

Applications & Cases



SAW-BAW-Duplexer für WCDMA

Juli 2007

Vorteile kombinieren

EPCOS ist es gelungen, die Vorteile der SAW- und BAW-Technologie in einem Duplexer für das WCDMA-Band zu vereinen und damit die Miniaturisierung bei besseren elektrischen Parametern weiter voranzutreiben.

Ein Beispiel hierfür ist der Antennenduplexer in CDMA-Telefonsystemen. Dieses Bauelement dient als passives Cross-over-Netzwerk, das die HF-Signale vom Leistungsverstärker in Senderichtung auf dem TX-Pfad zur

Antenne leitet. Gleichzeitig leitet es die ankommenden Signale von der Antenne zum rauscharmen Verstärker im Empfangspfad (RX-Pfad) weiter. Die RX- und TX-Pfade verwenden unterschiedliche, aber eng beieinanderliegende Frequenzbereiche, die das gleichzeitige Senden und Empfangen von HF-Signalen zur und von der Basisstation ermöglichen.

Der sehr große Unterschied der Leistungspegel zwischen dem empfangenen Signal und dem Sendesignal von bis zu 120 dB führt zu äußerst anspruchsvollen Anforderungen in puncto Signaltrennung, Nahselektion, Einfügedämpfung und Leistungsbeständigkeit des Duplexers. Die wesentlichen Bauelemente eines Duplexers sind daher zwei qualitativ hochwertige Bandpässe für die entsprechenden Frequenzbänder sowie das richtige Anpassungsnetzwerk zwischen diesen Filtern und der Antenne.

WCDMA stellt hohe Anforderungen

Eines der anspruchsvollsten Frequenzbänder für Duplexer ist das US-PCS-Band, auch WCDMA-Band II genannt. Es weist eine sehr schmale Frequenzlücke von lediglich 20 MHz zwischen dem Sendeband (1850 MHz bis 1910 MHz) und dem Empfangsband (1930 MHz bis 1990 MHz) auf. Bis vor Kurzem sorgten die hohen Temperaturkoeffizienten von hochgradig koppelnden SAW-Substraten wie Lithium-Tantalat oder Lithium-Niobat dafür, dass diese Anwendungen nicht mit Filterlösungen auf SAW-Basis realisiert werden konnten.

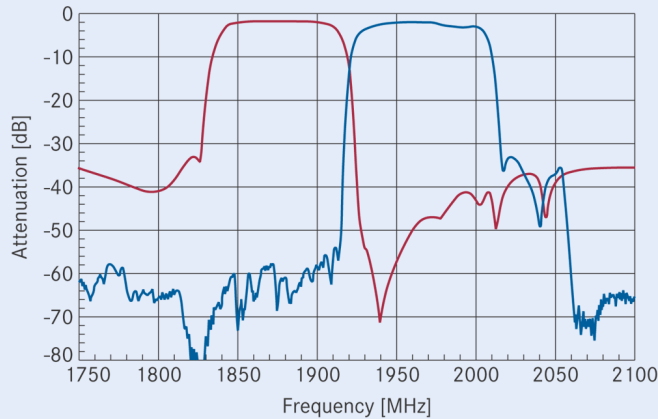
Bis Ende der Neunzigerjahre waren nur Keramik-Resonatoren in der Lage, die anspruchsvollen PCS-Spezifikationen bei einer für Mobiltelefone akzeptablen Größe zu erfüllen. Diese Bauelemente nutzen elektromagnetische Resonanzen und sind daher relativ groß.

2000 kamen die ersten PCS-Duplexer auf BAW-Basis auf den Markt, die aufgrund der exzellenten Güte der BAW-Resonatoren eine ähnliche Performance wie Keramikbauelemente aufwiesen. Obwohl ihr Grundflächenbedarf zu Anfang nicht viel geringer war als der ihrer keramischen Pendanten, gewannen sie bald Marktanteile, weil sie eine beachtlich geringere Bauhöhe von weniger als zwei Millimeter aufwiesen. Mittlerweile betragen die Abmessungen dieser BAW-Bauelemente nur noch 3,8 x 2,8 x 1,3 mm³.

Applications & Cases



ABBILDUNG 1: FILTERCHARAKTERISTIK DES SAW-BAW-DUPLEXERS



Der neue Duplexer bietet die erforderliche Flankensteilheit im Sendeband (rot) und Empfangsband (blau) für WCDMA II.

Die Integration der rauscharmen Verstärker in das Transceiver-Chipset sowie der Trend in Richtung preisgünstigere Frontend-Architekturen auf CMOS-Basis haben zu einer starken Nachfrage nach Filtern mit integriertem Symmetriewandler und Duplexerbauelementen geführt. Wenn die Umwandlung eines auf Masse bezogenen asymmetrischen Signals – auch als Single Balanced Conversion bezeichnet – konventionell mit einem Balun in Form eines Übertragers verwirklicht wird, kann dieser Impedanzwandler an zwei Stellen positioniert werden: entweder zwischen der gemeinsamen TX/RX-Leitung, die zur Antenne führt, und dem RX-Filter, oder nach dem asymmetrischen RX-Filter.

Im ersten Fall ist der Balun ein integraler Bestandteil des Duplexers und muss daher sorgfältig angepasst werden. Im zweiten Fall ist das Design des Impedanzwandlers einfacher, weil er lediglich als Symmetrie- und Impedanzkonverter fungiert, der sich innerhalb einer Kette angepasster HF-Bauelemente befindet.

In beiden Fällen ist jedoch die Umwandlung – Signalsymmetrierung – mit einem Signalverlust verbunden, dessen Ursachen die Fehlanpassung sowie die internen Verluste des Baluns sind.

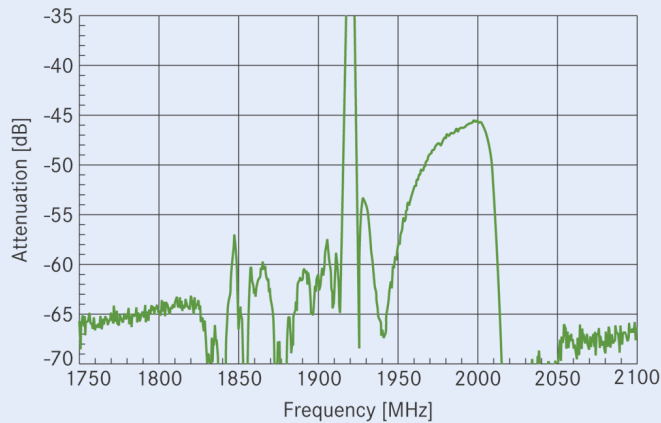
Eine sehr elegante Möglichkeit, diese Abgleichverluste zu vermeiden, ist die Verwendung von Bandpassfiltern mit integriertem Symmetriewandler. Sowohl BAW- als auch SAW-Bauelemente bieten diese Option – allerdings mit signifikant unterschiedlichen Auswirkungen auf die Design- und Fertigungskomplexität. Während der Signalabgleich in SAW-Bauelementen einfach durch Anschluss der zahlreichen Resonator- und Double-Mode-SAW-Leitungen erfolgt, benötigen die symmetriewandelnden Stacked-Crystal-Filter oder Coupled-Resonator-Filter zwei direkt übereinander gekoppelte BAW-Resonatoren mit entsprechender Prozesskomplexität.

Da EPCOS sowohl die SAW- als auch die BAW-Filtertechnologie beherrscht, konnte erstmals eine hybride Integration eines symmetriewandelnden SAW-RX- sowie eines asymmetrischen BAW-TX-Filters in einem Bauelement verwirklicht werden. Die Integrationsplattform hierfür ist die LTCC-Technologie, die Gehäuseteknik die CSSP-Technologie. Der Vorteil besteht darin, dass die zahlreichen Bauelemente mit hoher Güte und guter Reproduzierbarkeit innerhalb des LTCCs integriert werden können.

Applications & Cases



ABBILDUNG 2: ENTKOPLUNG VON TX UND RX



Die Grafik zeigt, dass zwischen Sende- und Empfangspfad eine gute Entkopplung realisiert wurde.

Die Herausforderung bei der Entwicklung der SAW-RX-Filter für WCDMA II liegt in der erforderlichen, besonders steil abfallenden niederfrequenten Flanke. Aufgrund des höheren Temperaturkoeffizienten der Frequenz von -35 ppm/K bei unkompensierten SAW-Resonatoren auf Lithium-Tantalat-Basis (LT) ist eine größere Sicherheitsreserve zur Flanke des Durchlassbands erforderlich. In dem von EPCOS realisierten Design ist es gelungen, einen Standard-LT-SAW-Fertigungsprozess ohne Zusatzaufwand zur Verringerung des Temperaturkoeffizienten der Frequenz zu verwenden. Gleichzeitig übernimmt der RX-Filter die Umsetzung des asymmetrischen, auf Masse bezogenen Eingangssignals in ein symmetrisches Signal am Ausgang.

Die BAW-Filter im TX-Pfad bieten folgende Vorteile:

- **Gute Leistungsbeständigkeit:** Bei der Erwärmung kommt es bei einer maximal abgegebenen Leistung von 500 mW an der Antenne sowie einer typischen Signaldämpfung von 3 dB zur Worst-Case-Situation. In diesem Fall kann die im BAW-Filter umgesetzte Leistung einige 100 mW betragen. Leistungen dieser Größenordnung lassen sich mit BAW-Resonatoren leicht handhaben, wenn die Resonatorflächen ein angemessenes Design aufweisen und der Filterchip ordnungsgemäß über einen Kühlkörper mit der Leiterplatte verbunden ist. Der Grund hierfür ist das große und robuste Elektrodendesign der BAW-Resonatoren.
- **Steile Filterflanken:** Durch entsprechende Designs wurde die Temperaturdrift von BAW-Filtern noch weiter minimiert. Das kommt der hohen Flankensteilheit und deren Stabilität zugute.
- **Geringe Einfügedämpfung:** Die höheren Güten der BAW-Resonatoren ermöglichen etwas geringere Einfügedämpfungen beim TX-Filter. Dies führt zu einer längeren Betriebszeit des Mobiltelefons.

Beim Design des BAW-Filters handelt es sich um einen sogenannten Leitertyp mit vier Serien- und drei Shunt-Resonator-Bereichen. Um die Leistungsbeständigkeit des Filters zu verbessern, wurden sämtliche Serienresonatoren doppelt angelegt.

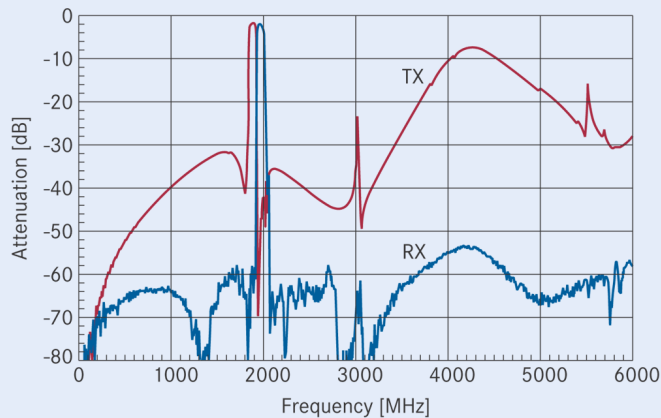
Applications & Cases

Die Grundfläche des neuen Duplexers beträgt $3,0 \times 2,5 \text{ mm}^2$ bei einer Bauhöhe von 1,3 mm. Abbildung 1 zeigt die TX- und RX-Filterfunktionen mit den erforderlichen steilen Flanken sowie geringen Einfügedämpfungen.

Abbildung 2 zeigt die hervorragende Entkopplung zwischen TX und RX, besonders über das TX-Band hinweg. Gleiches gilt für das Breitbandverhalten, Abbildung 3.



ABBILDUNG 3: BREITBANDVERHALTEN



Auch die breitbandige Filterung im TX- (rot) wie im RX-Pfad (blau) zeigt gute Werte.

Die hier vorgestellte Integration der hybriden SAW-BAW-Kombination ist nicht auf Einfachduplexer beschränkt. Künftig wird sie auch bei komplexeren Bauelementen wie Quintplexern, PAiDs oder kompletten HF-Frontend-Modulen zur Anwendung kommen.

Autoren: Stephan Marksteiner, Dietmar Ritter, Edgar Schmidhammer, Monika Schmiedgen und Thomas Metzger