

Neue Basismaterialien für Multilayeranwendungen in High Speed Digital- und HF-Technologie

Dipl.-Ing (FH) Manfred Huschka, Mullingar (Irland)

Mit FR4 läßt sich die überwältigende Mehrheit aller Multilayerleiterplatten herstellen. Es wächst jedoch die Anzahl derjenigen Anwendungen, für die Basismaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante (ϵ_R) und niedrigem dielektrischen Verlustfaktor ($\tan \delta$) eingesetzt werden müssen.

High Speed Digital

Durch eine niedrigere Dielektrizitätskonstante können schnellere Taktgeschwindigkeiten und höhere Packungsdichten mit (ultra-)dünnen Laminatdicken unter Beibehaltung der Impedanz erzielt werden. Es ist jedoch der niedrige dielektrische Verlustfaktor, der High Speed Digital erfolgreich werden läßt: Signalleiter können länger werden, die Eingangsleistung kann verringert werden – und alles bei verbesserter Signalintegrität. Abb. 1 zeigt, daß sich der Verlustfaktor von diesen Basismaterialien bei höheren Frequenzen nicht so starken Schwankungen ausgesetzt ist wie der von FR4.

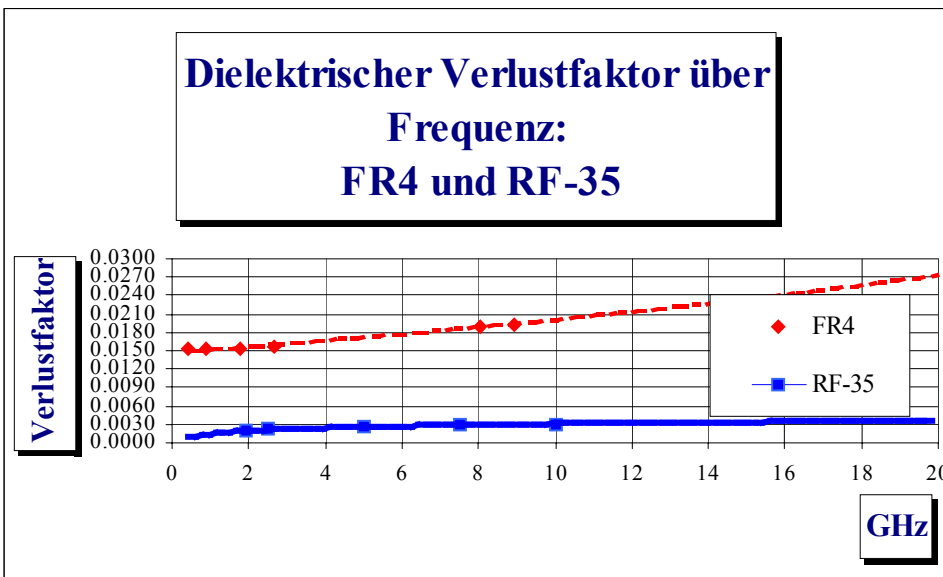


Abb. 1: Dielektrischer Verlustfaktor über Frequenz: FR4 im Vergleich zu RF-35 (Werkbild Taconic)

Schnelle Übertragungsraten für High Speed Digital fangen bei 2,5 Gb/s an. Es liegen heute jedoch bereits Anwendungen als Prototypen bis hin zu 7.5 und 10 Gb/s vor. Sogenannte „Eye Patterns“ werden dabei zur Aussage bezüglich Signalintegrität herangezogen. Abb. 2 zeigt, daß bereits bei 2,5 Gb/s ein sog. Low Loss-Basismaterial herkömmlichem deutlich FR4 überlegen ist.

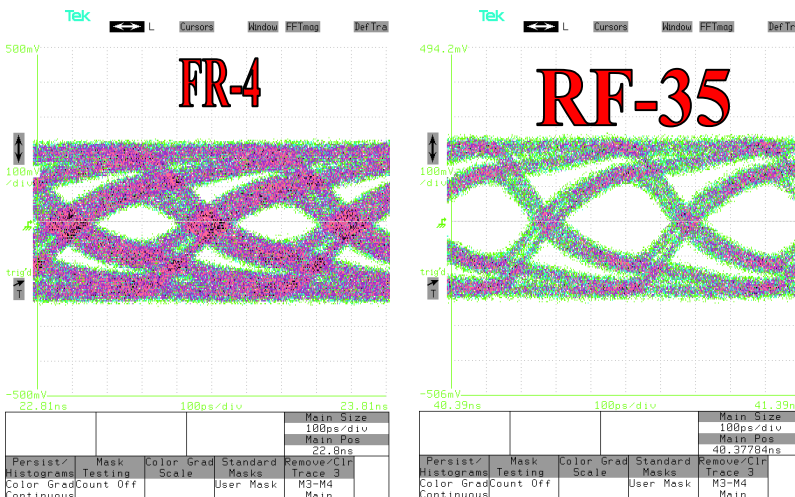


Abb. 2: Vergleich von Eye Pattern einer 200 µm breiten Leiterbahn (1 m Leiterlänge, kantengekoppelt, 2,5 Gb/s): Die horizontale Augenöffnung bei FR4 beträgt 52%, die vertikale Öffnung beträgt 18,1 %; bei RF-35 beträgt die horizontale Augenöffnung 72,9 %, und die Amplitude ist zu 36,7 % offen. (Werkbild Teradyne)

High Performance Basismaterialien

In Tabelle 1 ist eine Übersicht über heute kommerziell verfügbare High Performance-Basismaterialien enthalten. Das Spektrum der dazu eingesetzten Harzsysteme ist ein Ausdruck dafür, daß Basismaterialhersteller unterschiedliche Lösungswege angehen, und es dem Leiterplattenentwickler vorbehalten bleibt, welche dieser Lösungen für die individuellen Anforderungen angewandt werden.

Hersteller	Material	Verfügbarkeit	ϵ_r	$\tan \delta$	Tg (DSC)
Taconic	RF-35	Laminat: Mehrfaches von 0,25 mm	3,5 (2 – 10 GHz)	0,0018 (2 GHz); 0,0030 (10 GHz)	> 315 °C
Taconic	RF-35P	Laminat: Mehrfaches von 0,05 mm	3,5 (2 – 10 GHz)	0,0018 (2 GHz); 0,0030 (10 GHz)	> 315 °C
Taconic	TacPreg™ TP-32	Prepreg: Mehrfaches von 0,075 mm (Entwicklungsprodukt; Co-Produktionsvertrag mit Isola)	3,2 (2 – 10 GHz)	0,005 (10 GHz)	
Taconic	TacSpeed 3200	Laminat: Mehrfaches von 0,050 mm (Entwicklungsprodukt; Co-Produktionsvertrag mit Isola)	3,2 (2 – 10 GHz)	0,005 (10 GHz)	
Isola	IS630	Laminat: Mehrfaches von 0,050 mm Prepreg: Mehrfaches von 0,075 mm (Entwicklungsprodukte; Co-Produktionsvertrag mit Taconic)	3,2 (2 – 10 GHz)	0,005 (10 GHz)	
Isola	FR408	Laminat: 0,050 mm und dicker; Prepreg: verschiedene Glasgewebe	3,7 (1 GHz)	0,010 (1 GHz)	180 °C (DSC)
Isola	Gigaver 210	Laminat: 0,05 mm, Mehrfaches von 0,025 mm; Prepreg: verschiedene Glasgewebe	3,9 (1 MHz) 3,5 – 3,9 (1 GHz) = f(Harzgehalt)	0,005 (1 MHz)	175 °C (DMA)
Nelco	N4000-13	Laminat & Prepreg	3,7 (2,5 GHz) 3,6 (10 GHz)	0,014 (2,5 GHz) 0,014 (10 GHz)	210 °C (DSC)
Nelco	N6000	Laminat & Prepreg	3,5 (1 GHz) 3,5 (10 GHz)	0,007 (1 GHz) 0,009 (10 GHz)	210 °C (DMA)
Arlon	25FR	Laminat: 0,15 mm, 0,20 mm, 0,25 mm, usw. Prepreg: verschiedene Glasgewebe	3,58 (10 GHz)	0,0035 (10 GHz)	260 °C
Gore	Speedboard C	Nur Prepreg	2,59 (1 GHz) 2,56 (10 GHz)	0,0035 (1 GHz) 0,0038 (10 GHz)	190 °C
Rogers	4003	0,20 mm, 0,51 mm, etc.	3,38 (10 GHz)	0,0027 (10 GHz)	> 280 °C
Rogers	4350B	0,17 mm, 0,25 mm, 0,51 mm, usw.	3,48 (10 GHz)	0,0040 (10 GHz)	> 280 °C
Rogers	4403	Prepreg: Mehrfaches von 0,10 mm	3,20 (10 GHz)	0,005 (10 GHz)	> 280 °C
Polyclad	PCL-LD-621	Laminat: 0,050 mm und dicker; Prepreg: verschiedene Glasgewebe	3,2 (1 GHz) 3,2 (10 GHz)	0,005 (1 GHz) 0,008 (10 GHz)	190 °C (TMA)

Tabelle 1: High Performance Basismaterialien; (Quelle: [2] mit Ergänzungen für Taconic, sowie neuer Datenblattinformation der Hersteller)

Warum wird RF-35 immer häufiger eingesetzt, obwohl es als keramikgefülltes PTFE (Teflon™)/Glasgewebe-Basismaterial doch angeblich ein größerer „Exote“ ist als glasgewebeverstärkte Duroplastharzsysteme mit und ohne Keramikfüllstoffe? Entgegen landläufiger Auffassung läßt sich RF-35 ebenso wie andere Basismaterialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante wie FR4 verarbeiten! Es sind dieselben Prozessschritte nötig, nur muß der Desmearprozeß mittels Permanganat durch eine Plasmabehandlung (bzw. Natriumnaphthalat) im Off-Line-Prozeß ersetzt werden. Führende OEMs geben RF-35 den Vorzug durch vergleichbar deutlich höhere Kupferhaftfestigkeiten, insbesondere bei 18 µm Kaschierungen (Tabelle 2)

Laminattyp	Kupferhaftfestigkeit (18 µm)	Kupferhaftfestigkeit (35 µm)
FR4		2.0 N/mm
PPE/PPO-Harz	0.8 -1.2 N/mm (je nach Hersteller)	0.8 -1.2 N/mm (je nach Hersteller)
BT/Epoxid-Harz		1.23 N/mm
Kohlenwasserstoffharz		0.88 N/mm
RF-35	1.5 N/mm	1.8 N/mm
TLY-5	2.0 N/mm	2.1 N/mm

Tabelle 2: Kupferhaftfestigkeiten unterschiedlicher High Performance Basismaterialien 0,51 mm Dicke; (Quelle: Datenblätter der einzelnen Hersteller)

Ein weiterer Vorteil wird in der Bromfreiheit von Teflon™-Basismaterialien gesehen. Durch das Harzsystem alleine, ohne Zusatz von Flammschutzmitteln, ist die Brennbarkeitsklasse UL94 V-0 gegeben.

Multilayer/Backpanels

Teflon™/Glasgewebe-Basismaterialien können mittels FR4-Prepregs gemeinsam mit FR4-Innenlagen zu Hybridmultilayern verpreßt werden. Diese Technologie findet bereits sehr mehreren Jahren erfolgreichen Einsatz. Anwendungen sind z.B. Leistungsverstärker für Mobiltelekommunikation, Abstandsradarsensoren, usw.

High Speed Digital-Leiterplatten sind typischerweise großformatige hochlagige Multilayer und werden als Backpanels (Rückwandverdrahtungen) hergestellt. Großformatigkeit bedeutet 410 x 657 mm bis hin zu 900 x 1500 mm. Die Problematik lag bislang an der Verfügbarkeit von ultradünnen Laminatn sowie Prepregs, um Einkomponentenaufbauten zu ermöglichen.

RF-35P ist eine konsequente Weiterentwicklung von RF-35, um auch dünnste Laminat bis hin zu 50 µm (0,05 mm) Dicke in Produktionsmengen herstellen zu können. Aufbauend auf dieser Technologie befinden sich z.Zt. TP32-Prepregs in der Felderprobung. Erste Ergebnisse in Standardmultilayeraufbauten (d.h. Prepreg & Kupferfolie als Außenlage) sehen sehr vielversprechend aus (Abb. 2). Mit einer Kommerzialisierung ist im Laufe des Jahres 2002 zu rechnen.

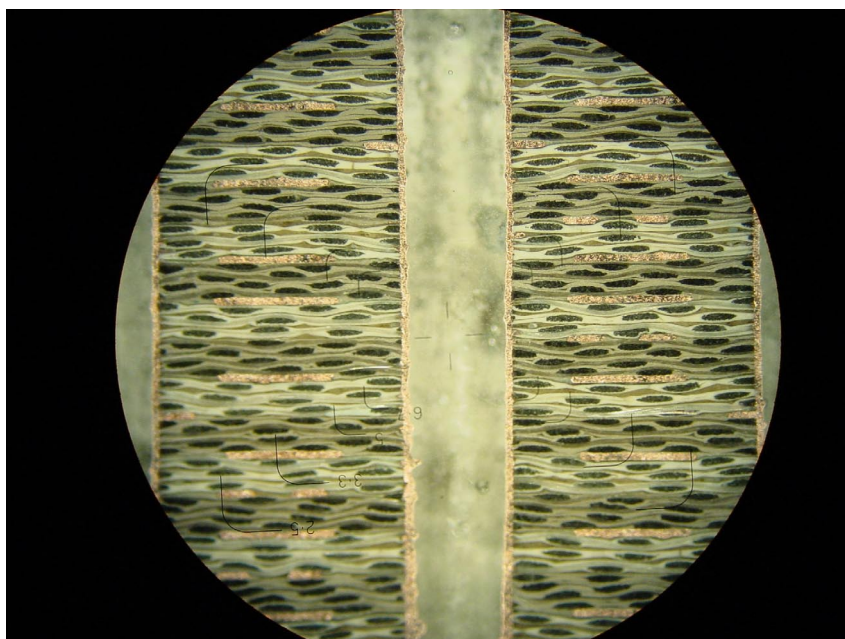


Abb. 2: Schliff durch einen 20-Lagen-Multilayer aus RF-35P und TP32 (Quelle: Werkfoto Taconic)

Fazit

Jüngste Neu- und Weiter-Entwicklungen im Bereich Basismaterialien und Prepregs mit niedrigem Verlustfaktor haben gezeigt, daß den Herausforderungen nach Verfügbarkeit und Angebotsbreite entgegengetreten werden kann. Multilayer mit hohen Ansprüchen nach Zuverlässigkeit können gefertigt werden.

Literatur:

- [1] Bauer, Chuck: HDI for Semiconductor Packaging; The Board Authority (1999)6, 68 – 72
- [2] Cohen, Tom; et al: Design Considerations for Gigabit Backplane Systems; DesignCon 2000
- [3] Guiles, Chet: Everything You Ever Wanted to Know About Laminats for Frequency Dependent Applications . . . But Were Afraid to Ask (part 1); CircuiTree 15(2002)1, 58 – 68
- [4] Guiles, Chet: Everything You Ever Wanted to Know About Laminats for Frequency Dependent Applications . . . But Were Afraid to Ask (part 2); CircuiTree 15(2002)2
- [5] Gulia, Leena; et al: Multilayer Material Technology for Improved Signal Integrity in the Region Above 5 GHz; The Board Authority 3(2001)3`
- [6] Holden, Happy: High Density Interconnection Substrates; The Board Authority (1999)6, 6 – 10
- [7] Huschka, Manfred, Skorupski, Edward: Laminat für Mikrowellen-Schaltungen, Galvanotechnik 79(1988)4
- [8] Huschka, Manfred: Cost-Effective Microwave Solutions – also suitable for HDI, ICBF 99, Maastricht, 29.09.1999
- [9] Huschka, Manfred: Der Einsatz von Basismaterial aus PTFE/Glasgewebe; Galvanotechnik 89(1998)6, 2065 – 2069
- [10] Huschka, Manfred: Hybrid-Multilayer – Die kostengünstige Lösung für erhöhte Packungsdichten; PLUS (1999)4, 491 – 496
- [11] Huschka, Manfred: PTFE base materials and PCB manufacture; Printed Circuit Europe (1999)14, 12 – 14
- [12] Jämsä, Markku: Implementation of High Frequency Laminats; PC Fab (2001)2
- [13] MacLeod Ross, William, Huschka, Manfred, et al: A Comprehensive Guide to the Design and Manufacture of Printed Board Assemblies, Vol. 2, Electrochemical Publications Ltd., 1999
- [14] Newton, T. D.: Predicting Dielectric Properties; 1986 IPC Meeting, Boston (USA)
- [15] The European Technology and Trend Report 2001/2002 on HDI - High Density Interconnected PWBs, VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik GMM, 10/2001

PLUS 4(2002)3