Vielfältige Lösungen

Methoden zur Wärmeableitung bei HF-Leiterplatten

Von Dipl.-Ing. Markus Wille, RUWEL AG, Werk Wetter, Produktentwicklung

Die Herstellung von Leiterplatten mit Kühlkörpern hat eine lange Tradition bei der RUWEL AG. So werden seit mehr als 15 Jahren für unterschiedlichste Kfz-Steuergeräte in Großserien Kühlkörper auf Multilayer-Leiterplatten geklebt. Diese Erfahrung und Kompetenz wurde schon frühzeitig erfolgreich bei dem Aufbau der Infrastruktur für die mobile Telekommunikationstechnik eingebracht. Durch den weiteren Ausbau der Mobiltelefonnetze werden immer kompaktere Hochfrequenz- Sende- und Empfangsmodule (Transceiver) benötigt. Die Leistungsverstärker dieser Transceiver sind mit HF-Leistungstransistoren bestückt, die eine hohe Verlustleistung generieren. Zur effektiven Ableitung der Verlustwärme bei Hochfrequenz- oder Mikrowellenleiterplatten hat die RUWEL AG verschiedene Techniken entwickelt, die in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Einleitung

Bei der Verarbeitung von Signalen in der Hochfrequenztechnik, insbesondere bei der Verstärkung von HF-Signalen, wird sehr viel Verlustwärme erzeugt. Sie muss schnell und effizient von den Bauelementen abgeführt werden. HF-Schaltungen werden sehr oft in speziellen Abschirmgehäusen eingebaut (Abbildung 1). Dies erschwert die Montage eines einfachen Kühlkörpers auf das zu kühlende Bauelement oder es ist zur Kühlung nicht ausreichend.

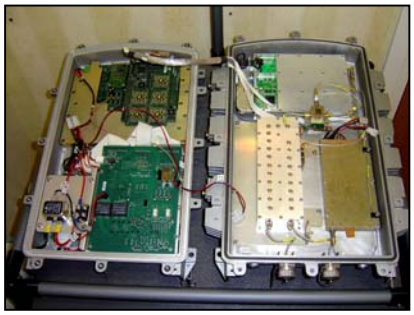

Abbildung 1: *WiMax HF-Verstärker*

In der HF-Technik führt man die Verlustleistung von Leistungstransistoren üblicherweise über den Boden des Bauelementes zur Wärmesenke, z. B. dem Gehäuse, ab. Dazu werden Materialien mit einer hohen Wärmekapazität benutzt. Dieses Prinzip ermöglicht eine Integration der Wärmeableitung in den konstruktiven Aufbau von HF-Leiterplatten.

Sehr häufig wird die gesamte Schaltung zur Wärmeableitung auf eine dicke Metallplatte aufgebracht. Dazu gibt es verschiedene Verfahren. Sie können beispielsweise im unbestückten Zustand durch so genanntes „sweat soldering“ mit dem Kühlkörper verlötet werden. Oder sie werden einfach nach der Bestückung auf einen Kühlkörper geschraubt. Solche Verfahren erfordern erfahrungsgemäß einen hohen Aufwand bei unseren Kunden, vor allem, wenn hohe Stückzahlen verarbeitet und hohe Qualitätsanforderungen erfüllt werden sollen. Deshalb haben wir Methoden und Modelle entwickelt, bereits während der Leiterplattenproduktion den Kühlkörper oder andere, lokale Elemente zur Wärmeableitung in den Aufbau der HF-Leiterplatte zu integrieren.

Pre-bonded oder Post-bonded

Einige Materialhersteller bieten HF-Materialien an, die bereits auf ein flaches Metallblech zur Wärmeableitung laminiert wurden. Das HF-Substrat befindet sich direkt, ohne eine Zwischenschicht, auf einer dicken Metalllage. Als Werkstoffe für die Metalllage werden Kupfer, Aluminium oder Messing verwendet. Weil dieser Verbundaufbau so vom Materialhersteller bezogen wird, trägt diese Methode die Bezeichnung „pre-bonded“-Technik.

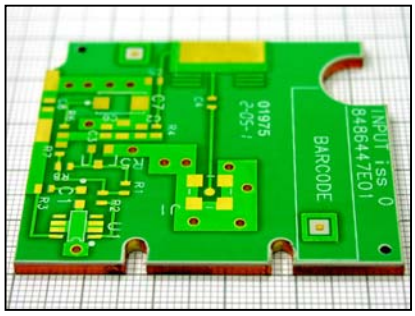

Abbildung 2: *Metal Backed HF-Substrat*

Abbildung 2 zeigt ein pre-bonded HF-Substrat mit einer dicken Metallrückseite aus Kupfer. Dieses Basismaterial wird in der Leiterplattenproduktion wie eine doppelseitige Leiterplatte verarbeitet. Es können Durchkontaktierungen als Sackloch- oder

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

Durchgangsbohrungen eingebracht werden. Die Schaltung trägt nur auf einer Seite ein Leiterbild. Die Verarbeitung solcher Aufbauten mit einer Metallrückseite von typ. 1 mm bis 3 mm Dicke ist jedoch in der Leiterplattenproduktion aufwändig.

Das Ausgangsmaterial der pre-bonded Version ist ein Verbundwerkstoff aus relativ weichem HF-Substrat und einer dicken Metallplatte. Die optimalen Parameter für die mechanische Bearbeitung dieser Materialien weichen stark voneinander ab. Deshalb muss man bei diesem Aufbau mit Kompromissen in der Produktion arbeiten oder besondere Maschineneinrichtungen oder -konfigurationen vornehmen.

Die zur Auswahl stehenden Metalle lassen sich sehr unterschiedlich metallisieren. Kupfer und Messing können in aller Regel problemlos durchkontaktiert werden. Für Aluminium hingegen sind besondere Vorbehandlungen und Beschichtungen vor Metallisierung mit Kupfer erforderlich. Ähnliches gilt für das Oberflächenfinish. Das Basismaterial in dem pre-bonded Aufbau ist in der Regel teurer, als wenn die Materialien einzeln bezogen werden.

Bei der post-bonded Methode wird die HF-Leiterplatte nach ihrer Fertigstellung mittels eines Klebefilms auf einen separat hergestell-ten Kühlkörper geklebt. Der Klebefilm kann je nach Anforderung ausgesucht werden. Es gibt elektrisch leitende, Temperatur leitende und nichtleitende Filme.

Für HF-Leistungsverstärker werden in der Regel elektrisch- und wärmeleitende Klebefilme eingesetzt. Durch die elektrische Leitfähigkeit des Klebefilms wird der Kühlkörper mit der Masse der HF-Schaltung elektrisch leitend verbunden. Der elektrische Übergangswiderstand ist mit ca. 1 mΩ sehr gering.

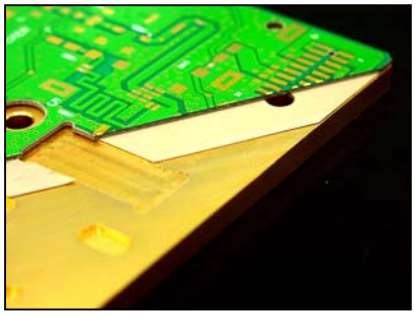

Abbildung 3: *HF-Leiterplatte mit Kühlkörper*

In der Abbildung 3 ist ein Schaltungsausschnitt einer HF-Leiterplatte mit elektrisch und wärmeleitenden Klebefilm und dem Kühlkörper zu sehen. Der Kühlkörper enthält eine Kavität, in der ein HF-Leistungstransistor mit seinem Flansch montiert wird. Die Verklebung der Leiterplatte mit dem Kühlkörper muss von hoher Qualität sein. Es dürfen keine Fehlstellen auftreten, um Hotspots zu vermeiden. Die Schichtdicke des Klebefilms muss nach dem Laminieren sehr gleichmäßig sein. Durch eine entsprechende Prozessführung werden diese Anforderungen sichergestellt.

Die post-bonded Methode bietet gegenüber der pre-bonded Version erhebliche Vorteile, sowohl in der Gestaltung der Leiterplatte als auch in der Leiterplattenproduktion. Die HF-Leiterplatte kann beliebig gestaltet sein. Es gibt keine Beschränkung in der Anzahl der Leiterbildlagen und auch nicht bei der Auswahl der HF-Substrate. Ebenso kann der Kühlkörper beliebig geformt und gestaltet sein. In der Produktion werden die drei Komponenten unabhängig voneinander in jeweils optimal ausgerichteten Prozessen hergestellt. Nach der Fertigstellung der Einzelteile werden diese durch Laminieren zusammengefügt. Schlechtteile können vor dem Zusammenbau aussortiert werden.

Lokale Wärmeableitung durch Cu-Coins

In vielen Fällen ist eine Montage eines Kühlkörpers über die gesamte Schaltungs-fläche nicht erforderlich oder sinnvoll, zum Beispiel, wenn die HF-Schaltung noch auf einen Metallträger oder in ein Metallgehäuse montiert wird. Dann kann es ausreichen, dass in die HF-Leiterplatte eine lokale Wärmeableitung integriert wird, welche die Wärme vom Bauelement zur Unterseite der Leiterplatte abführt und an eine externe Wärmesenke weiterleitet. So können beispielsweise Felder mit Thermal-Vias die Wärme durch die Leiterplatte abführen. Reicht deren thermische Leitfähigkeit nicht aus, werden solide Kupferstücke (Cu-Coins) in die Leiterplatte eingesetzt. Hierzu hat RUWEL verschiedene Methoden entwickelt. Kupfer besitzt eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit und kann sehr gut in Leiterplattenkonstruktionen integriert werden.

Eine Methode ist das Einlaminieren von Kupferstücken in eine HF-Multilayer-Leiterplatte. Oftmals werden Hochfrequenz-schaltungen in einer so genannten Hybrid-Konstruktion aufgebaut. Ein HF-Substrat wird dabei auf ein Laminat einer anderen Materialsorte auflaminiert. Vor dem Laminieren des kompletten Verbundes werden die Cu-Coins in eine Öffnung des zweiten Substrats platziert. Die Cu-Coins können durch metallisierte Bohrungen und der Metallisierung der Schaltung

mit dem Massepotential der Schaltung verbunden werden (Abbildung 4).

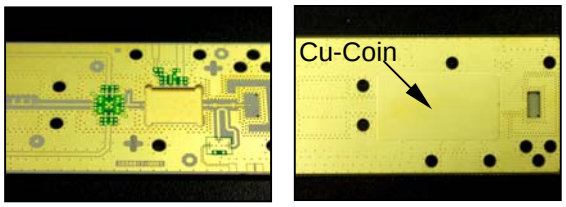

Abbildung 4: *HF-Leiterplatte mit einlaminiertem Cu-Coin*

Wie man im rechten Teil der Abbildung 4 erkennen kann, liegt das Cu-Coin bündig in der Ebene der Schaltungs-Rückseite. Das Verfahren bietet aber auch die Möglichkeit, das Cu-Coin bündig zu beiden Oberflächen der Schaltung abschließen zu lassen. Diese Ausführung ermöglicht dann die Verwendung von SMT-Versionen von HF-Leistungs-transistoren.

Eine weitere Methode ist das Einkleben von Cu-Coins nach der Fertigstellung der HF-Leiterplatte. Dazu enthält die HF-Leiterplatte Kavitäten, in denen vorgefertigte Cu-Coins mit einem Leitkleber eingeklebt werden. Der Kleber kann thermisch und elektrisch leitend sein (Abbildung 5).

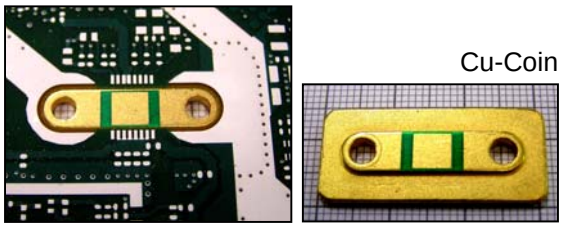

Abbildung 5: *HF-Leiterplatte mit eingeklebtem Cu-Coin*

Die Haftfestigkeit der eingeklebten Cu-Coins ist zum einen abhängig von dem verwendeten Kleber und den Oberflächen und zum anderen von der Größe und Geometrie der geklebten Fläche. In der gezeigten Konfiguration werden Kräfte von 600 N bei senkrechtem Abzug erreicht.

Cu-Coins in Einpresstechnik

Das Einsetzen von Cu-Coins in Leiterplatten durch Einpresstechnik wird seit einiger Zeit für Leiterplatten für Motorsteuerungen im Automobilbereich praktiziert. Dieses Verfahren kann auch bei HF-Leiterplatten angewendet werden. Runde oder eckige Cu-Coins werden in passenden Öffnungen der HF-Leiterplatten eingepresst. Die Cu-Coins können in metallisierte oder nichtmetallisierte Öffnungen eingepresst werden. Eine Metallisierung der Leiterplatte nach dem Einpressen der Coins mit Kupfer ist ebenso möglich wie das Aufbringen der üblichen Endoberflächen.

Die folgende Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt einer HF-Schaltung mit eingepressten Cu-Coins. Um die Coins herum befinden sich noch Thermal-Vias zur weiteren Unterstützung der Wärmeableitung. Sie sind jedoch nicht unbedingt erforderlich und wurden hier nur eingebracht, weil der Raum zur Verfügung stand. Die Cu-Coins haben gegenüber Thermal-Vias eine wesentlich höhere thermische Leitfähigkeit.

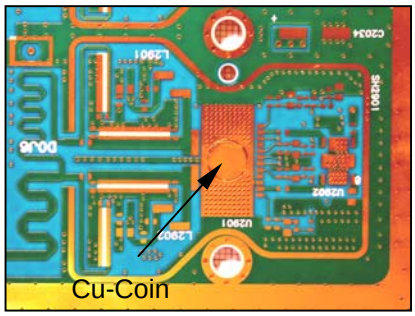

Abbildung 6: *HF-Leiterplatte mit eingepresstem Cu-Coin*

Zusammenfassung

Die Integration von Wärmeableitungen in den Aufbau von Leiterplatten ist eine bereits be-währte und zuverlässige Technik. Sie bietet sich in idealer Weise für eine Verwendung bei HF-Leiterplatten an. Die RUWEL AG hat dazu verschiedene Modelle entwickelt, die in diesem Beitrag vorgestellt wurden.

Neben dem flächigen Aufkleben von HF-Leiterplatten auf Kühlköper mittels leitfähigen Klebefilmen sind neue Methoden zur Integration von lokal platzierten Wärmeableitungen durch Cu-Coins entwickelt worden. Diese Techniken bieten dem Schaltungsentwickler große Freiheiten in der Gestaltung und der Materialauswahl. Die vorgestellten Modelle werden für unterschiedliche HF-Komponenten in Basisstationen für die Mobiltelefonnetze und WiMax-Dienste bereits angewendet.

Kontakt:
RUWEL AG
Am Holländer See 70
D-47608 Geldern
www.ruwel.com