

次世代 IoT ワイヤレス通信のための弾性波デバイスに関する研究開発 (175002002)

Research on Acoustic Wave Devices for Next Generation of IoT Wireless Communication

研究代表者

田中 秀治 東北大学大学院工学研究科
Shuji Tanaka Graduate School of Engineering, Tohoku University

研究分担者

門田 道雄 東北大学大学院工学研究科
Michio Kadota Graduate School of Engineering, Tohoku University

研究期間 平成 29 年度～平成 30 年度

概要

IoT とスマートフォンなどの移動体通信は同じ周波数帯にある。その上、後者の移動体通信には 80 近くの band があり、非常に混在している。そのため、他の band と混信しないように、急峻な特性をもち、かつ温度変動により周波数が変化しないフィルタが強く要求されている。また、近年の band の増加により、従来のような送信用と受信用が隣どうして周波数配置できる周波数帯がなくなってきたため、周波数が離れている空いた周波数を送信用と受信用に用いるキャリアアグリゲーションシステムが用いられるようになった。そのため、その両周波数間でスプリアスのないフィルタが必要とされる。我々は、負の周波数温度特性 (TCF) を持つ LT 薄板と正の TCF を持つ方位の水晶基板を組み合わせた新しい SAW 共振子は非常に小さい TCF が得られると考え、「HAL (Hetero Acoustic Layer) SAW 共振子」と命名して開発を開始した。その結果、(1)従来の LT を用いた標準 SAW 共振子に比べて、31 dB 高い 82 dB のインピーダンス比と 6.4 倍高い 3,000 の Q 値、(2)従来基板より 1/25 小さい周波数温度特性 2 ppm/°C、および(3)14 GHz の高周波までスプリアス (不要応答) のない特性を実現した。フィルタは共振子を梯子型に配置したラダー型フィルタから構成されるため、実現した(1)、(2)の特性は、上記の混雑した移動体通信の周波数帯で、急峻で、かつ温度変化による周波数変動のないことが要求されるフィルタを実現でき、さらに、特性(3)は、スプリアスのないことが要求されるキャリアアグリゲーションシステム用に適したフィルタを実現できる。この 3 つの特長を同時には実現できるデバイスは、今まで他に報告がなく、今回開発した HAL SAW デバイスは、今後の移動体通信に最も有望なデバイスである。また、SAW フィルタメーカー 1 社、研磨加工メーカー 1 社と実用化に向けて、量産試作を行い、予想以上の良好な特性が得られている。

1. まえがき

スマートフォン、タブレット等の普及により 700 MHz から 3.6 GHz 帯は 80 近い多くの band (それらは受信用と送信用の 2 つの周波数帯をもつ) が存在し、周波数が過密している。そのため、近年、従来の受信用と送信用の 2 つの周波数帯が隣同士の組み合わせから、周波数が離れた空いた 2 つの周波数を受信用と送信用に使用するキャリアアグリゲーションシステムが用いられている。それらの周波数帯で、IoT で使用されている 920 MHz と 2.4 GHz の周波数も使用され、それらとの干渉も避ける必要がある。そのため、急峻な特性や、温度変動に対し周波数が変化せず、しかも、700 MHz から 3.6 GHz 間にスプリアスのないフィルタが強く望まれている。

2. 研究開発内容及び成果

LT は方位角に関わらず温度上昇により周波数が低下する負の周波数温度特性 (TCF) を持つのに対し、水晶基板は特性の方位角が正の TCF を持つことに着目し、両基板を組み合わせることで、ゼロに近い TCF が得られるのではないかと考え、開発を開始した。図 1 にその作製プロセスを示す。従来、接合が難しいといわれていた LT 基板と水晶などの酸化物基板との組み合わせに対し、新たに接合技術を開発し、研磨に必要な強度 (1.6 J/m²) を上回る接合強度 1.83 J/m² を実現した。LT 基板と水晶基板との接合後、LT 基板を 1 μm 以下の厚さに研磨し、その上に SAW を励振するための IDT (Interdigital Transducer) 電極を形成し、HAL 42°YX LT SAW 共振子を作製した。ウェハのままその

特性を測定した結果、図 2 に示のように、(1)従来の LT 単板を用いた標準 SAW 共振子 (図の左) に比べて、31 dB 高い 82 dB のインピーダンス比と 6.4 倍高い 3,000 の Q 値 (図の右)、および、図 3 に示すように、(2)標準の 42°YX LT SAW 共振子 (図の赤破線) より、1/25 小さい TCF 2 ppm/°C (図の黒実線) を得た。それに加え、図 4 に示すように、(3) 14 GHz の高周波までスプリアスのない特性も実現した。この特性は、広い周波数帯域にわたってスプリアス応答のないことが必要とされるキャリアアグリゲーションシステムに最適な特性である。この 3 つの特長は、従来の SAW デバイスではもちろんのこと、LT と Si、サファイア等の基板とを接合した他の新型 SAW デバイスでも実現できていない。SAW フィルタメーカーでの LT/水晶 HAL SAW の量産試作では、最適な LT 厚 (0.07 波長) よりはるかに厚い 0.28 波長の LT 厚を用いたにも関わらず、図 5 に示すように 1.2 GHz で 80 dB にインピーダンス比が得られている。図 6 に示す理論解析では、半分の LT 厚 (0.15 波長) にするだけで 5 dB 高い 85 dB のインピーダンス比が得られる。LT の薄板化で、さらなる高インピーダンス比、高 Q 化が期待できる。

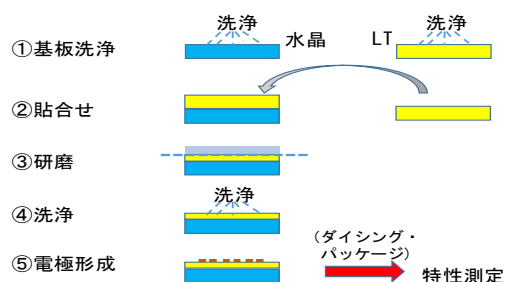


図 1. LT と水晶を組み合わせた HAL SAW デバイス作製プロセス。

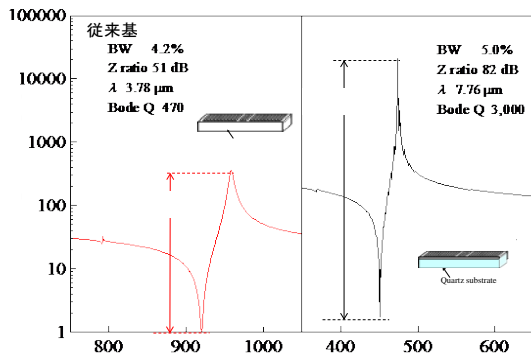


図 2. 従来の 42°YX LT SAW (左) と LT/水晶構造 HAL SAW (右) 共振子の周波数特性の比較.

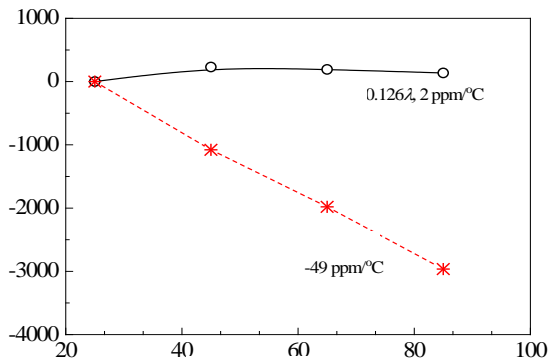


図 3. 従来の 42°YX LT SAW (破線) と LT/水晶構造 HAL SAW (実線) 共振子の共振周波数の温度特性.

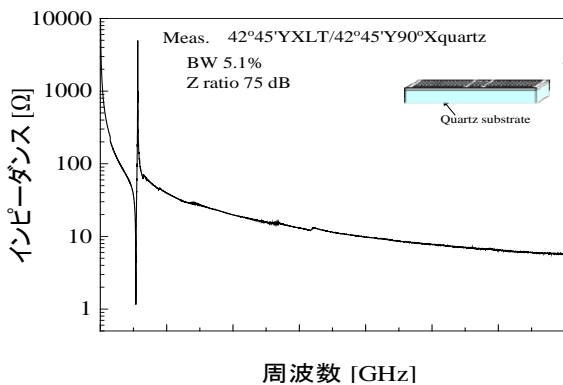


図 4. 42°45'YX LT/42°45'Y90°X 水晶構造 HAL SAW 共振子の高周波特性.

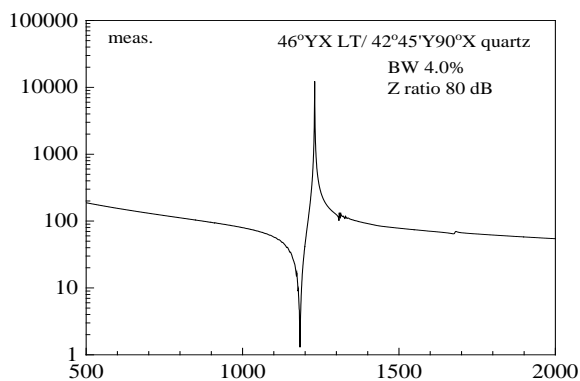


図 5. SAW メーカーの量産試作により得られた 46°YXLT/42°45'Y90°X 水晶構造 HAL SAW 共振子の周波数特性.

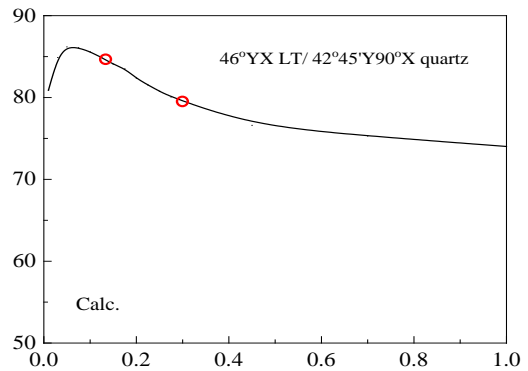


図 6. 46°YX LT/42°45'Y90°X 水晶構造 HAL SAW 共振子のインピーダンス比の LT 厚依存性 (計算) .

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

SAW フィルタメーカー1社、研磨メーカー1社と共同で、実用化に向け、量産試作を行っている。当研究室で申請した特許についてはライセンス供与し、LTと水晶の接合技術については研磨メーカーに移管する。現在、その研磨メーカーと接合後のLTの研磨厚みばらつきを改善する開発を行っている。また、接合・研磨したLT/水晶基板を、SAW フィルタメーカーの製造工程に投入し、量産試作中である。

4. むすび

LTと水晶基板とを組み合わせることにより、標準の42°YX LT単体からなるSAW共振子に比べ、31 dB大きな82 dBの高インピーダンス比、共振周波数で1/25小さい2 ppm/°Cのニアゼロ TCF、さらに14 GHzまでスプリアスが見られないという3つの利点を持つHAL SAW共振子を実現することができた。このデバイスは、今後の移動体通信に大きな役割を果たすと考える。

【誌上発表リスト】

- [1] M. Kadota and S. Tanaka, "HAL SAW Resonators Using LiTaO₃ Thin Plate on Quartz Substrate", Proc. IEEE Freq. Cont. Symp., pp. 206-209 (2017).
- [2] M. Kadota, Y. Yunoki, T. Shimatsu, M. Uomoto, and S. Tanaka, "Near-Zero TCF of HAL SAW Resonator with LiTaO₃-on-Quartz Structure", Proc. IEEE Freq. Cont. Symp., ThO1.3-2 (2018).
- [3] M. Kadota, Y. Ishi, T. Shimatsu, M. Uomoto, and S. Tanaka, "Suprious-Free, Near-Zero-TCF Hetero Acoustic Layer (HAL) SAW Resonators Using LiTaO₃ Thin Plate on Quartz", Proc. IEEE Ultrason. Symp., 6J-2 (2018).

【申請特許リスト】

- [1] 門田、田中、弾性波デバイス、日本、特願 2016-2285 08、平成 28 年 11 月 25 日
- [2] 門田、田中、弾性波デバイス、日本、特願 2017-0950 57、平成 29 年 5 月 11 日 (上記特許補正)
- [3] 門田、田中、弾性波デバイス、PCT 国際出願 /JP2017/041165、平成 29 年 11 月 15 日出願 (各国移行中)