

Optimierung der Leistung von LTCC-Filtern mit hoher Unterdrückung in koplanaren Wellenleiter-Aufbauten

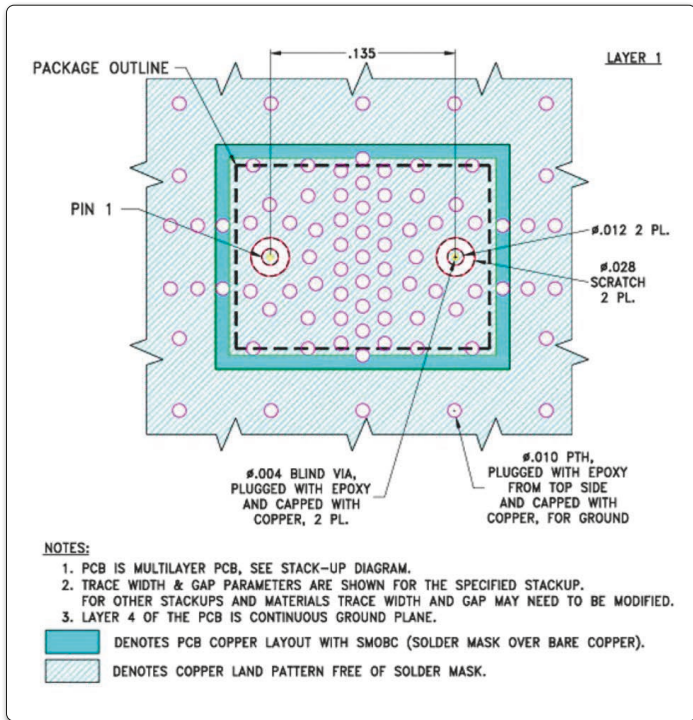


Bild 1: Streifenleitungs-PCB-Layout für ein LTCC-Filter der BFHK-Serie

In diesem Artikel werden die physikalischen Unterschiede zwischen Streifenleitungs- und koplanaren Wellenleiter-Implementierungen dieser LTCC-Filter beschrieben und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Performance des Filters diskutiert. Kanalisierung bzw. ein geschirmter Aufbau werden als effektive Techniken vorgeschlagen, um auch in CPW-Umgebungen eine vergleichbare Leistung wie bei der Stripline-Implementierung zu erreichen. Schließlich werden konkrete Testdaten aus einer Untersuchung der neuen BFHKI-Serie Filter auf Zwischenplatten in einem Gehäuse als Machbarkeitsnachweis präsentiert.

Hohe Sperrunterdrückung

Die LTCC-Filter der BHFH-Serie von Mini-Circuits zeichnen sich durch hohe Sperrunterdrückung aus. Die Sperrunterdrückung wird von Mini-Circuits mit über 90 dB angegeben, was zusammen mit der Kombination aus Größe, Zuverlässigkeit und Kosten, derzeit von keiner anderen Filtertechnologie mit vergleichbarer Leistung erreicht wird.

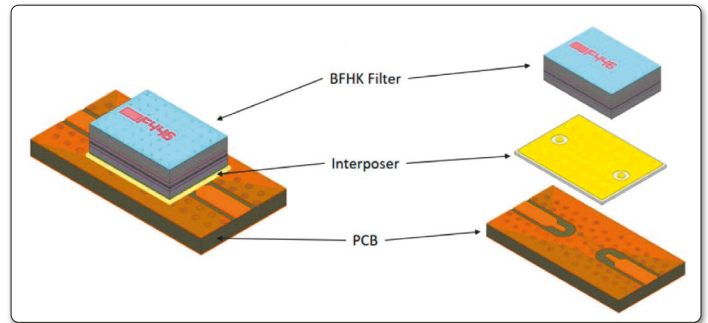


Bild 2: LTCC-Filter der BFHKI-Serie verfügen über eine Zwischenplatte zwischen dem Filterbaustein und der Leiterplatte des Kunden, was eine einfache Montage auf der obersten Übertragungsleitung ermöglicht

Das Erreichen der spezifizierten Performance in einem praktischen Schaltungsaufbau kann jedoch je nach den konstruktiven Details des Aufbaus, variieren. Die BHFH LTCC Filter haben koaxiale Eingangs- und Ausgangspins auf der Unterseite des Bauteils, was das Verwenden von Blind-Vias zur leitenden Ebene einer Streifenleiterplatte erfordert. Obwohl viele Leiterplattenhersteller zuverlässige Multilayerplatten mit Blind-Vias liefern können, bevorzugen manche Entwickler immer noch koplanare Wellenleiter-Platinen (CPW), bei denen der Kontakt zwischen der Leiterbahn und den Anschlüssen auf der obersten Ebene liegt. Neben den Bedenken hinsichtlich blinder Durchkontaktierungen bei bestimmten Anwendungen, ermöglicht CPW das Lötten anderer oberflächenmontierbarer Komponenten im Nebenschluss oder in Reihe zum Signalweg sowie die Feinab-

ckung wird von Mini-Circuits mit über 90 dB angegeben, was zusammen mit der Kombination aus Größe, Zuverlässigkeit und Kosten, derzeit von keiner anderen Filtertechnologie mit vergleichbarer Leistung erreicht wird.

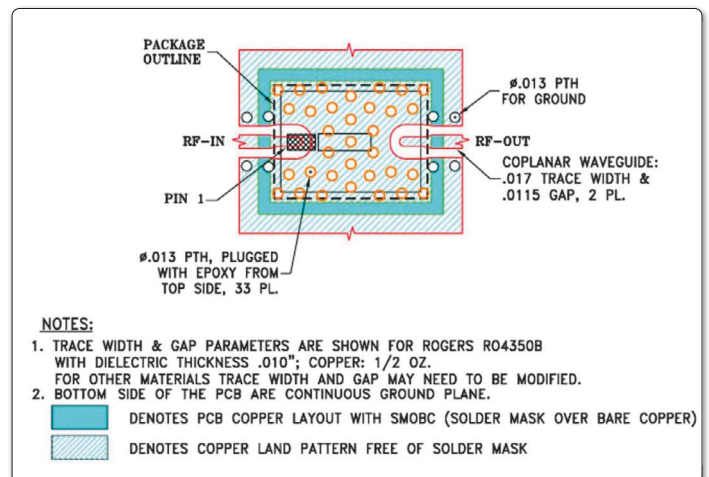


Bild 3: Vorschlag eines PCB-Layouts für die BHFH LTCC-Bandpassfilter bei koplanaren Wellenleiterprojekten

MINI-CIRCUITS

www.minicircuits.com

municom Vertriebs GmbH

www.muniom.com

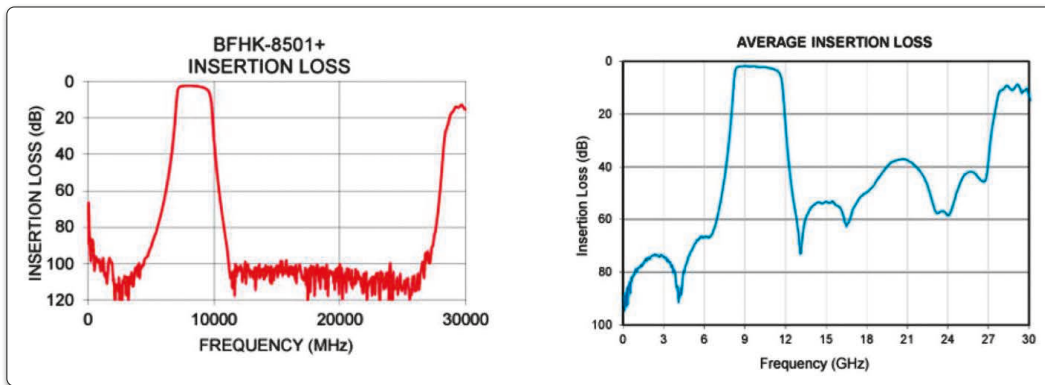


Bild 4: Charakteristische Filterantwort von BFHK-8501+ (links) vs. BFHKI-8501+ (rechts)

stimmung der Leiterbahnbreite und des Wellenwiderstands, um optimale Anpassung zu schaffen.

Um diesen Anwendungsfällen gerecht zu werden hat Mini-Circuits die BFHKI-Serie von CPW-kompatiblen Filtern in einer Pick&Place-fähigen Bauform entwickelt. Diese Filter bestehen aus der eigentlichen LTCC-Komponente und einer kleinen Zwischenplatine (interposer board), welche die koaxialen Tore des LTCC Bauteils in eine CPW-Schnittstelle umsetzt.

PCB-Layouts in Streifenleiter- vs. Koplanar-Wellenleiter-Implementierungen

Da die Footprint-Anforderungen der BFHK-Filtermodule durchgängige leitende Strukturen fordern (Bild 1), könnte das direkte Auflöten des Filtermoduls auf die offene Leiterbahn eines CPW zu Kurzschlüssen zwischen der Platine und der Unterseite des Filters führen.

Mini-Circuits hat daher die BFHKI-Filter Serie entwickelt, die eine neuartige Zwischenplatine (das interposer board)

enthält, um die Drop-in-Verwendung bei CPW-Projekten zu ermöglichen und dem Benutzer die Integration zu erleichtern (Bild 2). Der LTCC-Filter ist auf einer Streifenleitungsplatine vormontiert, die für die koaxiale Verbindung zwischen den Metallisierungen der obersten Schicht der Kundenleiterplatte und den Eingangs- und Ausgangsanschlüssen des Filters sorgt, wie in Bild 3 dargestellt ist.

Diese Zwischenplatine ermöglicht die einfache Surface-mount-Montage der LTCC-Filter auf einem koplanaren Wellenleitersubstrat. Aber wie so oft in der Welt der HF, kommt das mit ein paar Einschränkungen und Bedarf besondere Vorsicht beim Design und der Montage.

Auswirkungen auf die Filter-Performance

Die spezifizierte Sperrunterdrückung der Filter der BFHK-Serie wird auf Streifenleitungs-Testplatinen charakterisiert, bei denen die Leitung zum und vom Filter zum Schutz vor Kreuzkopplung im Inneren einer mehrlagigen Leiterplatte geschirmt

ist. Im Gegensatz dazu führt bei einer CPW-Implementierung die exponierte Signalführung von der Leiterplatte zum Modul zu Abstrahlungen, die sich negativ auf die Unterdrückung auswirken. Bild 4 veranschaulicht den Effekt. Die Filterantwort für BFHK-8501+ ist links dargestellt und weist eine maximale Unterdrückung von etwa 100 dB auf. Der BFHKI-8501+ ist das gleiche Filterbauteil, aber auf der Zwischenplatine montiert und weist eine typische Unterdrückung von etwa 70 dB im unteren Sperrband und 50 dB im oberen Sperrband auf. In der Testhalterung des Modells der BFHK-Serie ist der Filter direkt auf dem Streifenleitungs-substrat montiert, während das Modell der BFHKI-Serie mit der Zwischenplatine auf einer offenen CPW-Testplatine montiert ist. Es ist wichtig, zu beachten, dass die Unterschiede in der Unterdrückung zwischen den beiden Modellen eine Funktion der Qualität des Übergangs von der Leiterplatte zum Filter ist und nicht eine Eigenschaft des eigentlichen Filters darstellt. Eine ideale Lösung wäre die Nachbildung der HF-Isolierung, die durch die oberste Ebene einer

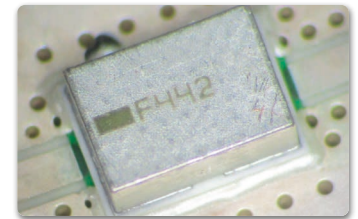


Bild 6: Leitender Klebstoff ist um die Kante der Zwischenplatine herum aufgetragen, um die HF-Unterdrückung zu maximieren

Streifenleitungs-Leiterplatte in einer CPW-Umgebung bereitgestellt wird.

Glücklicherweise kann dies durch die Nutzung der Metallbeschichtung des LTCC und üblicher Kammertechniken erreicht werden, wodurch eine ähnliche Filterantwort wie bei der direkt auf der Streifenleitung montierten BFHK-Serie erzielt wird. Im Folgenden werden Messdaten vorgestellt, die von Kundenseite im Testaufbau gemessen wurden und welche die Funktion der Filter der BFHKI-Serie von Mini-Circuits auf CPW-Substrat in einem Gehäuse mit getrennten Kanälen bewerten. Die Ergebnisse vergleichen die Leistung zwischen der Basisanwendung, d.h. ein direkt auf der Streifenleitung montiertes Filter und der CPW-Anwendung mit der Zwischenplatine und Kammeraufbau.

Der Testaufbau

Der Kunde verwendete eine 20-mil-Testplatine mit vier BFHKI-Filter auf identischem Layout mit PC-2,92-mm-Anschlüssen. Eingangs- und Ausgangsleitungen sind geerdete CPW-Typen. Verteilt über die ganze Platine sind Massedurchkontaktierungen. Darüber hinaus gab es ein hier nicht gezeigtes

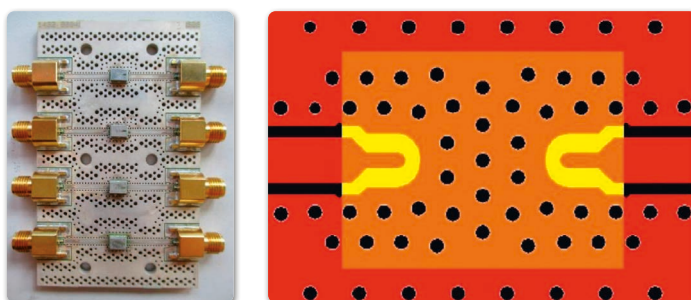


Bild 5: Testplatinen- und PCB-Layout der Kundenmessung von BFHKI-Filtern

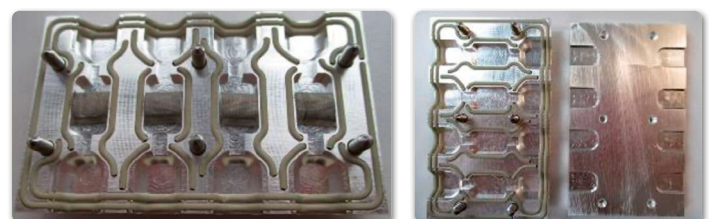


Bild 7: Versilberte leitfähige Abdeckung, die mit der Testplatine für 4x BFHKI-Filter verwendet wird

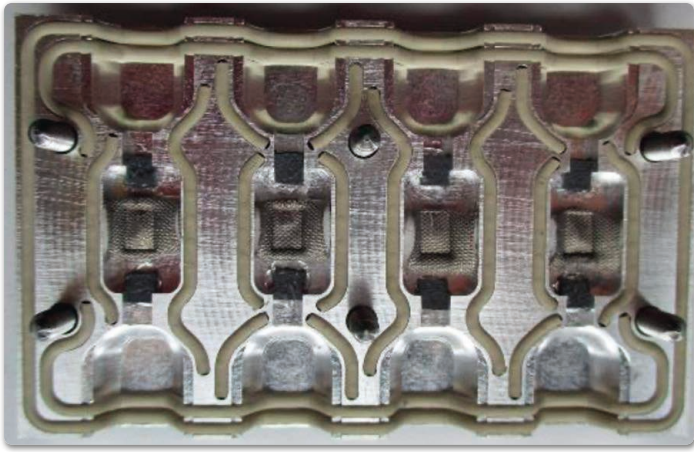


Bild 8: Abbildung der Abdeckung mit komprimierbarem EMI-D-Profil, montiert in die Bauteilekammern und eingeklebtem Dämpfungsmaterial am Eingang und Ausgang

TRL-Kalibrierungsboard, das es ermöglicht die Effekte der PC-2,92-mm-Anschlüsse und der CPW-Leitung zum BFHKI-Modul aus den Messungen herauszurechnen. Das Testplatinen- und PCB-Layout zeigt Bild 5. Zusätzlich wurde versuchsweise ein leitfähiger Klebstoff (Ablebond 84-1LMI) um die Zwischenplatine (interposer) herum aufgetragen, außer an den HF Signalleitungen. Der Klebstoffauftrag ist in Bild 6 dargestellt.

Kammerplatine mit einer versilberten leitende Abdeckung

Um die Filter in einer Umgebung mit getrennten Kanälen zu testen, wurde eine versilberte leitfähige Abdeckung verwendet (Bild 7). Die enthielt einzelne Kammern für jede der vier BFHKI-Filterpositionen auf der Testplatine. Die Abmessungen der Kammern wurden nicht speziell für die BFHKI-Filter optimiert, da der Deckel für die Verwendung mit Bauteilen unterschiedlicher Größe konstruiert wurde. Dieser enthält eine leitfähige Dichtungsschnur, und die Bauteilekammern sind mit

komprimierbarem Material ausgelegt, um einen festen elektrischen Kontakt mit der Oberseite des BFHKI-Filtergehäuses herzustellen. Dieses sogenannte EMI-D-Profil besteht aus einem Schaumstoffkern, der mit Metallgewebe überzogen ist

(2 x 6,4 mm, LAIRD 4202-AE-221-07900). Das Material muss quer zum Kanal montiert werden, andernfalls kann es zu einem Übersprechpfad durch den nichtleitenden Schaumstoffkern kommen. Weiterhin werden 3 x 3 mm große Stücke eines Dämpfungsmaterials (0,76 mm dickes LAIRD Eccosorb GDS) in die Eingangs- und Ausgangskanäle geklebt, um jegliches Übersprechen sicher zu unterdrücken (Bild 8).

Die deutlich sichtbaren Eindrücke der BFHKI-Bauteile in den leitfähigen Schaumstoff zeugen von einem guten elektrischen Kontakt am oberen Teil des Filtergehäuses, wobei aber auch die Kammern evtl. etwas arg klein waren, da das Gehäuse nicht speziell für diesen Test optimiert wurde.

Messungen

Mehrere BFHKI-Modelle wurden im oben beschriebenen Testaufbau mit einem Rohde & Schwarz ZNA43 2-Port-VNA gemessen (Bild 9). Bei der initial durchgeführten Kalibrierung wurde das DUT bis zur äußere Kante des Komponenten-Footprints de-embedded. Der Übergang von der CPW Linienbreite zu den Anschlußflächen geht daher noch in die Messung ein. Für jedes betrachtete Modell wurde ein Sweep von S11 und S21 über die gesamte Betriebs-

bandbreite unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

- CPW-Testplatine ohne Abdeckung
- Prüflinge kanalisiert mit versilberter, leitender Abdeckung
- Kammern mit Abdeckung und leitfähigem Klebstoff an der Außenkante des Interposers (Zwischenplatine)

Diese Messungen wurden mit den s-Parametern der äquivalenten Modelle der BFHKI-Serie als Referenz verglichen, um etwaige Abweichungen jeder Implementierung des BFHKI-Modells gegen CPW zu untersuchen. Die S-Parameter wurden von der Mini-Circuits-Website übernommen und sind auf Stripline-Testplatinen gemessen. Die gezeigten Daten sind aus den verschiedenen durchgeführten Messungen zusammengestellt und in das jeweils selbe Diagramm übertragen, um die Filterantworten unter den verschiedenen Testbedingungen leicht vergleichen zu können.

Farbcodierung: rot = offen, blau = mit Abdeckung, grün = Abdeckung + Kleber, grau = BHFK auf Streifenleitung (Mini-Circuits S-Parameter)

Diskussion

In allen Fällen führte die Hinzufügung einer kanalisierten

Abdeckung zu einer deutlichen Verbesserung der Unterdrückung im Sperrbereich gegenüber dem offenen CPW-Aufbau. Messungen der Filter der BFHKI-Serie mit Abdeckung zeigen eine Filterantwort, die dem Referenzfall des direkt auf der Streifenleitung montierten BHFK-Filters nahekommt. Die Sperrunterdrückung liegt bei über 90 dB im unteren Sperrband und die Unterdrückung im oberen Sperrband, je nach Modell und Frequenz, etwa zwischen 60 und 90 dB. Insbesondere bei höheren Frequenzen war im oberen Sperrbereich eine größere Abweichung zu erkennen, aber die Implementierung in den einzelnen Kammern wies selbst im Millimeterwellenbereich immer noch eine Unterdrückung von 60 bis 70 dB auf. Die Anwendung von leitfähigem Klebstoff führte in einigen Fällen zu einer zusätzlichen Verbesserung der Unterdrückung, verursachte jedoch in anderen Fällen (z.B. BFHKI-1572+) Resonanzen, was zu einer schlechteren Unterdrückung führte. Die Abdeckung kann auch bei höheren Durchlassfrequenzen zu Resonanzen führen, und eine Abdeckung welche auf die Abmessungen des BFHKI-Filters optimierten Kammern enthält, würde vermutlich noch bessere Ergebnisse liefern. Schließlich zeigen die



Bild 9: Die Messung wurde mit einem Rohde & Schwarz ZNA43 2-Port-Vektor-Netzwerkanalysator durchgeführt

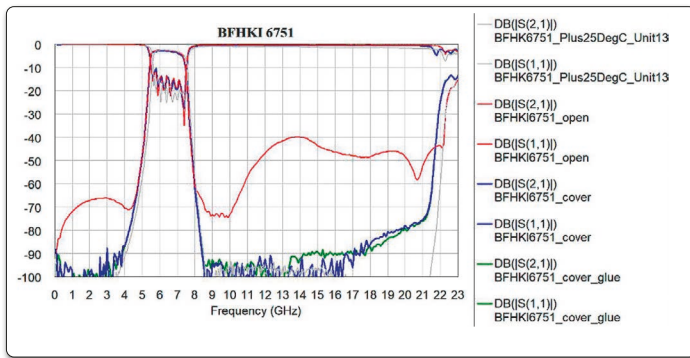


Bild 10: S11- und S21-Diagramme für BFHKI-6751+ und BFHK-6751+ unter verschiedenen Testbedingungen

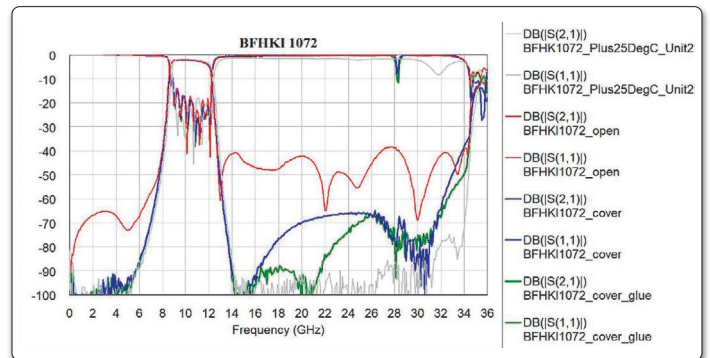


Bild 11: S11- und S21-Diagramme für BFHKI-1072+ und BFHK-1072+ unter verschiedenen Testbedingungen

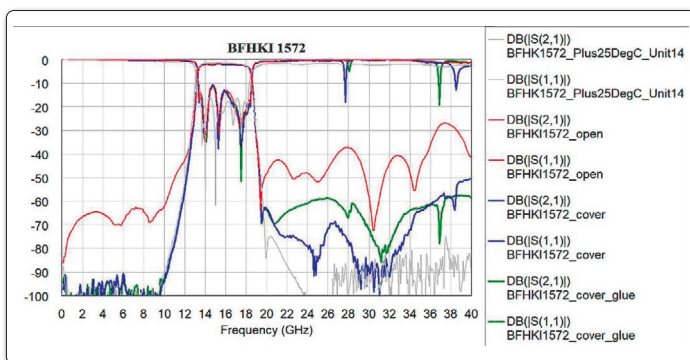


Bild 12: S11- und S21-Diagramme für BFHKI-1572+ und BFHK-1572+ unter verschiedenen Testbedingungen

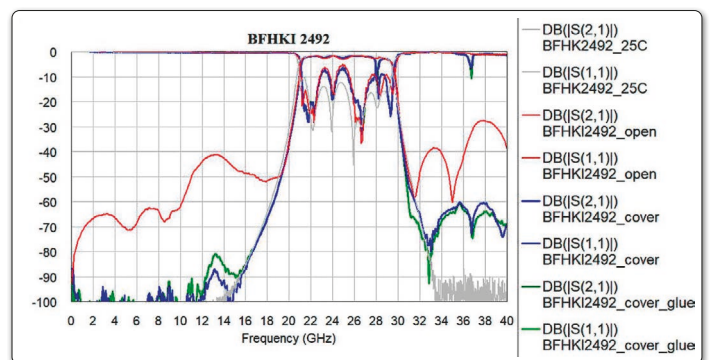


Bild 13: S11- und S21-Diagramme für BFHKI-2492+ und BFHK-2492+ unter verschiedenen Testbedingungen. Der Einzug im Durchlassbereich bei 28 GHz wird durch die Abdeckung verursacht.

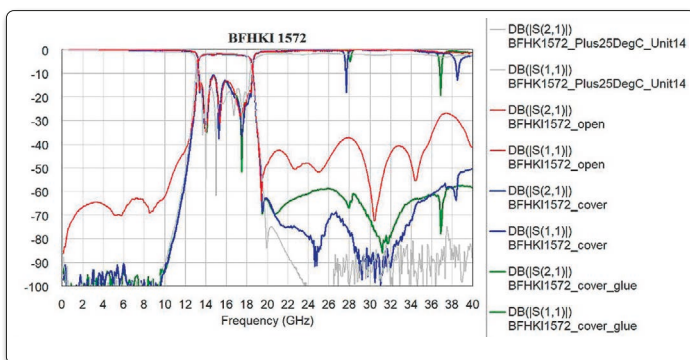


Bild 14: S21-Diagramme für alle BFHKI-Modelle, die auf offenem CPW getestet wurden

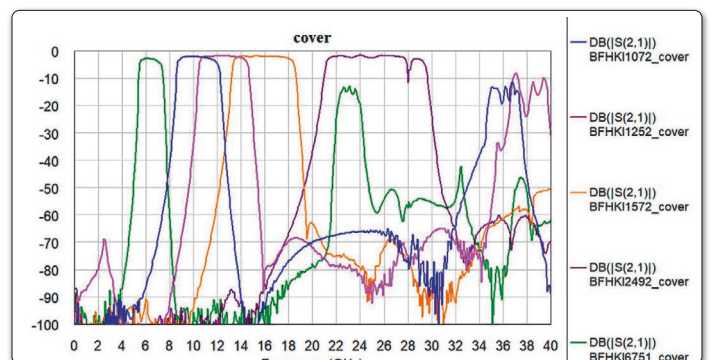


Bild 15: S21-Diagramme für alle mit Abdeckung getesteten BFHKI-Modelle. Der Einzug im Durchlassbereich bei 28 GHz wird durch die Abdeckung verursacht

hier vorgestellten Messungen eine schlechte Rückflussdämpfung der Durchlassbänder mit höheren Mittenfrequenzen. Eine 10-mil-Testplatte anstelle der hier verwendeten 20-mil-Testplatte für Filter mit f_c über 18 GHz würde diesen Effekt wahrscheinlich korrigieren, wurde jedoch nicht in diese Bewertung einbezogen.

Zum Schluss

Die LTCC-Filter der BFHKI-Serie mit hoher Sperrband-Unterdrückung und Zwischenplatte (interposer) wurden von Mini-Circuits entwickelt, um die hohe Leistungsfähigkeit dieser Filter auch für Anwendungen auf CPW Schaltungen mit HF Leiterbahnen auf der Oberfläche

(CPW = koplanare Wellenleiter) zu Verfügung zu stellen.

Während die Spezifikationen im Datenblatt eine Verschlechterung der HF Unterdrückung bei einem offenen CPW-Testboard zeigt, haben Kundentests auf Streifenleitungsplatinen mit Kanalisierung eine vergleichbare Leistung wie die BHFk-Filter gezeigt.

Die in diesem Dokument vorgestellten Kanalisierungsmethoden sind gut dokumentiert und werden in der Branche häufig eingesetzt. Dies macht sie zu einer praktischen Lösung für Anwender welche die LTCC-Filtertechnologie mit hoher Unterdrückung in koplanaren Wellenleiter-Implementierungen verwenden wollen. ◀