

# Einlaminiertes Kupfer

## Wärme und Hochstrom effizient in Platinen managen

Bei der Entwicklung von Leiterplatten gibt es oft das Problem, dass für verschiedene Nutzungsbereiche in einem Gerät auch verschiedene Leiterplatten angelegt werden müssen. Wegen der unterschiedlichen thermomechanischen Belastung der Materialien lassen sich die Bereiche Stromführung und elektronische Steuerung oft nicht auf einer Leiterplatte verwenden. Mithilfe spezieller Verfahren ist das jedoch sehr wohl möglich.

Autor: Volker Feyerabend

**K**upfer wird häufig mit Dicken von bis zu 105 µm auf oder in Platinen verarbeitet. Die im Betrieb entstehende Wärme lässt sich oft nur mit großvolumigen Kühlkörpern abführen. Um den thermomechanisch bedingten Verformungen vorzubeugen, ist es nötig, die Leiterplatten in Gehäusen aufwendig mit stabilen Halterungen und Wärmeabfuhr-elementen zu montieren. Bei seinem neuartigen Verfahren laminiert der Leiterplattenhersteller Becker & Müller Schaltungsdruck nun in eine mehrschichtige Leiterplatte mit mindestens zwei voneinander abstandeten Leiterebenen mechanisch verstärkende und leitfähige Medien ein. Das kann beispielsweise Kupfer in Dicken von bis zu 400 µm sein. Sie bilden in vorbestimmten Abschnitten gleichzeitig elektrische Leiterbahnen. Diese sind dem elektrischen Layout der Leiterplatte zugeordnet und können auch Wärme ableiten. Auf diese Weise lassen sich die elektrischen und thermomechanischen Eigenschaften des Einlagematerials gleichzeitig nutzen.

Der Prototypenhersteller hat sich nach verschiedenen Untersuchungen für die Einlegetechnik mit Kupfer entschieden. Für den Bereich Hochstrom gibt es noch weitere Alternativen. Wegen der

bekanntesten Kupfereigenschaften und der Möglichkeit, das Verfahren am besten in die bestehenden Prozesse zu integrieren, hat sich das Unternehmen für Kupfer als Einlagematerial entschieden. Außerdem lassen sich die meisten Anwendungen und Marktanforderungen damit abdecken. In Sonderfällen gibt es neben Kupfer noch die billigere Möglichkeit, Aluminium für die Wärmeableitung zu nehmen, wenn auch die elektrischen Eigenschaften gefragt sind, ist Kupfer das Material der Wahl.

### Oben, unten oder in der Mitte?

Solche Kupferinlays lassen sich bei Multilayer-Leiterplatten in die Zwischenlagen einbringen oder direkt auf der Leiterplattenoberfläche in passend geformte Vertiefungen einlegen. Bei Kupferinlegern, die an der Leiterplattenoberfläche liegen sollen, ist es möglich, Bauteile direkt auf die Kupferinleger respektive die Platinenoberfläche aufzulagern. Sie benötigen je nach Entwurf keine oder zumindest weniger Wärmeableitung durch spezielle Kühlelemente, das Produktgehäuse oder andere Vorkehrungen. Die Produktion solcher Leiterplatten ist aufwendiger als die herkömmlichen.

### Auf einen Blick

#### Kupfer leitet Strom und Wärme

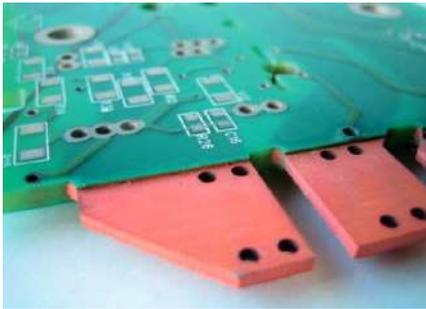
Becker & Müller setzt auf eine Kupferinlay-Technik, um den Herausforderungen von Elektromobilität, erneuerbaren Energien und Leistungselektronik zu begegnen. In FR4 eingebettete Kupferelemente leiten sowohl hohe Ströme als auch Verlustwärme ab, sodass platzsparende Anwendungen möglich sind.

infoDIREKT [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)

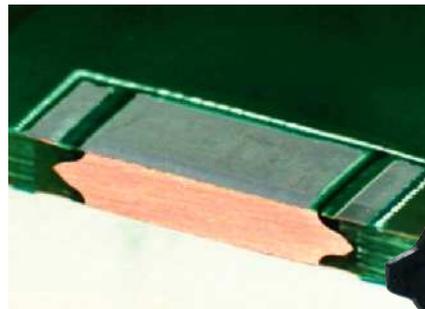
400pr1013

Einlegetechnik mal von oben:  
Problemlos lassen sich darauf  
Bauteile auflegen.

Alle Bilder: Becker & Müller



Kupferinlegetechnik und Kühlelement in einem: Mit dem herausragenden Kupferelement lässt sich noch mehr Wärme abführen.



Beispiel einer soliden Wärmeabfuhr: Gut zu sehen ist das Kupfer-Inlay.

Hochstromeffizient um die Ecke gebracht, da sich das Kupfer-Inlay beliebig einsetzen lässt.



licher Leiterplatten. Nicht jeder Schritt kann automatisiert ablaufen. So müssen die Inlays separat bearbeitet und für den Produktionsprozess vorbereitet werden. Das Unternehmen nutzt hier hauptsächlich einen Prozess für die Vorbereitung der Einleger. Das Trägermaterial FR4 wird präzise gefertigt und die Teile dann handisch in die Vertiefung eingelegt. Hier ist ein relativ hoher Anteil Handarbeit notwendig. Maschinelles Einlegen ist zu schwierig, bei kleineren Stückzahlen nicht rentabel.

Durch die notwendigen Spezifikationen und den manuellen Prozess des Einlegens gibt es einen kleinen Spalt zwischen dem Basismaterial und dem eingebrachten Einleger. Diese Toleranz ist für die Montage notwendig. Dieser Spalt wird nun mit Harz verfüllt. Ursprünglich wurde mit einem anderen Füllmaterial für die Fugen experimentiert, aber eine entsprechend niedrige Toleranz der Zwischenräume ermöglicht die Anwendung des Standardprozesses und -materials. Die nun folgende Einlaminierung ist die Herausforderung im Produktionsprozess. Anschließend muss das an der Oberfläche aufliegende Kupfer vom überschüssigen Harz befreit werden, was wiederum ein zusätzlicher Produktionsschritt ist.

Auch das Einlaminieren von Folien mit einem Temperaturkoeffizienten von weniger als 5 ppm/K wurde wieder verworfen. Will man einen Multilayer mithilfe einer solchen Folie beispielsweise auf einen Temperaturkoeffizienten von 6,5 ppm/K stabilisieren, was etwa dem von Keramikmaterial entspricht, so müssen 40 bis 60 Prozent der Leiterplattendicke aus solchen Folienblechen bestehen, da sonst das Harzmaterial mit seinem Temperaturkoeffizienten von 16 ppm/K überwiegt. Bei Becker & Müller wurde ein eigenes Messverfahren entwickelt, um genau diese Anforderungen an den fertigen Leiterplatten zu testen. Mithilfe einer eigenentwickelten Messmaske kann die Ausdehnung der fertigen Platte gemessen werden. Die Wärmeausdehnung des stabilisierenden Materials sollte möglichst klein sein und es sollte einfach in einem Multilayer zu verarbeiten und nachträglich auch einfach zu bearbeiten sein.

Dank der Einlegetechnik ist für die Produktanwendung im Design nun sowohl ein Leistungsteil, das hohe Ströme und grobe, grobe Strukturen ermöglicht, als auch ein Ansteuerenteil, das für niedrige Ströme und feine Strukturen ausgelegt ist, auf einer Lei-

terplatte möglich ohne gegenseitige Beeinträchtigung der beiden Bereiche. Das bedeutet Einsparung von Material, Platz und Bauteilen. Eine Hochstromleiterplatte kann zusätzliche Signalelemente enthalten, mechanische Verbindungen durch Kabel, Steckkontakte oder ähnliches können entfallen. Und überall da, wo hohe Ströme fließen, kann die Wärme über die dicken Kupferinlays besser und schneller abgeleitet werden. Auf diese Weise sind Leiterplatten mit integrierten Netzteilen möglich, die hohe Ströme mit Strömen bis zu 800 A oder 1000 A führen müssen. Umgesetzt wird das bevorzugt mit 1000 µm dicken Kupferinlegern, möglich sind bis circa 4000 µm.

### In Summe deutliche Einsparung

Die Produktion der einzelnen Leiterplatte mag mit diesem Verfahren etwas teurer sein, für die Leiterplatte respektive das Endprodukt bedeutet es aber letztendlich eine deutliche Einsparung. Für die Entwicklung neuer Produkte können künftig wesentlich kleinere und kompaktere Leiterplatten zum Einsatz kommen, Kühlbauteile und mechanische Verbindungen fallen weg. Außerdem lassen sich die Formen präzise an den Bedarf des Kunden anpassen. Beim Endzuschneit lässt sich auf Wunsch das an den Seiten der Leiterplatte herausstehende Kupfer abfräsen. Manche Designer nutzen diese Kupferenden aber, um Wärme an die Umgebungsluft abzugeben. Diese Fräskontur, inklusive Tiefenfräschritte, wird bei Becker & Müller separat programmiert. Unterschiedliche Formenwünsche lassen sich so unproblematisch realisieren. Im DFM-Prozess (Design for Manufacturing) stimmt man sich bereits im Vorfeld mit dem Kunden ab; hier werden Details besprochen sowie Datenreviews und Checks der Layouts durchgeführt. Die Ergebnisse fließen in das Design der Leiterplatte ein. (mrc) n



Der Autor: Volker Feyerabend ist Geschäftsführer von Apros-Consulting.

Wir stellen aus: Productronica vom 12. bis 15. November Halle B2 Stand 118

## HOCHSTE FUNKTIONSSICHERHEIT FÜR BAUGRUPPEN.

Luft- und Raumfahrt, Medizin, Industrie Entwicklung, Bestückung, Montage, Versand PREMIUM EMS HEICKS [www.heicks.de](http://www.heicks.de)

**Heicks**  
Industrielektronik GmbH

DAS PARYLENE KONZEPT