Dickkupfer-Technologien in der Leiterplatte

Layoutkriterien und Designrules

Ralph Fiehler & Johannes Schauer, KSG Leiterplatten, Gornsdorf

Leiterplatten mit Kupferschichtdicken bis 400 µm gewinnen in der Leistungselektronik in zunehmendem Maße an Bedeutung. Überall dort wo hohe Ströme fließen, wird von den Designern nach kostengünstigen und multifunktionalen Alternativlösungen gesucht, um hohe elektrische Leistungen unter Berücksichtigung des Wärmemanagements zu übertragen.

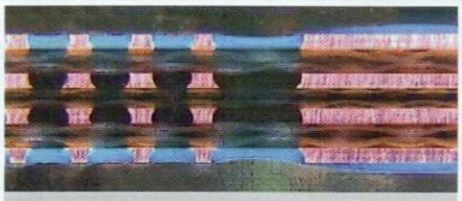


Bild 1: Schliffbild: Standard 4-Lagen ML mit 210 µm Innen- und Außenlagen

Als Einsatzgebiet dieser Technologie ist neben der Automobilindustrie hauptsächlich die Industrieelektronik mit ihren Anwendungen in Stromversorgungs- und Steuerungssystemen zu sehen. Erfüllten hier in der Vergangenheit Techniken mit Stanzgittern, Stromschienen bzw. Multilayer mit mehreren 70 bis 105 µm Cu-Innenlagen die Aufgaben, so werden von der Leiterplattenindustrie mittlerweile Alternativlösungen in der Dickkupfertechnologie bis 400 µm angeboten.

Definition

Zu einer einheitlichen Definition, ab welcher Kupferdicke eine Leiterplatte eine Dickkupfer-Leiterplatte darstellt, konnten sich die Leiterplattenhersteller bisher noch nicht entscheiden.

Aus diesem Grund wurden für ein besseres technisches Verständnis folgende Kriterien definiert:
Standard-Technologie: Cu ≤105 µm
Dickkupfer-Technologie: Cu >105 bis 400 µm.
Dem Entwickler und Designer stellt die KSG Leiterplatten zwei Dickkupfer-Technologien für die Herstellung von zweiseitigen oder mehrlagigen Leiterplatten zur Verfügung:

Dickkupfer-Leiterplatten in der Standard-Fertigungstechnologie
- Variation der Kupferdicke im Lagenaufbau möglich
- Keine Variationsmöglichkeit der Kupferdicken innerhalb einer Lage (Bild 1)

Dickkupfer–Leiterplatten in der „Iceberg-Fertigungstechnologie"
- Variation der Kupferdicke im Lagenaufbau
- Zusätzliche Variationsmöglichkeit der Kupferdicken innerhalb der Lage wie beispielsweise Kombination Steuer- und Leistungslayout 105/400µm auf den Außenlagen (Bild 2)

Aktuell sind folgende Anwendungsgebiete für Dickkupfer-Schaltungsträger bekannt [1]:
- Industrieelektronik (Stromversorgungen/Relais-Sicherungskästen, Frequenzumrichter)
- Solartechnik
- Automotive (Sicherungskästen, Lichttechnik)
- Militärtechnik (unterbrechungsfreie Stromversorgung)

Im Folgenden soll näher auf die Besonderheiten der Herstellung von mehrlagigen Dickkupfer-Leiterplatten in der Standard-Technologie eingegangen werden. Hier besitzt das Unternehmen technologisches Know-how in der Herstellung von Multilayern bis zu 6 Lagen und einer Basiskupferkaschierung von 400 µm.

Materialien

Neben der Anpassung der Fertigungsparameter spielt die Materialauswahl und die richtige Kombination der Prepregs, Laminate und Kupferfolien eine Schlüsselrolle für die Fertigung eines Multilayers in dieser Sondertechnologie.

Prepregs
Zum Einsatz kommen hier vorzugsweise Standardprepregs mit Glasmatten der Gewebetypen 106/1080/2116/7628 und einem angepasstem Harzgehalt, welches eine sichere Verfüllung des hohen Kupferlayouts in den Innenlagen sicherstellt. Die Schichtungskombination der Prepregs wird so gewählt, dass ein Filamentbruch und damit eine Schädigung des Lagenverbundes ausgeschlossen werden kann.

Kupferfolien
Werden vom Leiterplattenfertiger Kupferfolien bezogen, kommen in der Regel ED-Kupferfolien mit einem Cu/Cu- oder Cu/Zn-Treatment zum Einsatz. Als Standard werden 105, 175, 210, 400 µm Kupferdicken angeboten.
Für Sonderanwendungen stehen auch Walzkupferfolien in den Abstufungen 210 und 400 µm zur Verfügung.

Laminate
FR4-Laminate mit einer Basiskupferkaschierung >105 µm sind bedingt durch den hohen Kupferanteil keine preiswerten Materialien. Vergleicht man diese mit einem 18 µm beidseitig kaschiertem Standardlaminat, so muss man mit einem Kostenfaktor von ca. 1:10 rechnen. Aus diesem Grund muss der Entwickler der Leiterplatte höchstes Augenmerk auf eine maximale Materialauslastung legen. Eine frühzeitige Abstimmung mit dem Leiterplattenhersteller kann hier zu einer wesentlichen Kostenminimierung führen. Die Abstufung der als Standard angebotenen Kupferkaschierungsdicken orientiert sich an den Kupferfolienparametern.

Prozess-Know-how

Der Fertigungsablauf einer Dickkupfer-Leiterplatte unterscheidet sich in der Prozessreihenfolge unwesentlich vom Standarddurchlauf einer „Dünnkupfer"-Technologie mit Kupferdicken ≤105 µm. Al-

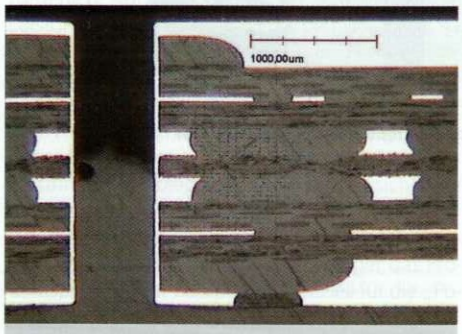


Bild 2: Schliffbild „Iceberg"-Technologie mit kombiniertem 400/70 µm Layout

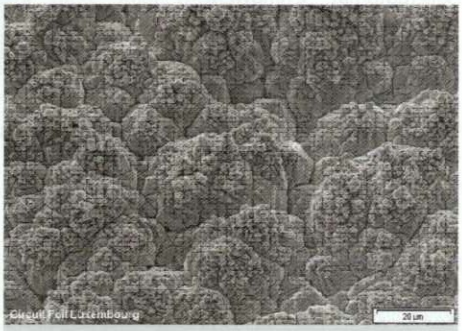


Bild 3: REM-Aufnahme der Treatmentoberfläche einer ED-Kupferfolie

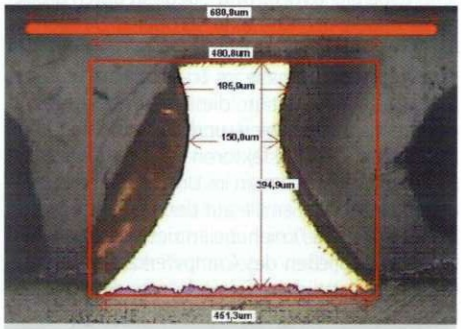


Bild 4: Schliffbild eines Leiterzuges (LZ) nach dem Ätzen (dicker Strich = Dia-Vorgabe, Umrandung = theoretischer Querschnitt lt. Daten des Kunden)

Beschreibung	Grenzwerte	Schichtdicke
Min. metallisierter Lochdurchmesser (Enddurchmesser)	300 µm	105 µm
	400 µm	175 µm
	500 µm	210 µm
	700 µm	400 µm
Min. nicht durchkontaktierter Lochdurchmesser	500 µm	Nicht zutreffend
Min. Line/Space auf der Außenanlage	250/300 µm	105 µm
	360/400 µm	140 µm
	400/500 µm	210 µm
	1200/400 µm	400 µm Iceberg
Min. Line/Space auf der Innenlage	250/300 µm	105 µm
	370/420 µm	175 µm
	400/500 µm	210 µm
	800/800 µm	400 µm
Max. Unterätzung auf Innen-/Außenlage	60 µm	105, 140 µm
	80 µm	175, 210 µm
	200 µm	400 µm
Dielektrikum (Laminat)	Min. 100 µm	105 µm
	Min. 200 µm	175, 210, 400 µm

Tabelle: Auszug aus den Designrules des Unternehmens

lerdings ist in den nachfolgend aufgeführten Schlüsselprozessen ein entsprechendes Know-how gefragt, um die geforderte Produktzuverlässigkeit zu gewährleisten.

Ätzen

Der Ätzprozess einer Dickkupfer-Leiterplatte wird im Wesentlichen charakterisiert durch die 10- bis 15-fach längere Verweilzeit des Produktes in der Ätzlinie. Um ein gleichmäßiges Ätzbild auf der Leiterplattenmitte zu erreichen, ist neben der Auswahl eines geeigneten Ätzresistes, Ätzmediums und den Anlagenparametern ein besonderes Augenmerk auf die Designgestaltung des Leiterbildes zu richten. Wie im Bild 4 dargestellt, kann man nach der Prozessierung ein ausgeprägtes Ätzprofil sowie eine erhebliche Querschnittsreduzierung der Leiterzüge beobachten. Aus diesem Grund muss der Leiterplattenproduzent entsprechende Vorhaltewerte für die Leiterbilderzeugung vorsehen.

Pressen

Die Schwierigkeiten beim Verpressen von Dickkupfer-Layouts sind wie folgt definiert:

- Planarität der Presslinge ohne Einfallstellen
- Einhaltung der Dickentoleranz
- Vollständige Vernetzung des Harzsystems
- Vermeidung von Glasfilamentbrüchen
- Vermeidung von Delaminierungen nach thermischen Stress
- Vermeidung von Lufteinschlüssen

Um die bis zu 400 µm hohen Ätzkanäle der Innenlagen sicher zu verfüllen, müssen sowohl die Prepregs als auch ihre Kombination im Lagenaufbau abgestimmt werden. Das angepasste Pressprogramm und der Einsatz geeigneter Hilfsmaterialien (z. B. Presspolster, Pressbleche) besitzen einen entscheidenden Einfluss auf das Fertigungsergebnis. Auch hier spielt die Layoutauslegung eine nicht zu unterschätzende Rolle. Hohe Kupferbelegungen

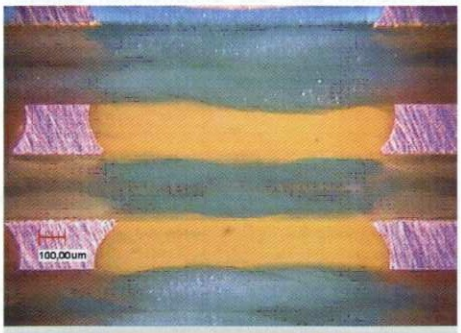


Bild 5: Schliffbild eines Presslings

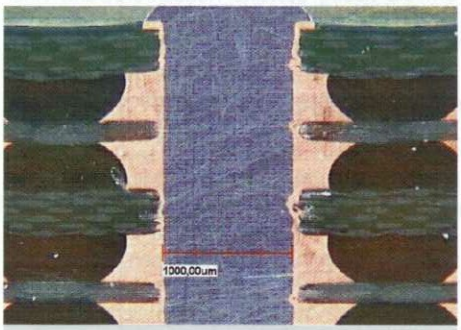
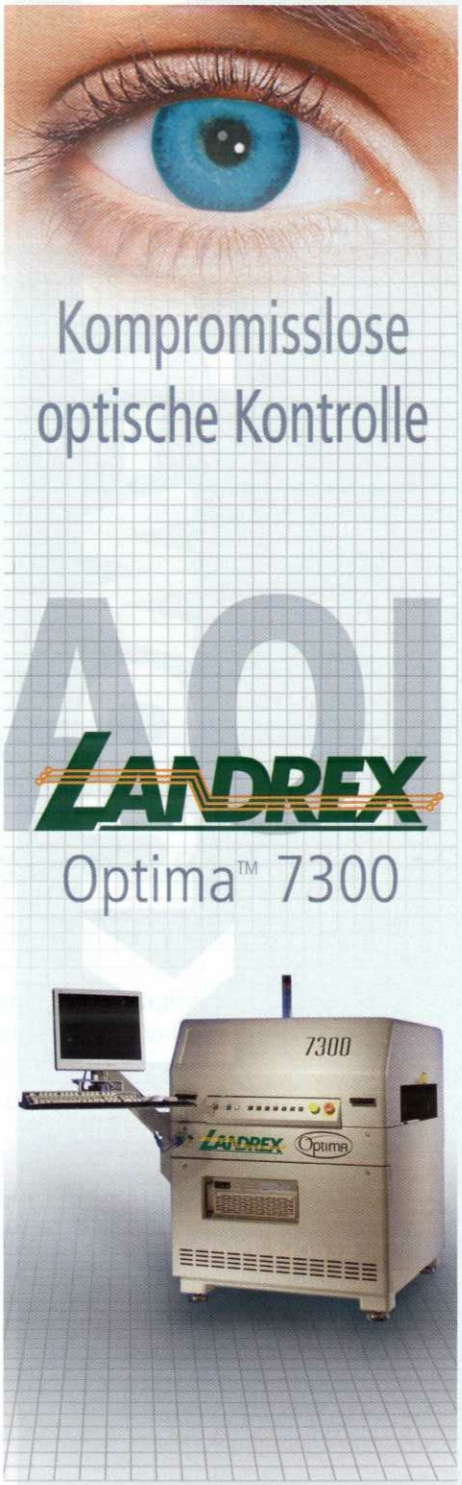


Bild 6: Schliffbild einer mit Standardparameter hergestellten Bohrung



Know-how

Ob Rund- oder Flachbandkabel, Textilbandware, Silikonschläuche oder Drähte – zum Ablängen dieser oder anderer Materialien hat Schleuniger mit der **EcoCut 3300** eine Maschine im Programm, die herausragende Leistung mit Wirtschaftlichkeit und Effizienz verbindet. Bedienungsfreundlich, schnell, exakt und zuverlässig. Schleuniger bietet Spitzenqualität für jeden Verarbeitungsanspruch.

Schleuniger®
To Be Precise.

Schleuniger GmbH
Hesselbachstr. 13
D-75242 Neuhausen/Enzkreis
Tel. (0 72 34) 95 40-0
Fax (0 72 34) 95 40-95
E-Mail: info@schleuniger.de
www.schleuniger.com

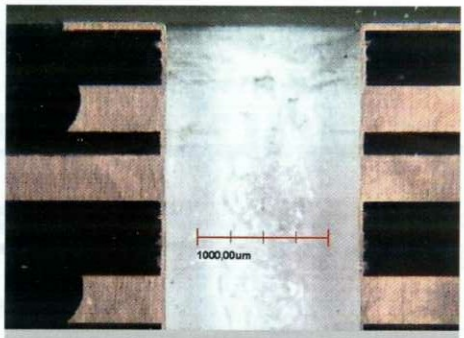


Bild 7: Schliffbild einer mit optimierten Parametern und Werkzeugen hergestellten Bohrung

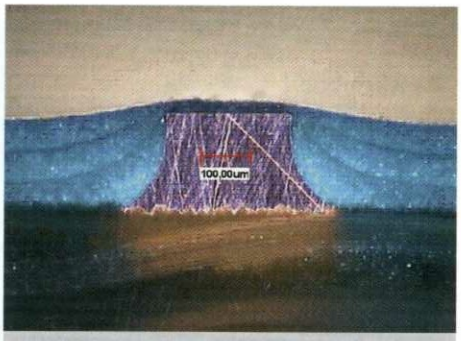


Bild 8: Schliffbild eines in drei Gießvorgängen mit Stopplack abgedeckten 210 µm Leiterzuges

des Innenlagenlayouts stellen einen ausreichenden Harzverfüllgrad und somit die Zuverlässigkeit des Produktes sicher (Bild 5). Bestehen erhöhte Anforderungen an die thermischen und elektrischen Eigenschaften des Schaltungsträgers bzw. lässt sich ein hoher Kupferbelegungsanteil im Layout nicht realisieren, kann mit einem angepassten Epoxydharzsystem ein zusätzlicher Füllprozess vorgenommen werden.

Bohren

Die Bohrlochqualität steht nicht nur beim Einsatz der Einpresstechnik, welche häufig in der Weiterverarbeitung von Dickkupfer-Schaltungsträgern zum Einsatz kommt, sondern auch für die Durchkontaktierung von Multilayern im Mittelpunkt der Qualitätsanforderungen.

Die Herausforderungen im Bohren von Multilayern mit Dickkupfer-Innenlagen bis zu 400 µm wird allein durch die Tatsache transparent, dass im Vergleich zu einem ähnlich aufgebauten Multilayer mit einer 18 µm Kupferkaschierung eine 22-fach höhere Kupferdicke vom Werkzeug durchdrungen werden muss. Die hierbei entstehende Wärme und der massive Kupfergrat müssen ohne Beeinträchtigung der Qualität der Bohrlochwandung abgeführt werden.

Bild 6 zeigt eine Bohrung in einem Dickkupfer-Multilayer mit unveränderten Standardparametern. Hier sieht man im Gegensatz zum Bild 7, einer mit optimierten Bohrparametern und modifizierten Bohrwerkzeugen hergestellten Bohrung, starke Glasfaserausbrüche in der Bohrwandung.

Lötstopplackmaske

Für die Realisierung der Lötstopplackabdeckung stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

- Vorhanggießen
- Siebdrucken
- Sprühverfahren

Um die häufig gestellte Kundenforderung einer Lackbeschichtung von >5 µm Kantenbedeckung der Leiterzüge auch in dieser Technologie gewährleisten zu können, bedarf es einer Anpassung der Prozessparameter und eines mehrfachen Durchlaufes der Produkte durch den Beschichtungsprozess. Bei Leiterbildern mit ungünstigen Layoutverhältnissen (geringe Kupferbelegung, einzeln stehende Leiterzüge) kann eine Vorverfüllung des Leiterbildes mit einem sich anschließenden Schleifprozess notwendig werden. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte allerdings dieser Zusatzprozess durch eine entsprechende Layoutauslegung vermieden werden. Das Unternehmen besitzt das Know-how mit dem in ihrem Haus installierten Vorhanggießprozess in drei Prozessdurchläufen und ohne eine Vorverfüllung der 210 µm tiefen Ätzgräben diese Anforderung prozesssicher zu erfüllen (Bild 8).

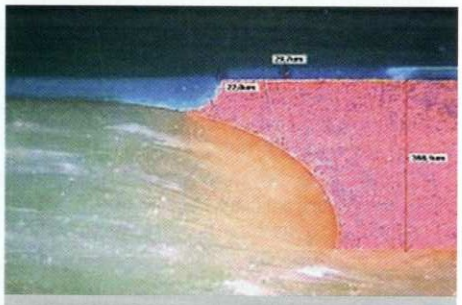


Bild 9: Schliffbild eines in einem Gießvorgang mit Stopplack abgedeckten 400 µm Leiterzuges

Für Dickkupfer-Leiterplatten mit einer Kupferkaschierung >300 µm auf den Außenlagen wird der Einsatz der „Iceberg"-Technologie empfohlen, da durch die „Versenkung" von zwei Drittel der Kupferdicke im Basismaterial nur ein Gießvorgang zur Erreichung der geforderten Kantenabdeckung mit Stopplack benötigt wird (Bild 9).

Designrules

Der komplexe Ätzprozess bestimmt die Designrules des Leiterbildes. Aus diesem Grund können hier die bekannten Designvorgaben der Standardtechnologie, welche in der Regel Kupferschichtdicken bis 105 µm beinhalten, nicht zur Anwendung kommen. Die Tabelle beinhaltet einen Auszug aus den Designvorgaben des Unternehmens für Schaltungsträger mit Kupferschichtdicken bis 400 µm und soll einen ersten Überblick über die wichtigsten Layoutkriterien geben. Die ausführlichen Designrules mit grafischer Darstellung können von Interessenten über das Unternehmen bezogen werden.

www.ksg.de

Literatur

[1] Schauer, Johannes: KSG-Kundeninformation, Vortrag – Dickkupfer-Technologie, Gornsdorf 04/2005