

ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

need
power?
think
www.GlobTek.de

17

B19126

7. September 2017
€ 12,00

Optimiertes Lichtspektrum fördert Pflanzenwachstum

Beim Pflanzenwachstum kommt es auf die Wellenlänge des Lichts an. Zusätzlich punktet die LED bei Energieverbrauch und Lebensdauer.

Durchblick mit Augmented Reality

Augmented Reality bietet enorme Möglichkeiten. Ein Use Case für die Industrielle Fertigung.

Seite 26

Demokratie im Internet der Dinge

Wie modulare Open-Source-Platinen die Mitgestaltung im Internet der Dinge fördern können.

Seite 40

Künftige Interface- Systeme gestalten

Wie sehen MMI künftig aus? Ein 3D verformtes Touchinterface Im Auto ist ein Ansatz.

Seite 56





Akustische Oberflächen- und Bulk-Filter – die richtige Wahl

In drahtlosen HF-Systemen sind sie unverzichtbar: signalformende Bauelemente wie SAW- und BAW-Filter. Hier erfahren Sie, in welchen Anwendungen die Vorteile dieser beiden Technologien liegen.

AXEL GENSLER *

Quarze, Oszillatoren und Hochfrequenzfilter sind Schlüsselkomponenten in jedem drahtlosen System. Für alle gilt der Trend zur Miniaturisierung ohne Performance-Einbußen. Tragbare Systeme mit drahtloser Kommunikationstechnik stellen dabei den am schnellsten wachsenden Markt dar mit entsprechend hohen Volumina. Die heutigen drahtlosen Geräte sind in der Regel nicht nur mit einer Funktechnologie ausgerüstet, sondern müssen Signale verschiedener Bänder, Multiplexverfahren und Applikationen bedienen können. Es geht also nicht nur darum, externe Störquellen zu unterdrücken, sondern auch die durch das Gerät parallel erzeugten Signale separieren zu können. Moderne Smartphones z. B. sind dafür ausgelegt, Sende- und Empfangswege

in verschiedenen LTE-Bändern bereitzustellen, außerdem GPS, RFID, WLAN oder Bluetooth. Ohne akustische Filtertechnik und Duplexer ist das nicht möglich.

SAW- und BAW-Komponenten und ihre Unterschiede

Die Surface-Acoustic-Wave-Technologie (SAW) ermöglicht seit langem Hochfrequenzfilter mit kleinen Formfaktoren bei kontinuierlich abnehmenden Kosten. Die gestiegenen Anforderungen hin zu höheren Mobilfunkfrequenzen bei einer immer dichter werdenden Frequenzbandzuteilung bringt die herkömmlichen SAW-Lösungen jedoch an ihre Grenzen.

Lösungen, die auf der Bulk-Acoustic-Wave-Technologie (BAW) basieren, können diese Schranken durchbrechen und adressieren insbesondere Frequenzen ab 1,8 GHz.

Bauelemente der SAW- und BAW-Technologie nutzen beide das Prinzip der akustischen Wellen, aber auf andere Art und Wei-

se mit unterschiedlicher Performance, insbesondere bei höheren Frequenzen.

Wie aber unterscheiden sie sich genau und wann sollte besser ein SAW-Filter eingesetzt werden, wann besser ein BAW-Filter?

Beide Bauelemente verwenden interdigitale Wandler (IDTs, InterDigital Transducers), um die elektrische Energie in mechanische akustische Wellen umzuwandeln und diese wieder in elektrische Energie auszukoppeln.

Die kleinen Strukturen der IDTs begrenzen letztlich jedoch, insbesondere bei hohen Frequenzen, die praktische Herstellbarkeit von SAW-Filtern/Resonatoren und schränken zudem die maximal zulässige Leistung (max. RF Input Power) ein.

Bei dem SAW-Filter (Oberflächenwellenfilter) bewegen sich akustische Wellen über die Oberfläche eines elastischen, piezoelektrischen Materials (Bild 1). Die Struktur der aufgetragenen Interdigitalwandler wird mit steigender Frequenz extrem klein, sie sind

*Axel Gensler

... ist Senior Product Manager (RF components, Quartz Crystal, Oscillators) bei der Endrich Bauelemente GmbH.

schwierig herzustellen und die mögliche maximale Sendeleistung nimmt ab.

Im Gegensatz dazu breiten sich die akustischen Wellen in einem BAW-Filter im piezoelektrischen Material (BULK) aus, die IDTs können dabei vergleichsweise immer noch großflächig ausfallen (Bild 2).

Bei SAW-Filtern sinkt schon ab 1 GHz ihre Selektivität, bei etwa 2,5 GHz ist ihre Verwendung auf Applikationen mit geringeren Leistungsanforderungen eingeschränkt. Zudem sind SAW-Filter notoriously empfindlich gegenüber Temperaturänderungen: Die Steifigkeit des Substratmaterials neigt bei höheren Temperaturen dazu abzunehmen und verändert die akustische Wellengeschwindigkeit.

Um das Temperaturverhalten zu verbessern, entwickelten die Hersteller temperaturkompensierte Filter, die die IDT-Strukturen mit Schichten überziehen bzw. einschließen, um die Steifigkeit bei höheren Temperaturen zu verbessern. Hat ein nicht kompensiertes SAW-Bauelement typischerweise einen Temperaturkoeffizienten der Frequenz (TCF) von etwa -45 ppm/K, verringert der TC-SAW-Filter diesen auf -15 bis -25 ppm/K (Bild 3). Durch die zusätzlichen Prozessschritte für die erforderlichen Maskenschichten erhöhen sich zwangsläufig die Fertigungskosten, jedoch weniger als bei BAW-Filtern. Aber auch hier nimmt die maximale zulässige Signal-Eingangleistung mit steigender Frequenz

aufgrund der kleinen IDF (InterDigital Fingers) ab.

Während SAW- und TC-SAW-Filter für Bereiche von bis zu 1,5 GHz gut geeignet sind, liefern BAW-Filter auch über diese Frequenzen hinaus überzeugende Leistungsvorteile. Aufgrund ihrer besseren elektrischen und physikalischen Eigenschaften ersetzen BAW-Filter dort die bisher weit verbreiteten SAW-Filter.

BAW-Filter eignen sich für 3G- und 4G-Anwendungen

Die BAW-Filtergröße sinkt zudem mit höheren Frequenzen, was selbst für die anspruchsvollsten 3G- und 4G-Anwendungen ideal ist. Darüber hinaus ist das BAW-Design auch bei großen Bandbreiten weit weniger empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen (20 ppm/K) bei gleichzeitig sehr geringem Verlust (Einfügedämpfung) und sehr steilen Filterflanken. Zudem sind diese meist auch in kleineren Baugrößen mit höherer Unempfindlichkeit gegenüber elektrostatischen Entladungen (ESD) verfügbar.

Im Gegensatz zu SAW-Filtern breitet sich die akustische Welle in einem BAW-Filter vertikal aus. In einem BAW-Resonator, der einen Quarzkristall als Substrat verwendet, erregen Metallstrukturen (IDTs) auf der Oberseite und Unterseite des Quarzes die akustischen Wellen, um eine stehende akustische Welle zu bilden. Die Frequenz, bei der die

Bild: Endrich

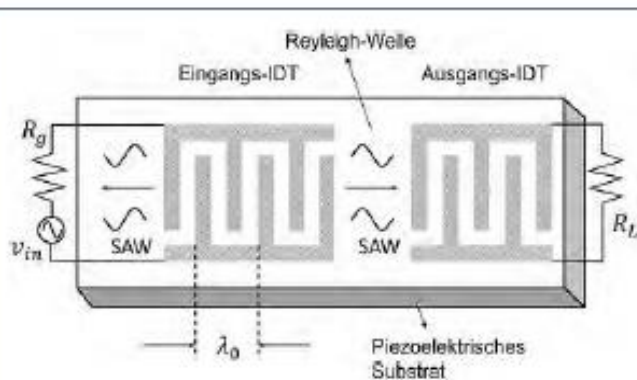


Bild 1: Beim SAW-Filter befinden sich die IDTs einseitig auf der Oberfläche des piezoelektrischen Substrats.

Bild: Endrich

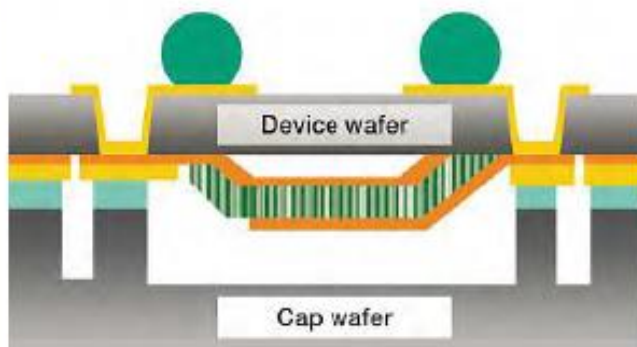


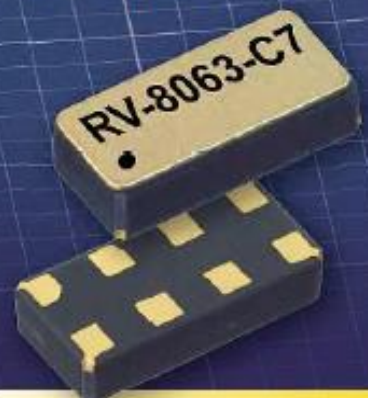
Bild 2: Bei BAW- und FBAR-Komponenten sind die IDTs beidseitig auf den Oberflächen des piezoelektrischen Substrats angeordnet.



wdi ag AUTORISIERTER DISTRIBUTOR

RV-8063-C7 Real Time Clock Module with SPI Bus

Automotive qualified, according to AEC-Q200 Rev. C, Size: 3.2 x 1.5 x 0.65 mm, Temperature range: -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$, 100% leadfree, RoHS-compliant



Unser autorisierter Distributor WDI AG berät Sie gerne.

+49 4103 1800-0
microcrystal@wdi.ag
www.wdi.ag/microcrystal

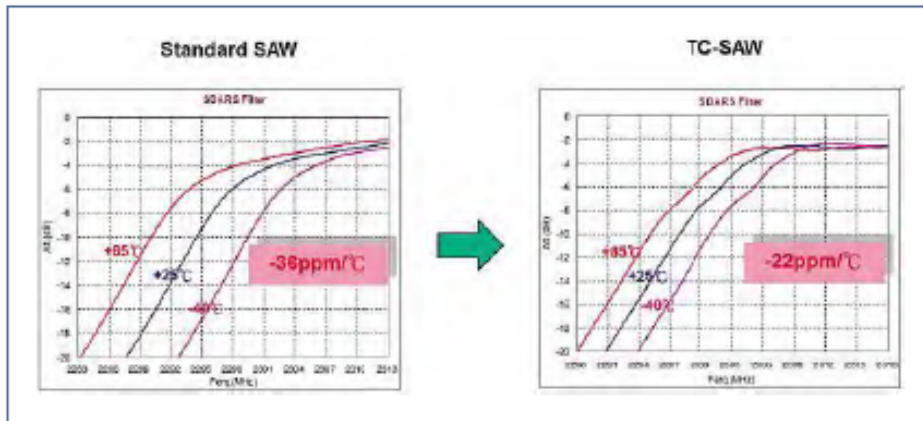


Bild 3: Vergleich der Temperaturdrift von Standard-SAW-Filtern mit der eines Temperaturdrift-optimierten TC-SAW-Filtern.

Resonanz auftritt, wird durch die Dicke der Substratscheibe sowie der Masse der Elektroden bestimmt. Bei den hohen Frequenzen, in denen BAW-Filter besonders wirksam sind, muss die Piezo-Schicht nur Mikrometer dick sein, was bedeutet, dass die Resonatorstruktur unter Verwendung von Dünnschichtdeposition hergestellt werden muss; außerdem ist eine Mikrobearbeitung auf einem Trägersubstrat erforderlich.

Um die Wellen daran zu hindern, aus dem Substrat zu entweichen, wird ein akustischer Reflektor (Bragg Reflector) verwendet. Dazu werden dünne Schichten mit wechselnder Steifigkeit und Dichte aufgebracht. Das Ergebnis dieses Ansatzes wird als „Solide Mounted Resonator“, BAW- oder BAW-SMR-Bauelement bezeichnet. Bei einem alternativen Ansatz, der als „Film Bulk acoustic Resonator“ (FBAR) bezeichnet wird, ätzt man einen Hohlraum unterhalb des aktiven Bereichs und erzeugt damit hängende Membranen.

Beide Typen von BAW-Filtern erzielen geringe Verluste, da die Dichte ihrer akustischen Energie sehr hoch ist. Die erzielbare Güte (Q) ist höher als bei jeder anderen Art

von Filter von vernünftiger Größe, die für Mikrowellenfrequenzen von 2 GHz verwendet werden. Dies führt zu hervorragenden Selektionseigenschaften und einer geringen Einfügedämpfung.

BAW- und FBAR-Filter sind zwar teuer in der Herstellung, jedoch eignen sich ihre Leistungsvorteile auch für die anspruchsvollsten LTE-Bänder, die einen schmalen Übergangsbereich zwischen Sendepfad und Empfangspfad aufweisen. BAW- und FBAR-Filter haben großflächigere IDTs, so dass sie einer höheren HF-Sendeleistung von 4 W bei 2 GHz standhalten können. Darüber hinaus sind sie inhärent robuster gegen elektrostatische Entladung. Die Nachfrage nach diesen Filtertypen steigt deutlich, da die zunehmende spektrale Verdichtung dazu führt, nicht genutzte Frequenzen zwischen den Kanälen, sogenannte Schutzbänder, zu verringern oder ganz zu eliminieren. Die BAW-Technologie ermöglicht es, Schmalbandfilter mit außergewöhnlich steilen Filterflanken und hoher Dämpfung bei gleichzeitig sehr geringem Temperaturdrift zu produzieren, was wichtig für die Bewältigung der ärgerlichsten Störungsunterbrechungsprobleme zwischen

benachbarten Bändern ist. BAW-Bauelemente erfordern zehnmal mehr Verarbeitungsschritte als SAWs. Da sie auf größeren Wafern hergestellt werden, können jedoch vier Mal mehr Dies pro Wafer produziert werden, was den Preisunterschied reduziert. Trotzdem bleiben die Kosten für BAW höher als für SAW. Für einige Frequenzbänder, die über 2 GHz zugeteilt werden, ist BAW die einzig sinnvolle Lösung, weshalb der Anteil der BAW-Filter in 3G/4G-Smartphones rasant ansteigt.

SAW-, TC-SAW- und BAW-Filter werden immer wichtiger

SAW, TC-SAW und die verschiedenen Versionen von BAW-Filtern und Duplexern werden in den kommenden Jahren noch wichtiger für alle Arten von Wireless-Geräten. HF-Störungsunterdrückung wird immer schwieriger, da die Infrastruktur für Sender aller Arten ausgebaut wird und Geräte mehrfache Funkstandards integrieren und gleichzeitig verwenden sollen. Zudem werden Frequenzbänder zunehmend in höhere, eng aneinander liegende Frequenzbereiche zugeteilt.

Endrich bietet beide Filtertechniken in SAW- und BAW-Technik an, beispielsweise vom Hersteller TST (TaiSAW) in verschiedenen SMD-Gehäusen und Mittenfrequenzen. Obwohl sich die Technologien also wesentlich unterscheiden, sind sie doch ziemlich komplementär, und es ist nicht ungewöhnlich, Komponenten von beiden Technologien innerhalb des gleichen Systemdesigns zu verwenden. Die BAW-Technologie ermöglicht hochselektive Filter, geringe Einfügedämpfung sowie ein stabiles Temperaturverhalten bei gleichzeitiger Miniaturisierung der Baugröße.

Dieser Beitrag basiert auf Unterlagen von Vincent Lee, product & engineering division 1, bei TST TaiSAW. // TK

Endrich

Literaturhinweise:

- [1] R. Aigner, SAW, BAW and the future of wireless, May 06, 2013;
- [2] Jack Browne, R. Aigner, What are the Filtering Differences Between SAWs and BAWs?, Feb 10, 2016, Microwaves and RF;
- [3] Nancy Friedrich, Ensure Success In SAW-Filter Choices, Feb 28, 2013;
- [4] R. Aigner, MEMS in RF Filter applications. Thin-film Bulk Acoustic Wave Technology, First published: 25 February 2003;
- [5] TaiSAW technology, General principle of SAW device and some notes for application. Application Note #1 SAW Device, AP123445-01, May 2017.

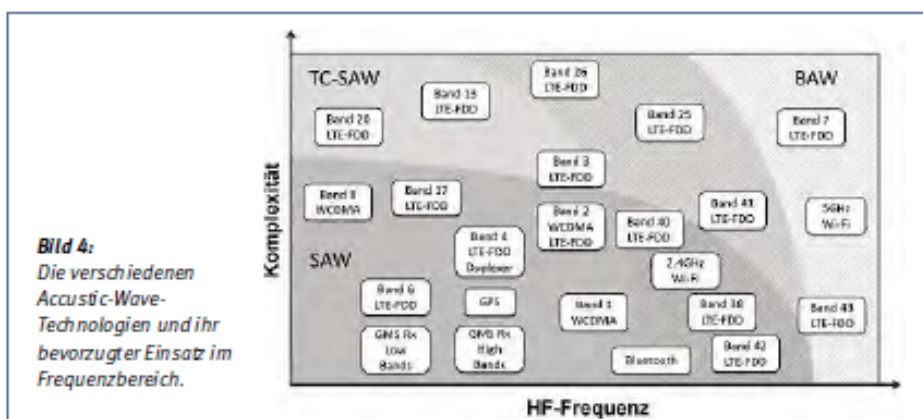


Bild 4: Die verschiedenen Acoustic-Wave-Technologien und ihr bevorzugter Einsatz im Frequenzbereich.