

11. Kapitel / Arnold Wiemers

Die Dokumentation von Multilayersystemen

Zuverlässigkeit und Funktion dürfen nicht dem Zufall überlassen werden

Transparenz und Nachvollziehbarkeit entscheiden über den Erfolg

In Kapitel 10 wurde die Komplexität heutiger Multilayerlagenaufbauten hinreichend belegt. Die vornehmlichen Argumente für den Bau eines Multilayers waren die EMV, die Impedanz sowie die Signalintegrität und die Powerintegrität. Die Summe dieser Eigenschaften hat dazu geführt, daß seitens des Autors der Begriff des "Multilayersystems" geprägt wurde.

Die gelisteten Qualitäten stehen stellvertretend für Anforderungen an Leiterplatten. Die Liste muß jedoch ergänzt werden. Eine zur Zeit noch völlig unterschätzte Eigenschaft von Leiterplatten ist ihre Ent-/Erwärmungskapazität. Die präzise Vorhersagbarkeit der Wärmeeigenschaften einer Baugruppe ist im wahrsten Sinne des Wortes sehr oft (noch) unberechenbar.

Mit der Einführung von Hochleistungs-LEDs wurden in den letzten Jahren umfangreiche Erkenntnisse im Bereich der lokalen Stromtragfähigkeit von Multilayern gewonnen. Kriechstrom- und Durchschlagsfestigkeit dagegen sind altbekannte Eigenschaften, die manchmal etwas in Vergessenheit geraten.

Zu einem ausgesprochenen Problem sind die Basismaterialien geworden. Im Windschatten der Umstellung auf bleifreie elektronische Produkte ist gewollt oder ungewollt eine Vielfalt an Materialvarianten entstanden, die auch der Fachmann nicht immer überschaubar.

Vergessen Sie, was früher war...

Früher war keineswegs alles besser. Aber sicherlich war vieles einfacher. Die Deklaration eines Multilayers bestand üblicherweise in der Angabe der Lagenanzahl auf dem Spezifikationsblatt. Welche Laminat- und Prepregdicken verarbeitet wurden, blieb üblicherweise der individuellen Entscheidung des Leiterplattenherstellers überlassen.

Das ist vorbei. Die Anforderungen aus dem Umfeld sind unvergleichbar anspruchsvoller und mit deutlich höheren Risiken belegt. Elektronische Baugruppen sind heute so weitreichend in unser tägliches Leben eingebunden, daß eine fehlende oder unvollständige Dokumentation der Leiterplatte bzw. des Multilayers zwischen Leichtsinn und grober Fahrlässigkeit eingeordnet werden muß.

Die Dokumentation eines Multilayers muß der heutigen Anforderung gerecht werden. Das bedeutet, außer der klassischen Aufbaureihenfolge der Basismaterialien ist die Angabe der Funktionsräume in einem Multilayer erforderlich. Die Dokumentation wird damit zu einem Medium der Kommunikation und zu einer Quelle für Informationen über die technischen Eigenschaften der Baugruppe.

...und schauen Sie nach vorne

Die Entwicklung elektronischer Baugruppen hat begonnen, sich von der Last der frühen Jahre zu befreien. An die Stelle der iterativen Konstruktionsstrategie (...i.e. Versuch und Irrtum) tritt die vorausschauende und vorhersagbare Produktqualität.



Funktion, Baugruppenproduktion, Leiterplattenfertigung, CAD-Layout und Schaltplanerstellung sind heute derart eng miteinander verwoben, daß idealerweise eine aussagefähige Simulation zu einem möglichst frühen Zeitpunkt angestrebt wird.

Welche Tragweite das hat, erläutert folgendes Beispiel. Die Konzeption eines anspruchsvollen, neuen elektronischen Produktes beginnt oft mit der Auswahl der zentralen Komponente, das ist in der Regel der Prozessor.

Die Eigenschaften des Prozessors legen fest, welche Komplexität die Baugruppe haben wird (Bild 11-1). Werden Signale differentiell übertragen, dann muß der Lagenaufbau Powerplanes (...auch) für die Rückstromwege enthalten. Ist der Pitchabstand 500µm, dann ist im BGA-Bereich partiell eine Leiterbahnbreite von 70µm erforderlich.

Sind bedingt durch die Geometrie des BGAs Blind- und/oder Buried Vias nicht möglich, dann bleibt nur die Option, die DK-Bohrungen direkt in die BGA-Pads zu setzen. Diese DK-Bohrungen müssen geplugged werden, weil sonst das Auflöten des BGAs während der Baugruppenproduktion nicht zuverlässig möglich ist.

Ob ein aufgelötetes BGA unter thermischen und mechanischen Schwankungen hält, entscheidet sich an der Stabilität der Haftung des Kupfers auf dem Dielektrikum und an der beim Löten entstehenden Legierung bestehend aus dem Lot und der Leiterplattenoberfläche.

Und schließlich ist das Fan-Out des BGAs am CAD-System nur dann erfolgreich, wenn eine strikte Routingstrategie vorgegeben und auch konsequent und kontrollierbar eingehalten werden kann.

Sehr wichtig: Ob später die erforderliche Signalqualität hinsichtlich EMV, SI und PI erreicht werden kann, ist durch eine Schaltungssimulation verifizierbar. Das setzt aber voraus, daß die Epsilon-R-Werte und die Dicken der verbauten Basismaterialien bereits in der Phase der Schaltplanerstellung zuverlässig bekannt sind.

Diese Bedingungen sind technischer Natur. Die spätere Baugruppe muß aber auch wirtschaftlichen und logistischen Kriterien genügen. Das führt zu weiteren Nebenbedingungen. Offensichtlich ist eine möglichst zutreffende Abschätzung der Kosten für die Fertigung der Prototypen- und Serienleiterplatten wünschenswert.

Je nach Anwendung und Exportbereich sind aber auch Zertifikate, TÜV-Anforderungen sowie UL-Freigaben u.ä. zu beachten.

Vor dem Hintergrund des Umweltschutzes kommen weitere Aspekte dazu wie die Halogenfreiheit des Basismaterials und die systematische Entsorgung der Baugruppe nach dem Erreichen der maximalen Einsatzdauer.

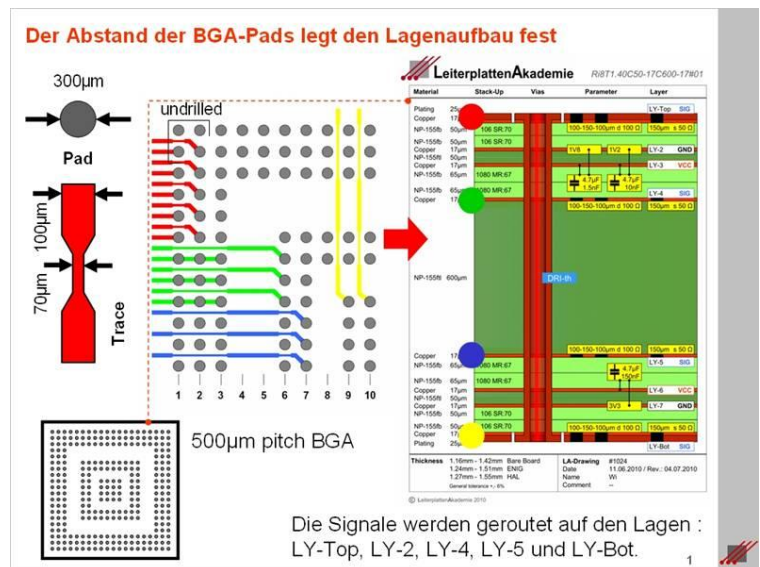


Bild 11-1 Das BGA gibt den Lagenaufbau vor

Die zunehmende Höherwertigkeit und die Integration von elektronischen Baugruppen stellt auch die juristische Frage nach der Herstellerhaftung im Falle des Versagens eines Gerätes.

Das alles kann nur bedient und erfüllt werden mit einer aussagekräftigen Dokumentation des Multilayeraufbaus.

Dokumentationsanforderungen

Die Hauptbeteiligten an der Entwicklung einer elektronischen Baugruppe sind die Schaltplankonstrukteure, die CAD-Layer, die Leiterplattenhersteller und die Baugruppenproduzenten.

Ein Multilayerbauplan muß für die Aufgabenstellungen dieser Beteiligten verbindliche Informationen zur Verfügung stellen (Bild 11-2).

Für die Logistik eines Bauplanes

(...auch im Rahmen eines Multilayerkataloges) müssen Multilayerbaupläne immer einen *eineindeutigen und unveränderlichen* Namen haben. Ist ein Bauplan veröffentlicht, dann sind maßgebliche Veränderungen unzulässig. In einem solchen Fall müßte ein neuer Bautyp erstellt werden.

Die **Visualisierung von Multilayerbauplänen** ist unverzichtbar. Die Darstellung in Listen- oder Tabellenform ist extrem fehleranfällig. Eine Liste wird der Dynamik und dem Variantenreichtum eines Multilayersystems nicht gerecht. Der Lagenaufbau soll maßstabsgetreu (...1:100) und farbig sein. Nur dann kann die optisch-intuitive Aufnahme des Bauplanes durch den Menschen als deutliche Erhöhung der Qualität genutzt werden. Für die Produktion einer Leiterplatte/Baugruppe ist die Listenform unbrauchbar und muß als unzulässig erklärt werden.

Die **Erstellung eines Lagenaufbaus** muß im Dialog zwischen dem Baugruppenkonstrukteur, dem Leiterplattenhersteller und dem Baugruppenproduzenten erfolgen. Zwischen diesen Gruppen besteht eine gegenseitige Informationspflicht.

Die **Verfügbarkeit eines Lagenaufbaudokuments** muß für alle Beteiligten (...i.e. Schaltplan, CAD, CAM, Leiterplatte, Baugruppe) VOR Arbeitsbeginn zur Verfügung stehen. Der Multilayerbauplan muß also spätestens mit Beendigung der Schaltplanarbeiten verbindlichen Charakter haben.

Die **Freigabe eines Multilayerbauplanes** liegt in den Händen der Leiterplattenhersteller und der Baugruppenproduzenten. Der Multilayerbauplan muß von beiden freigegeben worden sein.

Ein **Multilayeraufbau ist ein rechtsverbindliches Dokument**. Der Aufbau muß deshalb mit der CAD-Dokumentation, der Bestellung/Auftragsbestätigung/Lieferung sowie mit den jeweiligen Produktionsdokumenten der Leiterplatten und Baugruppen nach- und rückvollziehbar verknüpft sein.

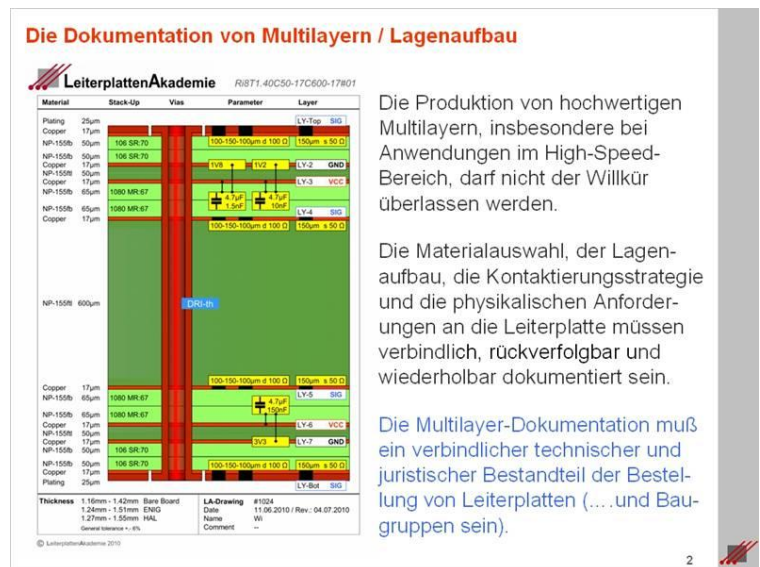


Bild 11-2 Ein Beispiel für die übliche Multilayerdokumentation der LeiterplattenAkademie

Dokumentationsinhalte

Die Entwicklung einer hochwertigen elektronischen Baugruppe ist teuer, zeitintensiv und riskant. Wenn den Beteiligten in einem frühen Stadium bereits die ausschlaggebenden Informationen transparent vorliegen, dann können Diskussionen ergebnisorientiert geführt und Entscheidungen sicher und rechtzeitig getroffen werden.

Das erfordert jedoch eine Erweiterung der klassischen Multilayerdokumentation um weiterführende Inhalte.

Die **Angabe des Materials** sowohl für die Lamine als auch für die Prepregs muß die Bezeichnung des Basismaterialherstellers enthalten. Neben der Information über die Materialdicke ist bei den Prepregs die Angabe des Glasgewebes und des Harzgehaltes wichtig.

Für die Beurteilung der logistischen und technischen Materialqualitäten sind von elementarer Bedeutung: Das Trägermaterial, das Harzsystem, der Härter, der Flammschutzmechanismus, die UL-Zertifizierbarkeit, der frequenzabhängige dielektrische Wert, der Verlustfaktor Tangens Delta, der Tg inklusive der Prüfmethode, die CTE-Werte als Ausdehnungskoeffizienten, die Durchschlagsfestigkeit und die Haftkraft (Bild 11-3).

Die Problematik bei der Angabe des Basismaterialherstellers ist offensichtlich.

Es gibt tausende von Basismaterialderivaten. Kein Leiterplattenhersteller kann alle Materialien bevorraten.

Mit der Angabe des Materialherstellers ist aber eine Referenz vorgegeben.

Über die detaillierte Deklaration der technischen Eigenschaften ist es deshalb möglich, zutreffende Vergleichsmaterialien auszuwählen.


Die **Kontaktierungsstrategie** macht deutlich, auf welchen Lagen des Multilayers Signalnetze und Stromversorgungen geführt werden können. Mit dieser Information werden auch Prozeßabschnitte während der Leiterplattenfertigung beschrieben und festgelegt.

Die **Zuordnung der Funktionsräume** innerhalb eines Multilayers ist für die Schaltungssimulation, das CAD-Layout und die Konstruktion von Testcoupons seitens CAM die zentrale Informationsquelle. Ohne die Kenntnis, wie die Signallagen und die Powerlagen im Multilayer verteilt sind, können Signal- und Powerintegrität, Übertragungseigenschaften, Impedanzen, Rückströme, Stromtragfähigkeit, Entwärmung, Wärmeverteilung und Reflowprofile nicht mit der ausreichenden Zuverlässigkeit analysiert, vorausgesagt oder nachgeprüft werden.

Die **Filesyntax sichert die Datenintegrität** der CAD-Layout-Files zu der mechanischen Geometrie des Multilayeraufbaus. Der Datentransfer innerhalb der CAD- und CAM-Systeme kann als sehr sicher

Die Dokumentation von Multilayern / Materialeigenschaften

Material per PCB	#	Glass	Resin	Pressed Thickness	Company
Prepreg NP-155fb	4	106	SR: 70%	48µm +/- 8µm	NanYa
Prepreg NP-155fb	4	1080	MR: 67%	71µm +/- 8µm	NanYa
Core NP-155ftl	2	n.a.	n.a.	50µm	NanYa
Core NP-155ftl	1	n.a.	n.a.	710µm	NanYa



Main Material Properties

IPC-Specification sheet	IPC-4101C / 124
Epoxy-System	FR4
Curing agent	phenolic
Flame retardend mech.	RoHS compliant Bromine
UL-zertificate	UL94 V-0
Dielectric value	4.1@1GHz
Loss tangent	0.014@1GHz
Tg	155° by DSC / TMA
CTE x/y/z	before Tg : 18/18/60 after Tg : 18/18/300
Electrical strength	40 kv/mm minimum
Adhesive strength	0.78 n/mm minimum for copper foils >17µm

Technolam Data sheet /NanYa, May 2010

Die klassische Beschreibung eines Multilayers reicht nicht mehr aus. Die Materialeigenschaften müssen im Detail zuverlässig belegt sein. Heute ist die präzise Nomenklatur der Materialien unverzichtbar...

Bild 11-3 Dokumentation der Materialeigenschaften

angesehen werden. Die Einbindung der Syntax in die Dokumentation eines Multilayers schließt die organisatorische Lücke zwischen den unterschiedlichen Softwaresystemen.

Die **Angabe der elektrophysikalischen Eigenschaften** verdeutlicht den direkten Zusammenhang zwischen Geometrie und Funktion. Die Informationen sind wichtig für die Vorabsimulation einer Schaltung. Die Darstellung von Impedanzen und Kapazitäten ermöglicht es, Parameter nachzuprüfen und geeignete Testcoupons und -verfahren zu konstruieren (Bild 11-4).

Die **Eigenschaften der Leiterplatte** müssen erkannt werden. Das setzt voraus, daß Basiskupfer und DK-Kupfer unterschieden werden können. Das Pluggen muß erkennbar sein und eine eventuelle Kantenmetallisierung inklusive der angebondenen Planes muß ausgewiesen sein.

Für das **CAD-Layout** liegen mit der Festlegung der Kupferdicke auf den Lagen und mit der Gesamtdicke des Multilayers wichtige Werte für die Berechnung minimaler Routingparameter vor. Bei definiertem AspektRatio (...für Bohrungen) können dann der minimale Enddurchmesser, der minimale Restring sowie die minimalen Leiterbahnbreiten und Leiterbahnabstände verbindlich vorgegeben werden.

Die Bewertung der **elektromagnetischen und elektrophysikalischen Eigenschaften** eines jeden Lagenaufbaus gestattet eine anwendungs- und einsatzbezogene Klassifizierung von Multilayers. Die Vorauswahl eines Multilayers aus einem umfangreichen Katalog seitens des Anwenders ist damit systematisierbar.

Die **Erstellung eines Reflow- und eines Wärmeprofiles** ist deutlich präziser möglich, wenn vorab Parameter wie Kupfervolumina, Gewichte, Hülsenoberflächen, Kupferverteilung, Klebertypen, Folien, Coverlay usw. zur Verfügung stehen. Darauf aufbauend können pro Bautyp typische Referenzwerte berechnet werden. Damit stehen Kenngrößen/Leitwerte zur Verfügung, die für die notwendige Parametrisierung der Fertigungsprozesse herangezogen werden können.

Hinweis

Es ist offensichtlich, daß die physikalischen Eigenschaften eines Multilayers über die zuverlässige, vorhersehbare und reproduzierbare Funktion der Baugruppe bestimmen.

Bestehen Sie immer darauf, einen Lagenaufbau zu bekommen.

Layouten, fertigen und bestücken Sie *niemals* eine Leiterplatte ohne eine vorliegende Aufbaudokumentation.

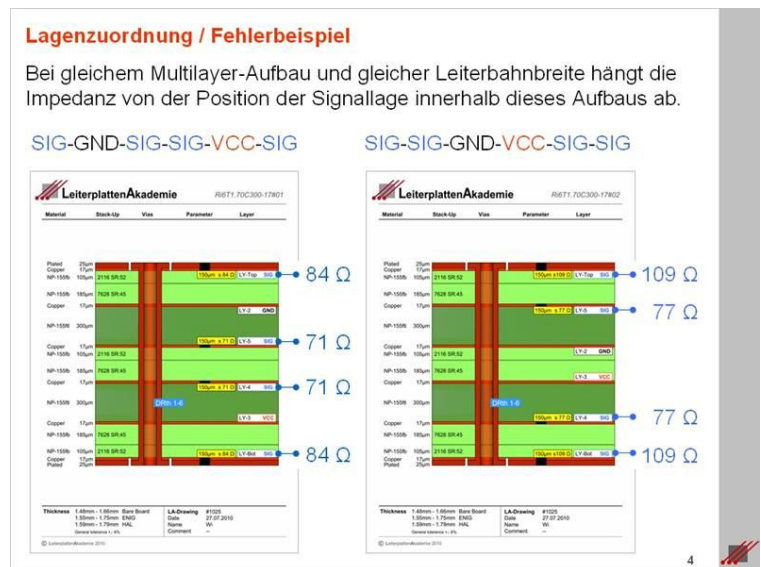


Bild 11-4 Impedanzfehler bei falschem Lagenaufbau