

# アラミド薄織物を用いた次世代型電子基板の開発

－アラミド基板の特性評価と加工性評価－

沢野井康成\* 吉村慶之\*\* 神谷淳\* 杉浦宏和\*\* 長谷部裕之\*  
木水貢\*\*\* 橘泰至\*\*\* 川上賢治\*\*\*\* 猪谷隆\*\*\*\*\*

次世代産業を担う電子機器には、熱的に安定した高い動作信頼性や通信速度の向上による高性能化が要求されている。アラミド繊維は熱的安定性に優れた材料であり、また、比誘電率が低いため伝送信号の高速化に適していることが期待される。そこで、本研究では、アラミド繊維織物を用いて電子基板を試作し、各種特性や加工性を評価した。その結果、基板の積層前後における寸法変化率が小さく、熱的安定性に優位を示すことがわかった。また、比誘電率、特性インピーダンスを評価し、信号の伝送速度が向上することを検証した。さらに、基板の加工性として、高速信号に用いられる小径のスルーホールが形成できることを確認した。

キーワード: アラミド繊維, 電子基板, ガラスエポキシ

## Development of Next-generation Electronic Substrates Using Aramid Thin Textile - Characteristic and Workability Evaluations of Aramid Electronic Substrates -

Yasunari SAWANOI, Yoshiyuki YOSHIMURA, Jun KAMITANI, Hirokazu SUGIURA, Hiroyuki HASEBE, Mitsugu KIMIZU, Yasushi TACHIBANA, Kenji KAWAKAMI and Takashi INOTANI

Electronic equipment for next-generation industries requires high performance with a high thermal stability and improved transmission speed. An aramid fiber with an excellent thermal stability and a low relative permittivity is anticipated to be a suitable material for high-speed signal transmission. In this study, an electronic substrate sample utilizing aramid fiber textile was made, and its characteristics and workability were evaluated. As a result, the dimensional change of the substrate before and after lamination was small, which proved its thermal stability. Moreover, its relative permittivity and characteristic impedance were evaluated, and it was verified that the signal transmission speed was improved. Furthermore, regarding the workability of the substrate, it was confirmed that through-holes with small diameters for high-speed signal transmission were formed.

Keywords: aramid textile, electronic substrate, glass epoxy

### 1. 緒 言

次世代産業を担う医療機器、電気自動車、航空機等の分野で活用される電子機器には、熱的に安定した高い動作信頼性、通信速度の向上による高性能化が要求されている。現在、電子機器に搭載されている電子基板の多くは、ガラス繊維織物にエポキシ樹脂を含浸させてプレス成形したガラスエポキシ基板が使用されている。しかし、ガラス繊維の比誘電率が高いため高速

信号が伝送しにくく、通信速度を向上させるのは困難である。そこで本研究では、ガラス繊維の代替として比誘電率が低く、熱的安定性に優れたアラミド繊維に着目した。しかし、薄いテープ状のアラミド繊維を織物にして用いた電子基板の開発は過去に例がなく、電子基板としての特性や加工性が未知なことから、評価、検証が必要である。

ここでは、電子基板の特性として、基板の積層前後における寸法変化率、軽量性等の物理的特性、比誘電率、絶縁抵抗、信号線路の特性インピーダンス等の電気的特性を評価した。また、電子基板には必須となる

\*繊維生活部 \*\*電子情報部 \*\*\*企画指導部

\*\*\*\*サンコロナ小田(株) \*\*\*\*\*東京ドロウイング(株)

スルーホール加工性として、ドリル加工性やめっき性等について評価し、アラミド薄織物を用いて試作した電子基板の有用性を検討した。

## 2. 電子基板の特性評価

### 2. 1 アラミド基板の製造

図1に示すように、アラミド原糸を開織したテープ状のアラミド繊維を製織し薄織物を製作した。次に、この薄織物に熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂を含浸させ、プレス機による熱プレス法でアラミド基板を成形した。試作したアラミド基板を図2に示す。

### 2. 2 アラミド基板の物理的特性評価

#### 2. 2. 1 寸法変化率

電子基板は積層して多層化することにより、電子回路の高密度化を実現している。その際、層間をスルーホールによって導通させているが、高温高圧により積層前後で上下の基板の位置ズレが大きいと、線路をスルーホールで導通できない。そこで、図3に示す基板

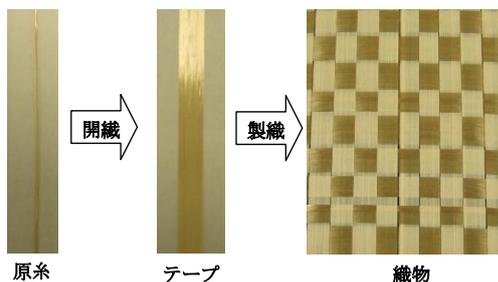


図1 薄織物の製作過程

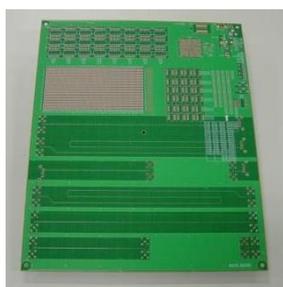


図2 試作したアラミド基板

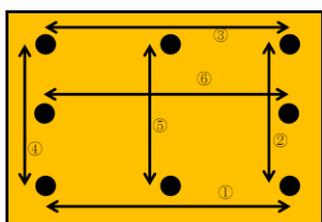


図3 基板の寸法変化率測定箇所

の測定箇所(①～⑥)両端矢印 縦方向290mm, 横方向310mm)における積層前後の寸法変化率を測定した。その結果、アラミド基板は-0.01～0.006%であった。比較のガラスエポキシ基板では-0.05～-0.01%であり、アラミド基板はプレス成形時の寸法変化が小さいことがわかった。

#### 2. 2. 2 軽量性

アラミド基板の軽量性について評価した結果を表1に示す。ガラスエポキシ基板よりも4層基板で約29%、8層基板で約22%軽量化されていた。ただし、銅は比重が大きいため、銅箔層数が増えると軽量化される効果は小さい。

### 2. 3 アラミド基板の電気的特性評価

#### 2. 3. 1 比誘電率

電子基板における信号の伝送速度は、基板の比誘電率が低いほど高速に伝達する。そこで、ネットワークアナライザ(Agilent technologies製 N5221A)を用いて、周波数が100MHz～10GHzまでの比誘電率を評価した。その結果を図4に示す。評価した全周波数帯域に渡ってアラミド基板の方が約20%低く、後述する特性インピーダンスの評価結果でも示すが、信号の伝送速度の改善が期待できる結果となった。

表1 基板の軽量性評価

基板	銅箔4層板 (240×220×1.2mm)	銅箔8層板 (270×230×1.2mm)	織物の 比重
アラミド	101.0g	168.5g	1.45
ガラス エポキシ	142.5g	215.0g	2.54

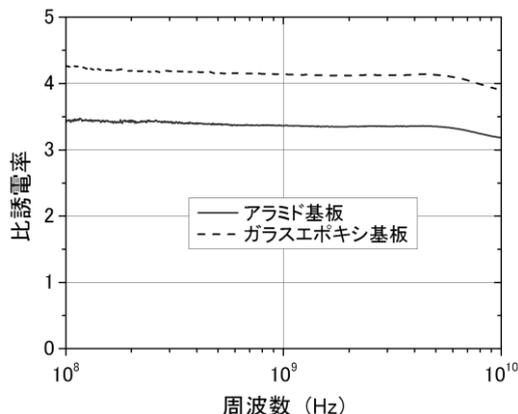


図4 電子基板の比誘電率評価結果

### 2. 3. 2 絶縁性

絶縁性の指標である体積抵抗率，表面抵抗について，これらを評価した結果を図5に示す。アラミド基板はJIS C6483<sup>1)</sup>にある体積抵抗率で $10^{13} \Omega \text{ cm}$ ，表面抵抗で $10^{12} \Omega$ 以上の要求を満足しており，また，ガラスエポキシ基板と遜色ない性能を有していた。

### 2. 3. 3 特性インピーダンス

信号が高速に伝送するためには，線路の特性インピーダンスが重要である<sup>2)</sup>。特性インピーダンスが規定の範囲になれば伝送信号の反射が起こり，信号品質の劣化の要因となる。特性インピーダンス値は通信規格によって異なるが，ここでは，一般に広く用いられる $50 \Omega$ で設計した。図6に電子基板の特性インピーダンスを評価した結果を示す。横軸は時間であり，線路の長さ一意の関係にある。なお，線路の先端は開放状態としたため，先端部で急激な特性インピーダンスの上昇が生じている。

特性インピーダンスは，一般に規定した値の $\pm 10\%$

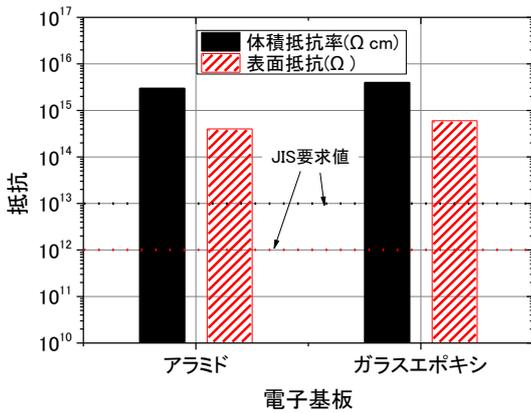


図5 電子基板の絶縁性評価結果

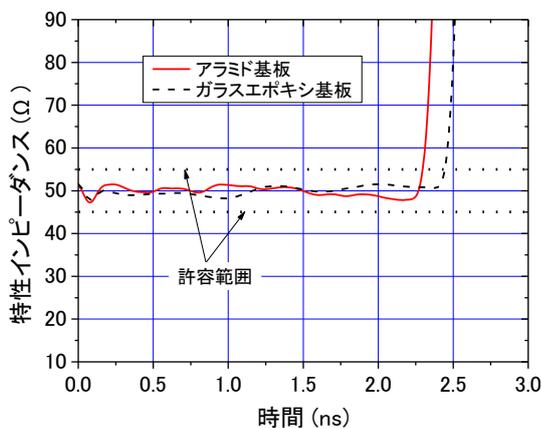


図6 電子基板の特性インピーダンス評価結果

が許容範囲(ここでは， $50 \Omega \pm 10\%$ )とされているが，両基板とも許容内であり，設計通りに試作できたことが確認された。なお，両基板とも同長の線路としたが，アラミド基板の方が先端部への信号到達時間が早いため，特性インピーダンスの立ち上がりが早く現れた。これより，信号の伝送速度が約5%速いことがわかる。

以上は信号の伝送によく用いられている線路がグラウンドに対して1本(シングルエンド線路)の場合について述べた。次に，外来からのノイズ成分に対して耐性が強いとされる線路が2本(差動線路)の特性インピーダンス(差動インピーダンス)を評価した結果を図7に示す。アラミド基板の差動インピーダンスはガラスエポキシ基板と同様， $100 \Omega \pm 10\%$ の許容範囲内で試作されており，インピーダンスを制御することが可能であると考えられる。

## 3. 電子基板の加工性評価

### 3. 1 穴あけ加工性

電子基板は多層構造である場合がほとんどであり，層間はスルーホールで導通させる必要がある。スルーホールは，一般にドリルによる穴あけ加工後，穴内面を銅めっきすることによって基板の上下を電気的に接続している。そこで，上下に $35 \mu \text{ m}$ の銅箔が貼ってある $0.8 \text{ mm}$ 厚の基板に， $\phi 0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$ のドリルによる穴あけ加工を行った。加工面を観察した結果を図8に示す。バリ，毛羽立ち等の欠陥<sup>3)</sup>がほとんどない良好な加工面性状を得ることができた。

また，ドリル摩耗については，図示しないが国内の電子基板製造現場における標準交換期間内では大きな摩耗は確認できず，ガラスエポキシ基板と同等の加工性である。

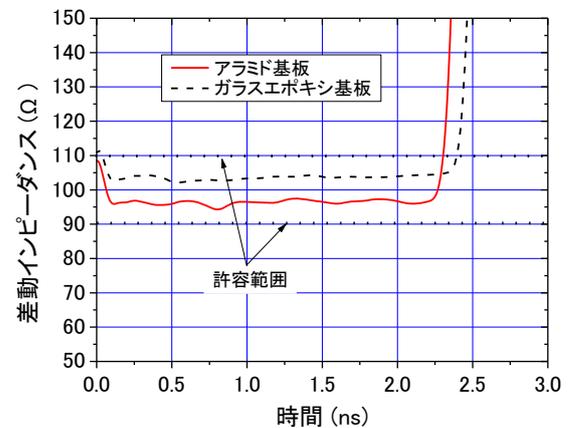


図7 電子基板の差動インピーダンス評価結果

### 3. 2 めっき加工性

穴あけした電子基板に5~6 $\mu$ mの無電解銅めっきを行った後、さらに20~30 $\mu$ mの電気銅めっきを行い、断面観察した結果を図9に示す。加工穴内面にも均一に銅めっきされて導通性が確保され、また、クラック、

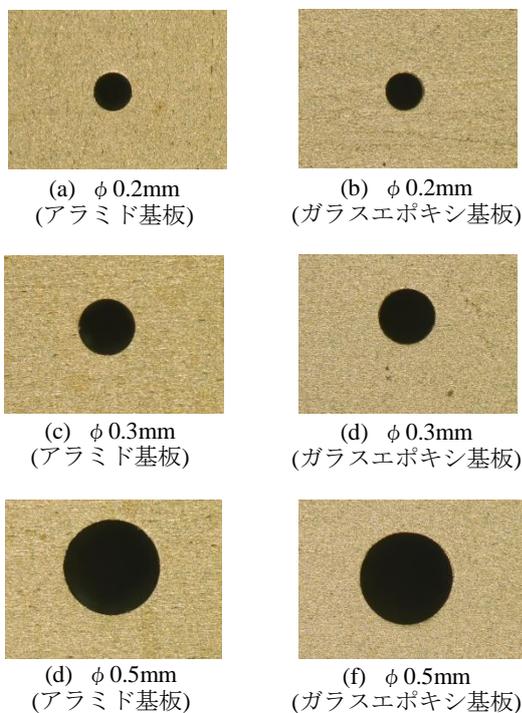


図8 穴あけ加工後の加工面観察結果

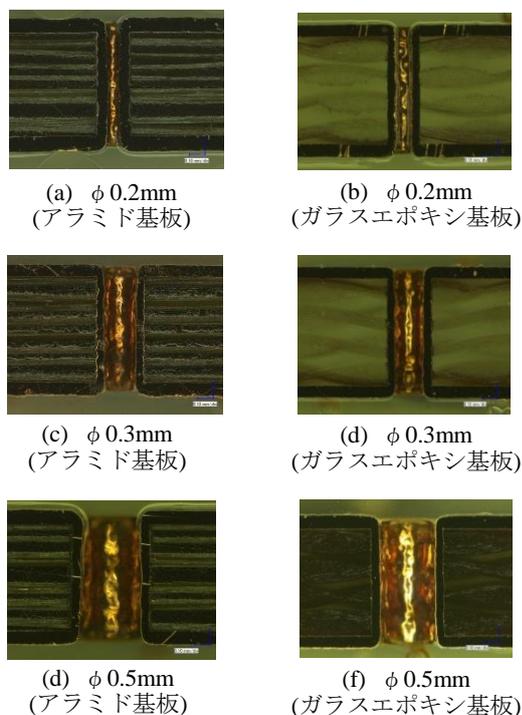


図9 穴あけ加工後の加工断面観察結果

はがれ、アラミド繊維の突き出し、アラミド基板の隙間へのめっき侵入等の欠陥もなく良好にめっき処理されていることが確認された。

近年、信号の高速化や高密度実装に伴い、スルーホール微小化が進んでおり、本研究で開発した $\phi$  0.2mmのスルーホールを形成できるアラミド基板は、次世代産業を担う電子基板としての活用が期待できる。

### 4. 結 言

ガラス繊維織物の代替として、薄いテープ状にしたアラミド繊維織物を用いた熱プレス法で電子基板の開発を行った。開発したアラミド基板について得られた結果は、次の通りである。

- (1) 熱プレスによる基板の積層前後における寸法変化率が小さく、熱的安定性が優れている。また、アラミド繊維の比重が低く、同一サイズの基板ではガラスエポキシ基板よりも軽量化できる。
- (2) 比誘電率が約20%小さく、信号の伝送速度が約5%向上する。また、基板の特性インピーダンスをほぼ設計値通りに試作することができ、高速信号の伝送に適用可能である。さらに、JISが要求する基板の絶縁性を確保できる。
- (3)  $\phi$  0.2mmのスルーホールのドリル加工においても、バリや毛羽立ち等の欠陥がほとんど発生しない。また、銅めっきの付着性に優れ、高速信号に用いられる小径のスルーホールが形成できる。

### 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、アラミド基板の加工性についてご協力いただいた皆見電子工業(株)、関西電子工業(株)の関係各位に感謝します。なお、本研究は平成23~25年度にかけて経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業によって実施した研究内容の一部である。関係各位に感謝します。

### 参考文献

- 1) JIS C 6483 - 1997. プリント配線板用銅張積層板.
- 2) 橘泰至, 吉村慶之, 猪谷隆. “プリント基板配線のSパラメータ測定による信号品質の向上”. 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, 福井, 2010 - 9 - 11/12, 電気関係学会北陸支部連合大会実行委員会. 2010, p.C-17.
- 3) (社)日本電子回路工業会. “電子回路学習テキスト製造&営業ハンドブック”, 2012, p.194 - 196.