

しており、多様な製品を展開している。また、多層基板への加工が容易なオレフィン系樹脂の開発も進められているが、接着性などの課題が残されている。

リジッド基板では絶縁用の樹脂だけでなくガラスクロスによる低誘電化も行われている。ガラス繊維の誘電特性(10GHz)は、Eガラスは誘電率が6.6、誘電正接が0.0066であるが、Dガラスは誘電率が4.2、誘電正接が0.0056、NEガラスは誘電率が4.7、誘電正接が0.0035、NERガラスは誘電率が4.5、誘電正接が0.0018である。エポキシ樹脂をNEガラスやNERガラスの織物で補強すればエポキシ基板の誘電正接が下がり、伝送損失を低減できる。

高周波用リジッド基板は高速伝送や基板の多層化に対応しなければならない。基板材料には信号の偏移を最小限に抑え、厚さの均一性を確保することが求められている。多層基板は層数が増える傾向にあり、45～60層の高周波用多層基板では厚さの異なる基板を使用しながら、全体の厚さを一定の要求範囲内に収めなければならない。

### 5-3-2 半導体・プリント基板のニーズと低誘電材料

高周波用リジッド基板には低誘電正接で伝送損失の少ないことが求められるが、それ以外にも基板としての様々な特性が要求される。表5-14に高周波用プリント基板に使用される主な材料の特性比較例を示す。PTFE基板は誘電率、誘電正接などの高周波特性に優れ、分子構造が強固なため耐熱性、耐薬品性、絶縁性に優れている。また、吸湿性が低くて寸法安定性に優れているが、その一方で熱伝導性が低く、加工性に劣っている。変性PPE基板はFR-4と同等の加工性を持ちながら、高周波特性に優れ、低吸湿性、高ガラス転移温度を有している。PTFE基板よりコストが低く、ガラスエポキシ基板と同じ製造工程で生産できる。セラミック基板は熱伝導率が高いため放熱性に優れ、機械的

表5-14 高周波用プリント基板の材料比較例

基板の種類	コスト	耐熱性	耐吸湿性	電気絶縁性	比誘電率	誘電正接	熱伝導性	加工性
PTFE基板	△	◎	◎	◎	◎	◎	×	×
変性PPE基板	○	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎
セラミック基板	×	◎	○	○	△	△	◎	△
高周波ハイブリッド基板	○	○	○	○	○	○	○	◎

強度も高い。誘電正接が低く、誘電率が安定しており、宇宙空間など厳しい環境下に対応できる。ただ、加工性に劣り、コストの高いのが課題である。高周波ハイブリッド基板はPTFE、変性PPE、PI、LCP、BTレジンなど、異なる材料を組み合わせた複合基板である。様々な課題対策用としてハイブリッド基板が適用されている。

半導体の高性能化は回路配線の微細化によって進められてきたが、配線の微細化が限界に近づきつつあるため、高性能化の先端技術は半導体製造の前工程から後工程へと移行しつつある。このため様々なパッケージング技術が開発され、半導体チップを搭載するパッケージの構造が複雑化している。図5-8はマザーボードに日本電気硝子の低誘電ガラス繊維(D2ファイバ)を使用した半導体実装の構造例である。

半導体チップをパッケージ基板に搭載し、パッケージがマザーボードに搭載されている。

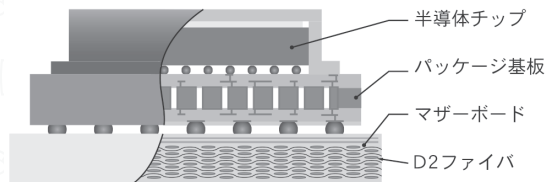


図5-8 AIサーバー用マザーボードの低誘電ガラス繊維（日本電気硝子）

図5-9は複数の半導体チップをインターポーザ(中間基板)に

載せて接続し、それをパッケージ基板に載せてマザーボードに搭載したものである。現在

は機能の異なる複数の半導体チップをイン

ターポーザに載せる傾向にあるため、各基板が大型化している。このため基板には低誘電特性だけでなく、基板の反りや熱膨張への対策が求められ、それに対応した機能性ガラスクロスが必要が増加している。

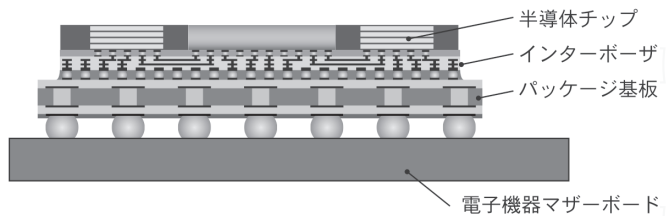


図5-9 インターポーザの実装例（大日本印刷）

表5-15は日東紡績が展開している特殊ガラス繊維の用途である。多彩な用途に使用されているが、基板の種類はマザーボード(プリント配線板)と半導体パッケージ基板に大別される。通信・情報インフラでは低熱膨張や低誘電正

接の要求が強く、ハイエンド機器ではTガラス、NEガラス、NERガラス、NEZガラスなどが適用されている。エッジ機器でも低熱膨張、低誘電正接が求められるためTガラス、NEガラスなどが使用されているが、この用途は携帯機器が主体であるため極薄のガラスクロスが多く用いられている。日東紡績は基板の用途や種類によって細かく対応しており、さらに高度化するニーズに合わせてより高機能のガラス繊維を開発している。

表5-15 特殊ガラス繊維の半導体・プリント基板用途(日東紡績)

用途	機器・部品	基板の種類	素材への要求	ガラス繊維の種類			
				ハイエンド	ミドルエンド		
通信・情報インフラ	携帯電話基地局、データセンタースイッチ/ルーター/サーバー、AIサーバー	プロセッサ・コントローラ	半導体パッケージ基板	CPU/GPU/ASIC	低CTE	T	E
				NANDメモリ	低CTE	T	E
				DDRメモリ	低誘電正接	NE/NER	E
	マザーボード		サーバー(AI, General)	低誘電正接	NE/NER	E	
			スイッチ(Core, AI)	低誘電正接	NE/NER/NEZ	E	
			ネットワークカード(NIC)	低誘電正接	NE/NER	E	
エッジ機器	プロセッサ	半導体パッケージ基板	AP・CP/NUP	低CTE	極薄T、T	極薄E	
	不揮発性メモリ		NANDメモリ	低CTE	極薄T	超極薄E	
	揮発性メモリ		DDRメモリ	低CTE	極薄T(スマホ)	—	
			DDRメモリ	低誘電正接	NE(PC)	—	
	マザーボード	マザーボード基板	低誘電正接	極薄NE	極薄E		
	無線通信	RFパッケージ基板	低誘電正接	極薄NE	極薄E		
	デスクトップ/ノートPC/AI-PC	CPU・メモリ	半導体パッケージ基板	CPU/GPU/NPU	低CTE	T	E
				DDRメモリ	低誘電正接	NE(PC)	E
		マザーボード					
	AR/VR/ドローン	先端SoC	半導体パッケージ基板	低CTE	T	超極薄E	
自動車	電気自動車、ADAS	先端SoC	半導体パッケージ基板	低CTE	T	E	
		ミリ波レーダー	モジュール基板	低誘電正接	極薄NE	E	

注：E：汎用ガラス繊維 T：低熱膨張・高弾性ガラス繊維 NE：低誘電ガラス繊維 NER：超低誘電ガラス繊維 NEZ：次世代超低誘電ガラス繊維

### 5-3-3 AIサーバー用パッケージ基板の製品開発

#### (1) FC-BGAの構造と基板メーカー

FC-BGA(Flip Chip Ball Grid Array)は、半導体チップを微細なはんだボール(バンパ)で基板に直接接続するパッケージング技術である。図5-10にFC-BGAの構造例を示すが、チップと基板をつなぐバンパを小さくすることで接続点を増やし、効率的な信号伝達やパッケージの小型化が可能になる。また、