ガラスクロス の 薄 さ と 機 能 の 追 求

木村 康之*, 松出 大祐*, 吉川 真士*

The Researches in Thinness and Functions of Glass Fabrics

Yasuyuki KIMURA*, Daisuke MATSUDE* and Shinji YOSHIKAWA*

*旭シュエーベル株式会社技術開発部 (〒524-0001 滋賀県守山市川田町下替場397-4)
*Technology and Development, Asahi-SCHWEBEL Co., LTD. (397-4 Shimokaeba, Kawada-cho, Moriyama-shi, Shiga 524-0001)

1. はじめに

高度情報化社会を支える電子情報機器において、モバイルパソコンや携帯電話などの携帯機器の性能向上には目をみはるものがある。特に、高性能、高機能化に加えて、小型、薄型携帯化への移行が急速に進められている。これに伴い、プリント配線板にも高実装密度化に対応した細線化、小径穴化、高精度化、小型薄型化が求められている。プリント配線板製造において、これらの要求を実現する支柱となっているのが、1層ずつ導体層と絶縁層を形成し、コア板に各層を積み上げていくビルドアップ法である。

当初、その各層を形成する基板材料として、レーザ加工穴形成の有利さ、および層の薄さ要求から、樹脂付き銅箔(RCC)や樹脂フィルムのような、繊維状基材のない材料が用いられた。しかしながら、昨今、レーザ加工機の進歩、および均一な繊維分布を特長とするレーザ加工対応扁平ガラスクロス¹⁾(MSクロス)の上市により、プリプレグ基材によるビルドアップ基板が主流となってきている。

特に、国内ではパッケージ用サブストレート基板がその

主たる用途としてあげられ、高密度実装のための表面平滑性、小径穴加工性、薄板剛性を目的として、超極薄高機能ガラスクロス の 採 用 が 進 ん で い る 。 ま た 、 高 実 装 密 度 化 に 伴 い 、 寸 法 安 定 性 、 レ ー ザ 加 工 安 定 性 な ど の 精 度 を 追 求 し た ガ ラ ス ク ロ ス の 要 求 も 高 ま り を 見 せ て い る 。 本 報 で は 、 薄 さ を 追 求 し た ガ ラ ス ク ロ ス 、 お よ び 各 種 機 能 を 追 求 し た ガ ラ ス ク ロ ス に つ い て 述 べ る 。

2. 薄さを追求したガラスクロス

2.1 超極薄ガラスクロスの開発動向

われわれの極薄ガラスクロス開発ロードマップを図1に示す。この分野において、われわれが開発したMS加工技術(扁平拡幅技術)は重要な要素技術であり、新規スタイルに適用することにより、極薄・均一ガラスクロス を 順 次 、 開 発 上 市 し て い る 。 2000 年 の MS ク ロ ス 上 市 は 厚 さ 50 μ m タイプガラスクロス (IPCスタイル: 1078, 1280 など) が主であり、2002年には厚さ30 μ mタイプガラスクロス (IPCスタイル: 1037), 2004年に厚さ20 μ mタイプガラスクロス (IPCスタイル: 1027) の上市が完了し、現在、厚さ

図1. 極薄ガラスクロスの開発ロードマップ

図2. 極薄ガラスクロス試作例

$13\mu\text{m}$ のガラスクロス（開発スタイル1010），および最終目標として，厚さ $10\mu\text{m}$ のガラスクロスの上市を予定している。

2.2 超極薄ガラスクロス生産におけるキー技術

厚さ $10\mu\text{m}$ の超極薄ガラスクロス開発におけるキー技術は，構成する糸束をいかに拡幅し，その状態を維持するかである。超極薄ガラスクロスに使用されるガラス糸は，径が約 $4\mu\text{m}$ の単糸で構成されている。つまり，実質的に厚さ約 $10\mu\text{m}$ を達成するためには，ガラスクロスを構成するタテ糸およびヨコ糸の交点部において，糸の厚さ方向での分布は3本未満であることが必要であり，そのためには各糸は完全に拡幅されていることが要求される。これを阻害する糸の集束因子として，

- ・ガラス糸の撚り：従来，ガラス糸の単糸切れなどを抑制する目的で，長さ1インチ当たりに1回程度加えられている
- ・タテ糸への張力：ガラスクロス生産において付与される長さ方向への引張り張力

があげられる。以上により，撚りを極力少なくした糸（無撚糸もしくは低撚糸）を使用したガラスクロス生産技術，および，張力下でもタテ糸が拡幅された状態を保持可能な物理加工技術がキー技術として位置づけられる。

また，これまでに開発上市してきた扁平タイプガラスクロス，布重量と厚さでプロットすると相関が認められ，厚さ $10\mu\text{m}$ を実現するためには布重量は約 $10\text{g}/\text{m}^2$ という目安が得られる。これら要素技術の検討結果をもとに，糸種などを考慮し，図2に示す超極薄ガラスクロスを設計・試作した。

2.3 超極薄ガラスクロスを使用した基板の特性

表1に超極薄ガラスクロスを使用した両面板の一般的特性を示す。ここでは，ガラスクロス基材が薄いことに起因する問題点は特に認められない。しかしながら，以下の2項目が懸念点として考えられ，詳細検討を実施した。

表1. 厚さ： $10\mu\text{m}$ タイプガラスクロス使用基板の特性

項目	条件	単位	特性値
基板絶縁層厚さ	Cu除去	mm	0.018
表面粗度	Ramx	μm	2.2
引張り強さ	23°C	MPa	145
引張り弾性率	23°C	GPa	11
熱膨張係数 α_1 (XY方向)	$50\sim 100^\circ\text{C}$	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$	20
はんだ耐熱性	$260^\circ\text{C} \times 1$ 分		○
基板構成	樹脂：高耐熱エポキシ樹脂（粘弾性法Tg: 200°C ） 銅箔： $12\mu\text{m}$		

2.3.1 層間絶縁信頼性

層間絶縁信頼性に影響を及ぼすと考えられるガラスクロス関連項目は，銅箔とガラス糸の接触，ガラス糸束内のボイド，厚さ方向のクラックと推定される。それぞれの項目に対する改善策からガラスクロスに求められる特性として，ガラスクロスのバスケットホール[†]の低減化，糸束の扁平化，ガラスクロスの開繊化[†]があげられ，われわれの超極薄ガラスクロスの標準仕様となっている。

これらをもとに，図3に表層の樹脂厚さを変えて作成した，厚さ $10\mu\text{m}$ タイプのガラスクロスを使用した両面板の層間絶縁信頼性評価の結果を示す。厚さ約 $20\mu\text{m}$ の絶縁層であっても，ロープロファイルの銅箔との組み合わせで絶縁信頼性保持の可能性が確認された。

2.3.2 長期絶縁信頼性

ガラスクロスを使用した基板では，ガラス繊維に沿って銅イオンが移行して発生するCAF現象による絶縁性の低下が懸念される。特に，超極薄ガラスクロスにおいては，用いられるガラス繊維の単糸径が細いため，ガラスクロス単位重量当たりのガラス表面積が大きくなり，従来のガラス表面処理技術に加え，種々の工夫，特に主剤であるシラン

図3. 層間絶縁信頼性試験

(1) 改善表面処理

(2) 汎用表面処理

図4. スルーホール間絶縁信頼性試験

カップリング剤[†]およびその処理液の塗布条件に工夫が必要となる。図4にわれわれの開発した極薄ガラスクロス用表面処理と、従来表面処理の差異を長期絶縁信頼性試験で検証した結果を示す。改善表面処理ガラスクロスでは、2000時間の吸湿試験で絶縁劣化は観測されず、改善効果が確認された。

2.4 超極薄ガラスクロスの展開

ガラスクロスが薄くなることによって、これまででは不可能と考えられた基板技術領域が可能となり、新しい特性を有した基板を具現化できるようになってきている。以下、その応用展開例を紹介する。

2.4.1 高密度実装化の推進

高密度実装化において、重要な技術因子はBVH[†]などの小径化である。つまり、アスペクト比の関係からビルドアップ層も含め、層間の厚さを薄くすることが重要となる。そのためには、小径穴加工性に優れた基材が必要であり、われわれが展開している均一かつ超極薄のガラスクロスが必須の技術となってきている。小径穴加工の一例として、厚さ10 μ mタイプのガラスクロスを使用したビルドアップ層におけるレーザ加工小径穴の状態を図5に示す。炭酸ガスレーザ加工、およびUV-YAGレーザ加工においても、外観、再現性ともに、良好な穴形成状態が観察される。

2.4.2 基板の高剛性化

基板の薄板化が進展するにつれ、基板の剛性不足が顕在化し、部品実装点数の増加に伴い、問題点としてあげられている。一般に、積層板は同一厚さの場合、理論的に基材の枚数の増加とともに、その剛性（曲げ弾性率）は増加する。基板自体を薄くするニーズと基板の剛性を維持・向上させるニーズの両者を満たすためには、基板を構成する基材をより薄くし、かつその積層枚数を上げることが解となる。図6に各種厚さのガラスクロスを用い、基板中のガラス量がほぼ同等になるようにガラスクロス枚数を調整した基板を作成し、その曲げ弾性率を測定した結果を示す。写真にも示されるように、超極薄ガラスクロスをより多く積層した基板の剛性が明確に高いことが確認された。

3. 精度を追求したガラスクロス

3.1 二重構造ガラスクロス（DSクロス）について

直近のプリント配線板用ガラスクロスの開発は超極薄均一化を中心に進めてきたが、厚さに対する挑戦も限界に近づき、また業界ニーズの多様化への対応、海外クロスとの差別化も併せ、今後はさらに機能を加えた超極薄ガラスクロスの開発に、目標をレベルアップする必要がある。

極薄ガラスクロスのさらなる高機能化の一例として、わ

加工機	ESI MODEL5330
加工法	スパイラル
穴径	60 μm

(1) UV-YAG レーザ加工

加工機	日立製作所 LC-2G2122C
ショット数	1
穴径	65 μm

(2) 炭酸ガスレーザ加工

4層板 表層：厚さ10 μm タイプガラスクロス使用

図5. レーザ小径穴加工状態

図6. 各種厚さクロス使用基板の曲げ弾性率

れわれは二重構造ガラスクロス²⁾ (DSクロス)を開発している。このタイプのガラスクロスの基本構造は、1枚のガラスクロスでありながら、厚さ方向に分割され、二重構造となっていることに特徴がある。織物構造はさまざまな仕様が可能であり、それに伴い、発現する特性也多岐に及ぶ。主たる特性として、寸法安定性、加工性、剛性、ソリ・ネジレ抑制があげられる。

今回は、寸法変化、およびレーザ加工などの精度に着目した表2に示す厚さ30 μm のDSクロス（開発スタイル：6048）について報告する。この織物構造は、上下の構造を絡ませることで織物としての「拘束性」を高め、さらに各層の隣り合う糸同士に十分なスペースを確保することで、ガラス糸の拡幅を向上させ「均一性」を向上させたものである。このため、拘束性による寸法変化の精度向上、均一

表2. DS ガラスクロス

クロス種	DSクロス6048	MSクロス1037MS
厚さ [mm]	0.028	0.028
織り構造イメージ図	特殊2重構造	平織り

性によるレーザ加工の精度向上が期待できる。

3.2 DSガラスクロスの効果について

3.2.1 寸法変化の精度

高密度基板分野ではビルドアップ法を応用した、積層板の前段階である樹脂が半硬化状態のプリプレグの段階で回

図7. プリプレグ成型時の寸法変化

(1) 平織り極薄クロスの面分布例

(2) 面積分布比較

図8. ガラス糸の面方向分布比較

路を形成し、そのプリプレグを複数枚重ねて積層成型することで、回路基板を得る一括積層などの手法も検討されている。この手法は、従来の基板成型後配線を形成する手法に比較して、回路を形成したプリプレグを加熱成型により硬化する際に、樹脂の流動、および樹脂の硬化収縮を伴うために、寸法変化のバラツキが大きくなる傾向があり、その低減が求められている。DS ガラスクロスを使用したプリプレグについて、プリプレグから加熱加圧成型した積層板までの寸法変化について評価した結果を、図7に示す。DS ガラスクロスは、プリプレグの寸法変化のバラツキが従来の平織りガラスクロスに比較して小さいことが確認された。これは、拘束された剛直な織り構造が、樹脂流動や硬化収縮によるバラツキを抑制した効果であると考えられる。

3.2.2 レーザ加工性の精度

従来の平織り構造のガラスクロスを上から観察した場合、図8(1)に示すように、

- 1) ガラス糸が存在しないバケットホール部分
- 2) ガラス糸が1本の部分
- 3) ガラス糸が上下に存在する織り交点部分

が存在する。ガラスクロスと樹脂の複合材料であるプリプレグ基材の、レーザ穴あけ加工を行う場合、無機物であるガラス糸は樹脂に比較して高エネルギーを必要とするために、ガラス糸のない1)バケットホール部では穴径が大きくなりやすく、2)ガラス糸が1本の部分、3)ガラス糸が上下に存在する織り交点部分の、ガラス糸の存在量の順に、穴径が小さくなる傾向にある。図8(2)のように、MS ガラスクロス

(1) DSクロス仕用穴径分布

(2) 1037MSクロス仕用穴径分布

図9. レーザ加工性評価結果

はガラス糸を均一扁平化することでバスケットホール部分の面積を小さくすることに成功したものであるが、今回開発したDSガラスクロスは、さらに面方向でのガラス糸の分布を均一にした構造を有する。図9に、炭酸ガスレーザーによる穴加工のバラツキを、評価した結果を示す。DSガラスクロスは、小さな穴径バラツキを実現できることが確認できた。

4. おわりに

電子機器の小型化、薄型化の流れから、使用されるプリント配線板も高密度化に加え、薄さ、形態の自由度を求められている。それらを実現するために、MSクロスに代表される均一なガラス繊維分布を有した、厚さ10 μ m台の超極薄ガラスクロスの採用も進んでおり、新しい機能を有した基板の具現化に貢献している。また、DSガラスクロスをはじめとして、新規な織り構造により、特定の機能を一段と飛躍させるガラスクロスに関する開発も進めている。

一方で、このようなガラスクロスは生産性も低く、高価にならざるを得ない面もあり、量を念頭にした汎用化仕様ではなく、少量多品種・1社仕様を念頭に、より顧客に密着した商品開発を進め、採用される機器の機能向上に協力していきたいと考えている。

(2006.11.24・受理)

文 献

- 1) 木村康之、権藤義宣、藤村吉信：“レーザー加工IVH基板用ガラスクロス基材の開発”，第14回エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集，pp. 11-12, 2000
- 2) 木村康之、権藤義宣、吉川真士、染矢 誠、藤村吉信：“ガラスクロスによる基板高性能化に関する検討”，第20回エレクトロニクス実装学会講演論文集，pp. 243-244, 2006

†用語解説

バスケットホール：平織りなどの織物に存在する目開き（メッシュ）部分。

開織化：織物に作用を加えて繊維相互の絡まりや、繊維の収束を解く加工を施すこと。

シランカップリング剤：珪素を介して1分子中に有機官能基と無機官能性の加水分解基（無機官能基）をもつ薬剤。有機官能基は樹脂との濡れ性向上や、反応する効果を有し、無機官能基は無機物と反応する効果を有する。この作用により、無機物と有機物の異種材料間の、接着性や濡れ性向上に効果を発揮する。

BVH：Blind Via Holeの略号。経由穴のうち、穴の一端が閉鎖されている経由穴。