

Winzig klein und hoch leistungsfähig: Mikroakustische HF-Filter (Teil 1)

1. Einführung

Hochfrequenzfilter sind wesentliche Komponenten drahtloser Kommunikationseinrichtungen. Im Laufe der Zeit hat sich die HF-Filtertechnik von einfachen Anfängen hin zu einem umfangreichen, hoch komplexen Fachgebiet entwickelt.

Die moderne HF-Filtertechnik ist eine ausgedehnte, weit verzweigte Landschaft. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich diese Landschaft an manchen Stellen radikal verändert. Eine dieser Veränderungen betrifft eine Neuansiedlung, deren Anfänge um das Jahr 1975 liegen und die seither explosionsartig gewachsen ist. Es handelt sich um mikroakustische Hochfrequenzfilter, kurz: akustische Filter. Das sind hoch leistungsfähige Miniaturfilter, die in enger Verflechtung mit modernen mobilen Kommunikationstechnologien entstanden sind. Sie werden zur Frequenzselektion in Milliarden Geräten eingesetzt. Vieles, was heute an mobiler Kommunikationstechnik existiert, gäbe es nicht ohne akustische Filtertechnologien. Das gilt insbesondere für Mobiltelefone, aber auch für eine große Anzahl anderer Geräte, die Daten und Informationen mittels elektromagnetischer Wellen übertragen. Im Jahr 2025 werden voraussichtlich weltweit mehr als 75 Milliarden Geräte über drahtlose Kommunikation miteinander verbunden sein [5].

In den HF-Frontends fast aller dieser Geräte werden akustische Filter eingesetzt. Sie machen einen erheblichen Anteil der Herstellungskosten aus und beanspruchen einen Großteil des verfügbaren Volumens. Daher sind weltweit beträchtliche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Gange, die darauf abzielen, die Anzahl dieser Filter in mobilen Kommunikationsgeräten zu verringern. Das ist bisher (noch) nicht gelungen. Beispiel: 2003 kam ein Mobiltelefon mit 5 bis 7 Filtern aus. Ein modernes, 5G-fähiges Smartphone dagegen ist mit bis zu 100 Filtern bestückt [3]. Neben einfachen Bandfiltern kommen auch andere Komponenten mit Selektionsfunktion zum Einsatz, die aber ebenfalls akustische Filtertechnologien nutzen, wie Diplexer, Duplexer, Multiplexer, selektive Leistungsteiler, selektive Antennen (filtennas) oder konfigurierbare Bandpässe [2].

Akustische Filter müssen strengste technische Vorgaben erfüllen. Dazu zählen geringe Einfügdämpfung (typisch < 2 dB), hohe Sperrdämpfung (typisch > 40 dB), steile Flanken (Anhaltswert: $S < 1,1$ bis $S < 1,01$), mechanische Robustheit, hohe Zuverlässigkeit, Funktionsfähigkeit über einen weiten Temperaturbereich (typisch -25 bis $+ 85$ °C), Leistungsverträglichkeit, geringe Nichtlinearität und lange Lebensdauer.

Derartige Anforderungen lassen sich zwar auch mit klassischen Technologien erfüllen, aber für den Einsatz in der mobilen Kommunikation kommen drei weitere Anforderungen hinzu, die *ausschließlich* mit akustischen Filtern realisierbar sind. Die Filter müssen

- mikroskopisch klein sein (Anhaltspunkt: < 1 Kubikmillimeter),
- in Großserie produzierbar sein (Jahresproduktion 2022: etwa 200 Milliarden),

- preislich im Low-Cost-Bereich liegen, weil der Kostendruck enorm ist und ständig steigt.

Mit jedem Fortschritt in der mobilen Funktechnik verschärfen sich diese Anforderungen und für diese Entwicklung ist bislang kein Ende in Sicht.

Akustische Filter haben das Stadium exotischer Technologien längst verlassen. Sie gehören zu den meisteingesetzten HF-Komponenten in der drahtlosen Kommunikationstechnik und stellen einen enormen Wirtschaftsfaktor dar, mit jährlichen Multimilliarden-Umsätzen. Da sie bislang durch keine andere Technologie ersetzt werden können, kann es ganze Industriezweige in Bedrängnis bringen, wenn ihre Verfügbarkeit nicht gewährleistet ist [6].

Für HF-Interessierte gibt es gute Gründe, sich mit dieser Technologie zu befassen. Die vorliegende Artikelserie soll Informationen dazu liefern. Sie gibt einen Überblick über die Grundlagen, weist auf weiterführende Literatur hin und versucht, über den aktuellen Stand der akustischen Filtertechnologie zu informieren, der in hohem Tempo voranschreitet. Fast täglich sind neue, hochinteressante Entwicklungen zu vermelden. Über die wichtigsten soll in der jeweils aktuellen Artikel-Version berichtet werden.

Literatur

- [1] R. V. Snyder, G. Macchiarella, S. Bastioli and C. Tomassoni, “Emerging Trends in Techniques and Technology as Applied to Filter Design,” in *IEEE Journal of Microwaves*, vol. 1, no. 1, pp. 317-344, Jan. 2021, doi: 10.1109/JMW.2020.3028643.
- [2] R. Aigner, “Tunable Filters? Reality Check Foreseeable Trends in System Architecture for Tunable RF Filters,” in *IEEE Microwave Magazine*, vol. 16, no. 7, pp. 82-88, Aug. 2015, doi: 10.1109/MMM.2015.2428439.
- [3] V. Chauhan, C. Huck, A. Frank, W. Akstaller, R. Weigel and A. Hagelauer, “Enhancing RF bulk acoustic wave devices: Multiphysical modeling and performance”, *IEEE Microw. Mag.*, vol. 20, no. 10, pp. 56-70, Oct. 2019.
- [4] C. C. W. Ruppel, “Acoustic Wave Filter Technology—A Review,” in *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 64, no. 9, pp. 1390-1400, Sept. 2017, doi: 10.1109/TUFFC.2017.2690905.
- [5] Statista, Number of IoT devices 2015-2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-world-wide/> (Zugriff am: 08. November 2022).
- [6] Henrik Bork: Erste HF-Chips aus chinesischer Produktion gehen in Serie. *Elektronik-Praxis* 02.11.2022