヨーロッパ市場を中心にハロゲンフリー化が多くの商品で検討されている。

表1. エコラベル  
Eco-label

名称	国名	対象範囲
ブルーエンジェル	ドイツ	コンピュータ、複写機
TC095, TC099	スウェーデン	コンピュータ
ホワイトスワン	北欧諸国	コンピュータ
EUラベル	EU	洗濯機、トイレトペーパー

このような状況のなかで、当社は焼却処分時にダイオキシンや臭化水素の発生を抑えた環境調和型のガラスエポキシ多層プリント配線板を開発し、世界で始めてノートPCに採用、量産化した。

## 2 開発ターゲット

環境調和型多層プリント配線板の開発ターゲットは次のとおりである。

- (1) ハロゲン、アンチモンを含まず、米国安全規格UL94 V-0を取得できる。
- (2) 焼却処理時に、ダイオキシン類や腐食性の強い臭化水素を発生させない。
- (3) 従来の製造設備・工法でプリント配線板が製造できる。
- (4) 従来の部品実装工程のもとで、部品実装を問題なく行える。
- (5) 信頼性は従来のプリント配線板と同等である。

## 3 材料特性

### 3.1 プリント配線板基材

電子機器は消費者の安全性を確保するため、難燃化されている材料で構成されている。一般的な多層プリント配線板の基材は、ガラスエポキシであり、難燃化のため、ハロゲンの一つである臭素を含んだビスフェノールA型のプロム化エポキシ樹脂を使っている。この樹脂は、コストパフ

パフォーマンスに優れ、耐熱性、電気絶縁性、機械特性、加工性などのバランスに優れている。この材料特性に劣らないことが、開発基材に要求された。

開発した基材は、ハロゲン系難燃剤および三酸化アンチモンを使用しない新しい窒素-リン系化合物を中心とした難燃化手法とエポキシ変性技術により、米国安全規格UL94 V-0を取得したFR-4グレード(難燃性ガラスエポキシ銅張積層板)の材料である。

この材料は表2のように、ほとんどの特性で従来基材と同等または優れている。また、ガラス転移温度は、従来基材より高く、耐熱性に優れることから、融点が高くなる傾向にある鉛フリーはんだにも対応できる。

表2. プリント配線板基材の材料特性  
Characteristics of PWB base material

項目	処理条件	単位	環境調和基材	従来基材
絶縁抵抗	C-96/20/65 +D-2/100	Ω	$5 \times 10^{12}$	$5 \times 10^{12}$
引きはがし強さ (銅はく18μm)	A At160°C E-1000/177	kN/m	1.2 0.6 1.1	1.6 0.4 <0.1
はんだ耐熱性	260°C	min.	>10	>10
耐ミーズリング性	D-/100+ 260°C×30		膨れ ミーズリングなし	膨れ ミーズリングなし
ガラス転移温度	DMA法	°C	175	160
耐熱性	UL94	-	V-0	V-0

ミーズリング：熱的なひずみによって、プリント配線板内のガラス繊維と樹脂がはく離する現象。

DMA：Dynamic Mechanical Analysis

条件処理の表示：アルファベットは処理の種類を、数字は処理時間、温度、相対湿度などを示す。

### 3.2 ソルダレジストインキ

ソルダレジストインキとは、プリント配線板表面にコーティングされているインキであり、はんだ付けに不必要な銅パターンを被覆し、はんだ付け性を制御する働きをしている。

一般的に使われているソルダレジストインキは緑色(フタロシアニングリーン)であるが、緑色顔料は化学骨格に塩素が含まれている。当社は、この塩素を抜いた青色(フタロシアニンブルー)のソルダレジストインキを環境調和型プリント配線板に採用した。ソルダレジストインキの特性は従来の緑色と変わらない。

青色のソルダレジストインキは、従来のプリント配線板と区別することができ、環境調和品のイメージカラーとなっている。

## 4 信頼性

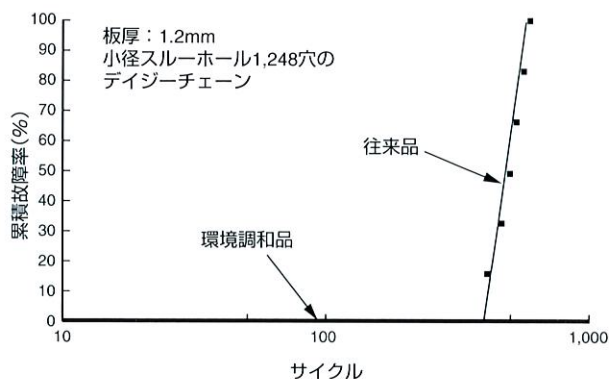
主な信頼性については、表3のとおり製品として十分採

表3. 信頼性試験

Reliability

試験内容	試験条件	結果
ホットオイル試験	20°C(20s)⇔260°C(10s)	100サイクル後異常なし
気相熱衝撃試験	-65°C(30min.)⇔室温⇔125°C(30min.)	1,000サイクル後異常なし
絶縁抵抗試験 1)層間 2)層内 3)TH-V/G層間	85°C 85% 測定電圧DC50V 印加電圧DC12V	1,000h後異常なし
ピール強度	90°引きはがし	1N/mm以上

TH-V/G：スルーホール-電源/グラウンド



デジチェーン：スルーホールを電気的に一筆書き状態に接続すること

図1. スルーホール信頼性 環境調和品は、1,000サイクルを超える十分な信頼性がある。

Reliability of through-holes

用できるレベルである。ドリル加工や銅メッキ付きまわりは、従来品と同様に良好である。スルーホール信頼性については、図1に示すように従来品を超え、1,000サイクル後も十分な接続信頼性がある。

## 5 燃焼試験

### 5.1 主な発生ガス

焼却処分を想定した燃焼時の発生ガス分析を図2に示す。これは750°C、10分の条件で空气中で燃焼させ、その際発生するガスを吸収液に吸収し、イオンクロマト分析を実施した結果である。従来品は焼却炉の腐食を促進する臭化水素ガスが発生するが、環境調和品は臭化水素ガスの発生が認められず、良好な結果となっている。

### 5.2 ダイオキシン類

ダイオキシン類はヨーロッパだけではなく、国内でも問題意識が高まっている物質であり、発がん性や催奇形性などの影響が報告されている。ダイオキシン類発生の対策として、次の三つの方法が考えられる。

- (1) ダイオキシン類が発生しないように焼却する。



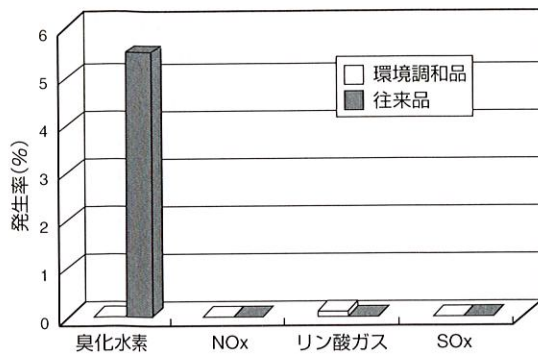


図2. 焼却時の発生ガス 環境調和品は、腐食性の高い臭化水素の発生がない。

Gases generated during combustion

- (2) ダイオキシン類の発生するものを焼却しない。
- (3) ダイオキシン類の発生しないものを焼却する。

以上三つの方法について、プリント配線板の処分に当てはめて考えてみると、(1)の方法は、焼却の方法によっては有価金属やスラグを得ることができ、ある程度リサイクルが可能である。酸素を十分供給しながら大型の焼却炉で高温焼却したり、フィルタリング技術により焼却設備からのダイオキシン類の排出を抑えられる。(2)の処分方法は、現状では埋立てが中心となる。埋立ては決して良い処理方法ではない。(3)は(1)同様にリサイクルが可能であり、ダイオキシン類を発生することはなく、(3)がベストな方法と考える。

焼却処分を想定した条件で、従来品と環境調和品についてダイオキシン類を測定した。被測定物1gを800℃にコントロールした管状電気炉で燃焼し、そのガスを高分解能GC/MS(ガスクロマトグラフィー/マススペクトル)で分析した。

発生したダイオキシン類は2, 3, 7, 8-TCDD(テトラクロロジベンゾ-P-ダイオキシン)を基準とした濃度(2, 3, 7, 8-TCDD等量濃度)に換算した。塩素系の2, 3, 7, 8-TCDD等量濃度については一般的に公表されているが、臭素系については等量濃度が公表されていないことから、暫定的に塩素系と同等に計算した。

結果は表4のとおりであり、従来品については主に臭素

表4. 燃焼時のダイオキシン類  
Dioxin and related molecules generated during combustion

材 料	(ng-TEQ/g)			
	PBDDs	PBDFs	PCDDs	PCDFs
従来品	0.5050	1.8100	0.0005	0.0075
環境調和品	検出なし	検出なし	検出なし	検出なし

PBDDs : ポリ臭素化ジベンゾダイオキシン  
PBDFs : ポリ臭素化ジベンゾフラン  
PCDDs : ポリ塩化ジベンゾダイオキシン  
PCDFs : ポリ塩化ジベンゾフラン

系のダイオキシン類の発生が見られたが、環境調和品ほどのダイオキシン類の発生も見られず、良好な結果を得た。

## 6 製造性

### 6.1 プリント配線板の製造性

プリント配線板の製造は、従来の設備・工法で対応可能である。ただし、現状は外形加工性が従来品に比べ若干劣ることから、1.2mm以上の板厚については、パンチング加工ではなくルーター加工<sup>(注1)</sup>で量産している。今後はパンチング加工が可能になるように改良を進めていく。

### 6.2 部品実装

部品実装の製造性については、従来品と同じであり、特に問題はない。

実装後についても、XY方向の線膨張係数が従来品と同等であることから、部品はんだ接合信頼性は従来品と同等である。

## 7 量産化

図3のノートPC DynaBook Satellite 2510に搭載したメインボードは、図4に示すような6層貫通、板厚1.2mmの環境調和型多層プリント配線板であり、世界で始めて採用し量産化した。99年8月現在、13機種のノートPCに量産を展開している。また、図5のような高密度配線に対応できる環境調和型多層ビルドアッププリント配線板についても開発に成功している。2000年には全てのノートPCに環境調和型のプリント配線板を採用する予定である。

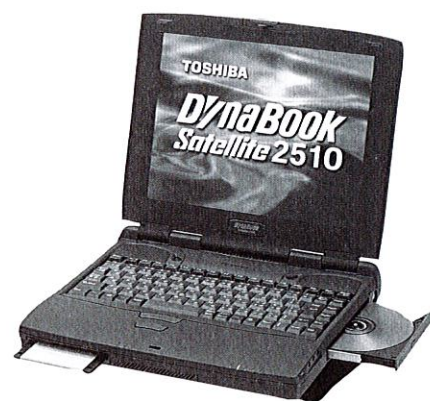


図3. DynaBook Satellite 2510 世界で始めて環境調和型多層プリント配線板を採用した。  
DynaBook Satellite 2510

(注1) プリント配線板の外形加工方法の一つで、ルータービットの回転により、基材を削り、外形切断、スリット加工などを行う方法。

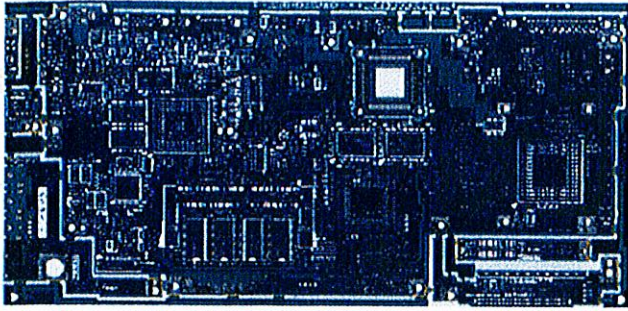


図4. 環境調和型多層プリント配線板 DynaBook Satellite 2510に搭載したもので、塩素を抜いた青色のソルダーレジストインキを採用している。

Environmentally friendly multilayer PWB for DynaBook Satellite 2510

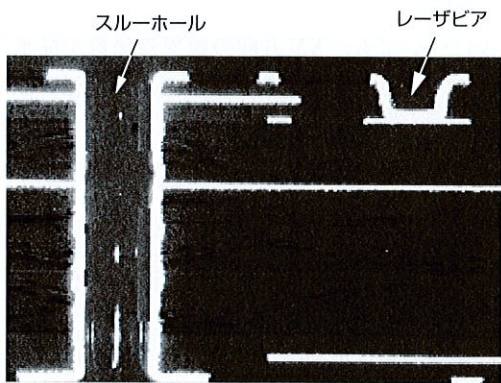


図5. 環境調和型多層ビルドアッププリント配線板の断面 レーザでビアを形成するので、微小径のビアを形成でき、さらなる高密度設計が可能となる。

Cross section of environmentally friendly built-up PWB

## 8 あとがき

環境調和型多層プリント配線板については、当社が世の

中に先駆けて送り出した。21世紀の子どもたちにかけてえのない美しい地球を残すために、採用の拡大を図り、デファクトスタンダードになることを期待する。

ここではプリント配線板について述べたが、実装する部品、鉛フリーはんだ、筐体を含めた機器全体を通して、環境調和型製品(ECP: Environmentally Conscious Products)の開発を推進する。

## 文 献

- (1) 鈴木鉄秋, 他. 環境調和型プリント配線板材料. 電子材料, 37, 10, 1998, p.63.
- (2) 八甫谷明彦, 他. “環境調和型プリント配線板の開発・量産化”. 第13回エレクトロニクス実装学会講演大会論文集. エレクトロニクス実装学会編. 東京. 1999-03, エレクトロニクス実装学会. 東京, 1999, p.31-32.
- (3) 八甫谷明彦, 他. 環境調和型多層プリント配線板の開発. 月刊エレクトロニクス. 4, 6, 1999, p.32-38.



五十嵐 豊 IGARASHI Yutaka

デジタルメディア機器社 青梅工場 実装技術部グループ長。プリント配線板の設計・開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。

Ome operations



八甫谷 明彦 HAPPOYA Akihiko

デジタルメディア機器社 青梅工場 実装技術部主務。プリント配線板の設計・開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。

Ome operations



鈴木 鉄秋 SUZUKI Tetsuaki

東芝ケミカル(株) 電子部材事業部 技術部部長。プリント配線板材料の開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。

Toshiba Chemical Corp.