



Technologie-Info

Materialien

1. Einleitung

Verschiedenste Anforderungen an die Leiterplatten machen die Verwendung von unterschiedlichen Leiterplattensubstraten notwendig. Dabei werden speziell an die Zuverlässigkeit von Leiterplatten zunehmend höhere Ansprüche gestellt. Während für viele Standardanwendungen das klassische FR4-Material, ggf. mit verbesserten thermo-mechanischen Eigenschaften durch modifizierte Harzsysteme ausreichend sind, so sind beispielsweise im Hochfrequenzbereich zwingend andere Materialvarianten erforderlich. Die vorliegende Technologie-Info soll Ihnen eine prinzipielle Übersicht über die marktgängigen Materialtypen und deren grundsätzlichen Eigenschaften geben, und Ihnen so die Auswahl gemäß dem geforderten Anwendungsgebiet erleichtern.

2. Allgemeine Eigenschaften von Laminaten

Alle benannten und bei **contag** eingesetzten Basismaterialien entsprechen den aktuellen Versionen folgender internationalen Normen:

Material	Norm
Basismaterial für starre Leiterplatten, 1- und 2-seitig, Multilayer	IPC-4101
Basismaterial für HF-Anwendungen	IPC-4103
Kupferkaschierte Folien für flexible Leiterplatten	IPC-4204
Flexible kleberbeschichtete Folien für flexible Leiterplatten	IPC-4203

Grundsätzlich lassen sich die Eigenschaften von Basismaterialien in mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften unterteilen.

Neben z.T. für spezielle Anwendungen erforderliche elektrische Eigenschaften, die z.B. im HF-Bereich unabdingbar sind, bestimmen hauptsächlich die thermischen Eigenschaften die Einsetzbarkeit und Zuverlässigkeit des Materials.

Thermische Eigenschaften:

Entscheidende Einflussgrößen sind dabei weniger die Glasübergangstemperatur T_g , sondern vielmehr die Delaminationszeit bei 260°C und 288°C, das Ausdehnungsverhalten CTE (in x, y und z) und die Beständigkeit bei thermischen Zykentests. Die erhöhten Löttemperaturen mit bleifreien Loten bedeuten eine verstärkte thermische Belastung der Leiterplatte, welche die Gefahr von Hülsenrissen, Cornercracks, Kupferablösung und Delamination erhöht.

Speziell die Zuverlässigkeit von Leiterplatten in Kfz-Anwendungen wird zunehmend über Temperaturwechseltests geprüft, typische Bedingungen sind hierbei -40°C bis +125°C/>500 Zyklen oder -40°C bis +140°C/1000 Zyklen. Diese Beständigkeit erfüllen nur Materialien mit geringer Ausdehnung in z-Richtung, also einem kleinen CTE (z). Während der T_g lediglich als Richtwert für eine dauerhafte thermische Belastung der Leiterplatte dienen kann (ca. 20°C-25°C unter dem T_g), sind die anderen benannten Eigenschaften, speziell der CTE (z) die relevanten Werte, wenn es um die Zuverlässigkeit der Leiterplatte geht. „Moderne“ FR4-Substrate mit FR4-Harzsystemen verfügen über diese Eigenschaften, weisen aber einen T_g von lediglich 140°C-150°C aus.

Elektrische Eigenschaften:

- Dielektrizitätskonstante (bezogen auf eine definierte Frequenz, meistens angegeben bei 1MHz, 1GHz und 10GHz)
- Verlustwinkel (bezogen auf die definierte Frequenz, s.o.)
- Spannungsfestigkeit
- Volumenwiderstand
- Oberflächenwiderstand
- CTI (Conductive Tracking Index), beschreibt die Kriechstromfestigkeit
- CAF-Resistenz (Elektromigration zwischen Durchkontaktierungen)

Mechanische Eigenschaften:

- Haftfestigkeit der Cu-Folie
- Biegefestigkeit
- Elastizität

Weitere Eigenschaften:

- Wasseraufnahme
- Dichte

Sind die Basismaterialien RoHS-konform?

Alle marktüblichen Materialien genügen bereits ohne Einschränkungen der RoHS/WEEE-Vorgabe. Darüber hinaus gibt es außerdem wirklich „grüne Substrate“, die komplett auf Halogene als Flammmhemmer verzichten. Diese verfügen zusätzlich über eine sehr gute thermische Beständigkeit, haben sich aber aufgrund deutlich höherer Kosten und stärkerer Werkzeugabnutzung beim Bohren und Fräsen noch nicht als Standardmaterial durchsetzen können.



3. Werte einiger ausgewählter typischer Materialgruppen

Materialgruppe	Tg °C	CTEz ppm/K	ϵ_r (1MHz/1GHz/ 10GHz) -	Spannungs- festigkeit KV/mm	Ober- flächen- wider- stand M Ω	Kriech- strom- festigkeit CTI V	Wasser- auf- nahme %	Cu- Haf- tung N/mm
Standard FR4	125 - 140	<70	4,7/4,3/-	50	10 ⁷	>200	0,06	1,5
Modifizierte FR4	135 - 180	<55	4,6/4,2/-	45	10 ⁷	>200	0,06	1,5
FR4 Halogenfrei	150 - 170	<40	5,0/4,8/4,6	50	10 ⁸	>500	0,06	1,5
BT-Epoxy	ca. 200	<40	4,4/4,1/-	70	10 ⁸	>200	0,05	1,6
CE-Epoxy	ca. 250	<25	3,9/3,7/3,5	65	10 ⁷	>200	0,05	1,6
Polyimid	220 - 260	<55	4,0/3,8/3,8	45	10 ⁸	>100	0,3	1
PTFE (rein)	200 - 230	<70	2,6/2,4/2,2	45	10 ⁷	>600	0,04	1,3
RO3000	-	<40	3,0/2,8/2,6	30	10 ⁷	>600	0,1	2,5
RO4000	ca. 280	<45	3,3/3,0/2,8	30	10 ⁹	>600	0,04	1,0
TMM (z.B. TMM03)	>300	<23	-/-/3,2	-	>9x10 ⁹	>600	0,06	3,0
RT/duroid (z.B. 5880)	>300	28	2,20	-	3x10 ⁷	>600	0,015	4,0
Megtron6	>185	45	-/3,7/3,6	70	10 ⁸	>300	0,14	1,1

4. Materialbeispiele für verschiedene Anforderungen

Standardanwendungen

Bezeichnung	Verstärkung	Harz	Bemerkung	Beispiele	Kostenfaktor (Referenz: FR4 Standard)***
FR2	Papier	Phenol	Low Tec, „Weiße Ware“, nicht bleifrei lötfähig	Cobrisol FR2; Aismalibar	0,3
FR3	Papier	Epoxy	Low Tec, „Weiße Ware“, fast nicht mehr verfügbar	Cobrisol FR3; Aismalibar	0,6
CEM1	Papier	Epoxy	Low Tec	Cobrisol CEM1; Aismalibar	0,7
CEM3	Glasflies	Epoxy	Low Tec	---	0,8
FR4 Standard	Glas	Epoxy	Tg 130-140°C; ist RoHS/ WEEE-konform	MC-100 EX*, R-1766; Panasonic	1,0
FR4 halogenfrei	Glas	Epoxy	Sehr thermostabil, CAF-resistent, Tg \geq 150°C	DE 156, IS 500; Isola R-1566W; Panasonic	1,3

Einsatz bei höheren Temperaturen

Bezeichnung	Verstärkung	Harz	Bemerkung	Beispiele	Kostenfaktor (Referenz: FR4 Standard)***
FR4 Mittel Tg	Glas	Epoxy	Tg ca. 140-160°C, erhöhte thermische Stabilität, niedrige z-Achsenausdehnung, hohe Zuverlässigkeit beim bleifreien Lötprozess, oftmals CAF-resistent	R-1755C; Panasonic IS 400**; Isola	1,15
FR4 Hoch Tg	Glas	Epoxy	Tg ca. 160-190°C, siehe Mittel-Tg	R-1755S, R-1755T, Panasonic, IS 410**, IS 420**, Isola	1,4
PI Starr	Glas	Polyimid	Tg ca. 260°C, Hochleistungslaminat für hohe Zuverlässigkeit und hohe Betriebstemperaturen	G 200, P 95, P96; Isola N7000-Serie; Nelco	5
CE	Glas	Cyanat-ester	Tg ca. 250°C, stark rückläufig, Ersatz durch Hoch-Tg FR4 und PI-Materialien	N8000-Serie; Nelco	2,5
BT	Glas	Bismalein-Triazin	Tg ca. 200°C, sehr niedrige thermische Achsenausdehnungen, stark rückläufig, Ersatz durch Hoch-Tg FR4 und PI-Materialien	N5000-Serie; Nelco	2,5



Impedanz- und HF-Anwendungen

Bezeichnung	Verstärkung	Harz	Bemerkung	Beispiele	Kostenfaktor (Referenz: FR4 Standard)***
Teflon	Keramikfüllstoffe	PTFE	Gute mechanische Verarbeitbarkeit, Aufbau von Multilayern und Hybridsystemen mit FR4 möglich	RO3003 [°] ; Rogers	4
Teflon	Glas	PTFE	Sehr niedrige ϵ_r -Werte, hoher CTE (z)	RT5870 [®] , RT5880 [®] ; Rogers	3
Polymere	Keramikfüllstoffe	Duroplast	Mechanische Verarbeitbarkeit ähnlich FR4, Aufbau von Multilayern und Hybridsystemen mit FR4 möglich	RO4003C ^{®**} , RO4350 ^{®**} ; Rogers, 25N ^{**} ; Arlon	3,5
Diverse	Glas	Epoxy	Niedrige und konstante ϵ_r -Werte und Verlustwinkel, hohe Tg's, thermische Beständigkeiten und Verarbeitbarkeit ähnlich FR4	IS620, IS640; Isola	3

Flexible Anwendungen

Bezeichnung	Verstärkung	Harz	Bemerkung	Beispiele	Kostenfaktor (Referenz: FR4 Standard)***
Polyimid mit Acrylkleber	---	---	Für dynamische Flex-Anwendungen, Kleber verfügt über einen sehr großen CTE(z)	Pyralux [®] LF/FR-Serie ^{**} ; DuPont	5
Polyimid mit Epoxykleber	---	---	Für semidynamische und statische Flex-Anwendungen	Teclam [®] -Serie [*] ; DuPont Akaflex [®] -Serie [*] ; Krempel	3
Polyimid kleberlos	---	---	Für dynamische Flex-Anwendungen, thermisch hoch belastbar	Espanex-Serie [*] ; Nippon Steel AP-Serie ^{®**} ; DuPont	5-6
LCP (Liquid Crystal Polymer)	---	---	Für dynamische Flex-Anwendungen, thermisch hoch belastbar, geringe Wasseraufnahme, außerdem für HF-Anwendungen im hohen GHz-Bereich geeignet	R/flex [®] 3600, R/flex [®] 3850; Rogers	8-10

*) Standardmaterial bei CONTAG

**) Verschiedene Stärken vorrätig

***) Die Faktoren beziehen sich immer auf die Kosten in einer Serienfertigung. Bei CONTAG kann es durch Materialbestellungen in kleinen Stückzahlen und kurzen Lieferzeiten zu Verschiebungen kommen.

5. Zusammenfassung

Das universelle Basismaterial für die Leiterplatte gibt es nicht! Ob Standard-, HF-, Hochtemperatur oder eine andere Anwendung: Es steht eine Vielzahl von Substrattypen zur Verfügung.

Für weitergehende technologische Fragen rund um das Thema Leiterplatten wenden Sie sich bitte an unser CONTAG-Team (Tel. 030 / 351 788 – 300).