

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03233

研究課題名(和文)異種材料接合による縦型リーキー弾性表面波の高結合化と次世代高周波フィルタへの応用

研究課題名(英文) High-coupling longitudinal-type leaky surface acoustic wave using bonded dissimilar material structure and its application to high-frequency filter for next generation communications

研究代表者

垣尾 省司 (KAKIO, Shoji)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：70242617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：次世代通信システムの実現に向けて、LiTaO₃等の圧電基板を用いた弾性表面波(SAW)フィルタの高周波化と広帯域化が強く要請されている。縦波型リーキーSAW(LLSAW)は、通常のSAWと比べて1.5～2倍の伝搬速度を持つため、SAWフィルタの高周波化に有利であるが非常に大きな伝搬損失を有する。本研究では、異種材料接合技術を用いて1波長以下の厚みをもつ圧電薄板と水晶支持基板を接合すると、弾性波エネルギーが薄板内に集中するため、LLSAWの伝搬損失が格段に低減し、広帯域化に必要な結合係数が2～3倍に増加することを理論的、実験的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次世代通信システムの実現に向けて、LiTaO₃等の圧電基板を用いた弾性表面波(SAW)フィルタの高周波化と広帯域化が強く要請されている。縦波型リーキーSAW(LLSAW)は、通常のSAWと比べて1.5～2倍の伝搬速度を持つため、SAWフィルタの高周波化に有利であるが非常に大きな伝搬損失を有する。

本研究では、異種材料接合技術を用いて1波長以下の厚みをもつ圧電薄板と水晶支持基板を接合すると、弾性波エネルギーが薄板内に集中するため、LLSAWの伝搬損失が格段に低減し、広帯域化に必要な結合係数が2～3倍に増加することを明らかにし、スマートフォン等の端末用高周波フィルタへの適用可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：For the evolution of next-generation mobile communication systems, surface acoustic wave (SAW) devices with higher frequency and wide bandwidth are strongly demanded. The longitudinal-type leaky surface acoustic wave (LLSAW) has advantageous for application to high-frequency SAW devices since LLSAWs have a higher phase velocity than the general SAWs. However, LLSAWs exhibit inherent attenuation because they lose energy by continuously radiating bulk waves into the substrate.

In this study, it was found theoretically and experimentally that when the LiNbO₃ or LiTaO₃ thin plate with a smaller thickness than one wavelength bonded to a quartz substrate, the attenuation was reduced remarkably and the electromechanical coupling factor of the LLSAW was increased to two to three times that in the single substrate. Moreover, a shear-horizontal-type LSAW with high performance was obtained by utilizing the bonded structure.

研究分野：通信工学，超音波エレクトロニクス

キーワード：SAWフィルタ 縦型リーキー弾性表面波 異種材料接合 高周波化 高結合化 高Q化 高安定化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

LiNbO₃(LN)や LiTaO₃(LT)などの圧電結晶基板上に、微細な電極指(Interdigital Transducer: IDT)を形成した構造から成る弾性表面波(Surface Acoustic Wave: SAW)フィルタは、小型・軽量性と優れたフィルタ特性から、スマートフォン等の移動通信端末に不可欠なデバイスである。現状の周波数帯(2 GHz以下)から、3.5~5 GHz 帯を用いる次世代(4G, 5G)移動通信システムへの進化、実現のために、SAWフィルタの高周波化が急務である。高周波化と同時に、広い通過帯域を得るために電気 \leftrightarrow SAWの結合係数が高いこと(高結合)、周囲温度に対して周波数の変動が小さいこと(高安定)、急峻なフィルタ特性を得るために伝搬損失が小さいこと(低損失)が強く要請されている。SAW デバイスメーカーにおいて、高周波化に必要な IDT 線幅の狭小化は限界に達しており、3 GHz 以上のフィルタ製造は困難である。現状のフィルタに多用されている横波型リーキーSAW(Leaky SAW: LSAW)よりも1.5~2倍の伝搬速度をもつ縦型リーキーSAW(Longitudinal-type LSAW: LLSAW)を利用できれば、IDTを狭小化することなく高周波化が可能である。しかし、基板内へのバルク波放射による伝搬損失が非常に大きいため、LLSAWのフィルタ応用は極めて困難である。

本研究代表者(垣尾)は、科研費基盤研究(C)(H23-25年度)の採択課題の成果として、LN表面付近にプロトン交換層を埋め込む、あるいはLN表面上に高音速なAlN薄膜を装荷することにより、LLSAWのバルク波放射に起因する伝搬損失を格段に低減できることを世界で初めて発見した。しかし、いずれの場合にも結合係数が低減する問題点があった。その解決のために、科研費基盤研究(C)(H26-28年度)の採択課題では、大きな圧電性を有するScAlN薄膜を採用し、低損失化と高結合化の両立を検討したが、成膜時に薄膜中の分極がばらつく問題点が判明した。

一方、近年、異種材料同士を接合させて新たな機能性を発現させる技術が材料工学の広い分野で発展を続けており、SAWデバイス分野では、熱膨張係数の小さいサファイア基板にLTを接合させた、高安定なLSAWフィルタが実用化されている。異方性が大きな結晶同士、例えばLN、LTと水晶を接合させることは従来困難であったが、研究分担者(水野)は、これらの接合界面に、50~100nm程度の厚みをもつアモルファスSiO₂層、またはアモルファスAl₂O₃層を介在させることによって、200℃以下の低温における接合を実現させ、強固な接合強度を得ることに成功した。

このような異種材料接合技術を、LLSAWの低損失化技術と組み合わせることにより、LLSAWの高結合化と低損失化を両立させる基板構造の着想に至った。つまり、LN、LTは水晶よりもSAW速度が遅いため、LN、LTと水晶を接合させた後に、LN、LTを薄板化すれば、光導波路中を伝搬する導波光のように波動エネルギーが速度の遅い薄板内に集中し、結合係数が増加すると期待される。また、波動エネルギーの漏洩が少なくなるため、損失の低減も期待される。さらに、水晶の周波数温度係数はLN、LTよりも小さいため、良好な温度特性も同時に得られると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、異種材料接合技術を用いて高速・高結合・高安定・低損失 LLSAW 基板構造を開発し、次世代移動通信端末用の高周波フィルタへ応用することを目的として研究を遂行した。確立させる基板構造の数値目標として、高周波フィルタの実用に見合う、6,000 m/s以上の位相速度、5%以上の結合係数、-30 ppm/°Cよりも良好な周波数温度係数、0.03 dB/波長以下の伝搬損失(1,000以上のQ値)をそれぞれ設定した。さらに、LLSAWに加えて、横波型 LSAW についても異種材料接合技術を用いた高結合・高安定・低損失 LSAW 基板構造を検討した。

3. 研究の方法

(1) 異種材料接合による LLSAW の高性能化

まず、水晶基板とLN、LTを、アモルファス層を介して接合、あるいは直接接合した構造上を伝搬する LLSAW に対して理論解析を行い、高い結合係数、速い位相速度、小さい温度係数と伝搬損失が同時に得られる最適な水晶のカット・伝搬方位を設計した。薄板には、単体で LLSAW に対して最大の結合係数をもつ X カット 36°Y 伝搬(X36°Y-)LN、および X31°Y-LT を採用した。次に、有限要素法(Finite Element Method: FEM)を用いて、接合構造上に形成した IDT 型共振子における LLSAW の共振特性をシミュレートした。この際、LTの機械損として、報告されている 42°YX-LT 上の LSAW における 65 dB のアドミタンス比より $Q_m=1,000$ と設定した。誘電損は考慮していない。さらに、X カット LT 薄板と水晶支持基板の接合構造を準備、波長 32 μm の Al 製 IDT を作製し、LLSAW の伝搬特性、共振特性を評価した。

(2) 異種材料接合による横波型 LSAW の高性能化

(1)と同様に、異種材料接合構造上を伝搬する横波型 LSAW に対して理論解析、FEMによるシミュレーション、実験を行った。薄板のカット・伝搬方位としては、実用デバイスに用いられている 36°YX-LT に対して主に検討した。さらに、外注にて波長 1.8 μm の Al 製 IDT を作製し、2.2 GHz において共振特性を評価した。

(3) 異種材料接合における残留応力の低減

水晶基板とLTを接合した場合の接合強度の増加と残留応力の低減を目的として、中間層としてアモルファス酸化膜を設けた接合を検討した。アモルファス膜として原子層堆積法、イオンビームスパッタリング、電子サイクロトロン共鳴スパッタリングを用いて成膜した SiO₂ と Al₂O₃ 膜を用い、加熱加圧による接合後、接合断面の観察、及び残留応力と接合強度を評価した。

4. 研究成果

(1) 異種材料接合による LLSAW の高性能化解析解

図 1 に LLSAW の(a)位相速度, (b)自由表面の伝搬減衰, (c)短絡表面の伝搬減衰, (d) 結合係数 K^2 , (e) 短絡表面の周波数温度係数 TCF の計算結果を示す. 水晶支持基板には, 本研究で見出した最適カットである X カット 32°Y 伝搬水晶(X32°Y-Q) を採用した. 比較のために, 伝搬減衰については, 支持基板が AT45°X-Q の場合の計算結果も示してある. 図 1(a) より, LT 単体よりも高音速な支持基板を接合したにもかかわらず, 接合した場合の位相速度は, LT 単体の速度よりも遅くなる特異な現象が現れた. また, 図 1(d) より, 板厚の増加に従って K^2 は増加し, 波長 λ で規格化した板厚 $h/\lambda=0.15\sim 0.40$ において約 7~8%(LT 単体の約 3 倍)の K^2 を示した.

図 1(c)より, X32°Y-Q を支持基板とした場合に, 短絡表面の $h/\lambda=0.062$ において 0.0005 dB/ λ の極めて小さい伝搬減衰が得られた. この板厚において, K^2 は 4.8% を示し, TCF は LT 単体の TCF(-34.9 ppm/°C) の約 1/2 である -15.2 ppm/°C を示した.

有限要素法による解析

図 2 に, X31°Y-LT/X32°Y-Q($h/\lambda=0.062$) 上, LLSAW 共振特性の FEM 解析結果を示す. 無限周期構造, 波長 $\lambda=8.0\ \mu\text{m}$, 交叉幅 $W=25\lambda$, Al 膜厚 1,000 Å であり, 比較として LT 単体, および支持基板を AT45°X-Q とした場合($h/\lambda=0.072$)の結果を同じ図中に示す. LT 単体では LLSAW の伝搬減衰が大きいため, 共振応答がほとんど現れないのに対して, X32°Y-Q を支持基板とすると, 76 dB のアドミタンス比, 2.6% の比帯域幅, 1,800 の共振 Q , 1,400 の反共振 Q を示した. また, AT45°X-Q を支持基板とした場合よりも特性が向上した.

FEM 解析により, 深さ方向の粒子変位分布を求めたところ, AT45°X-Q の場合では, 2 種類のバルク波放射による漏洩成分のうち, SV 成分の漏洩が抑圧されるが SH 成分の漏洩は依然として大きいこと, 一方, X32°Y-Q の場合では SH と SV 成分が共に表面から 1 波長以内の深さに集中することがわかった. 従って X32°Y-Q を支持基板とした構造では, 2 種類の漏洩成分が同時に低減するために, 低い伝搬減衰と高い Q を示すと考えられる.

さらに, X36°Y-LN 薄板と X35°Y-Q 支持基板との接合構造の境界に, Al₂O₃ アモルファス層を挿入すると, LLSAW の表面付近への集中度がさらに増し, さらに高い Q を示すことを理論的に明らかにした.

実験

X31°Y-LT と X32°Y-Q を用いて接合試料を作製した. まず, これらの基板に RCA 洗浄を施した後, Ar+O₂ プラズマによる接合面の活性化処理を行った. 次に, 純水を用いた超音波洗浄を施し, 乾燥させた後, 大気圧下において水晶と LT の表面同士を接合させた. さらに, 100~300 °C にて数時間程度の熱処理を行った. 20×15 mm 程度に切断後, LT を $h=3.0\sim 6.0\ \mu\text{m}$ の板厚に鏡面研磨した. 研磨面上に IDT, あるいは共振子パターン(波長 $\lambda=32$, または 96 μm)を Al 蒸着膜で形成した.

図 1(d)中に, IDT ($\lambda=96\ \mu\text{m}$, IDT 対数 $N=30$, 交叉幅 $W=3\ \text{mm}$, Al 膜厚 5,500Å)のアドミタンス特性より求めた結合係数 K^2 の測定値を示す. LT 単体の 1.8% に対して, 接合試料では 3.1 倍の $K^2=5.6\%$ が得られた.

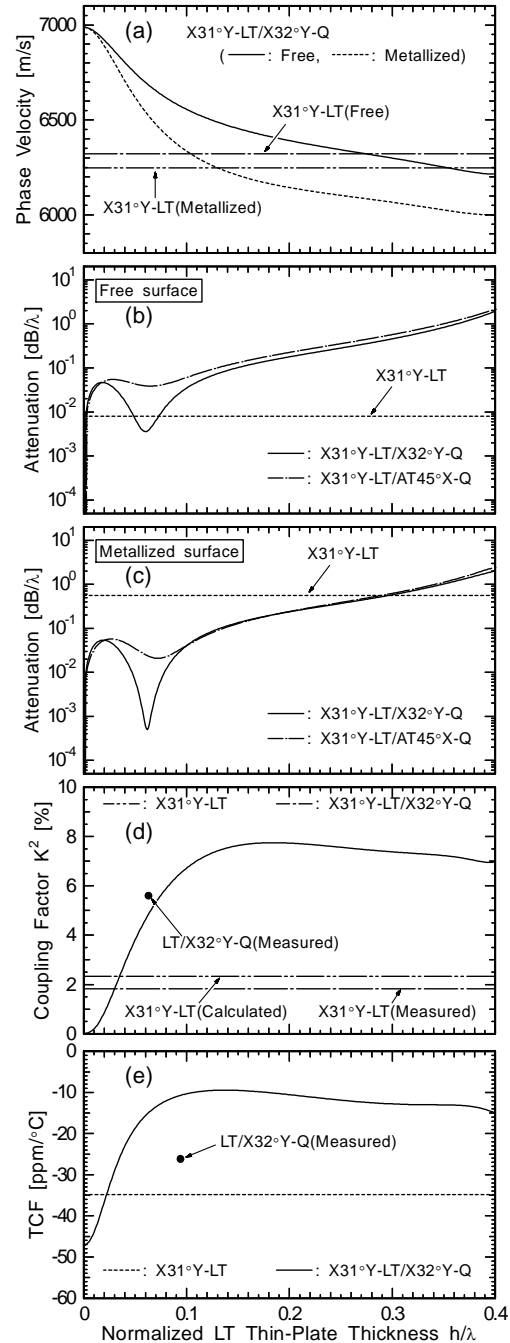


図 1 LT / 水晶構造上の LLSAW 伝搬特性 (a)位相速度, (b)自由表面の伝搬減衰, (c)短絡表面の伝搬減衰, (d) K^2 , (e)短絡表面の TCF

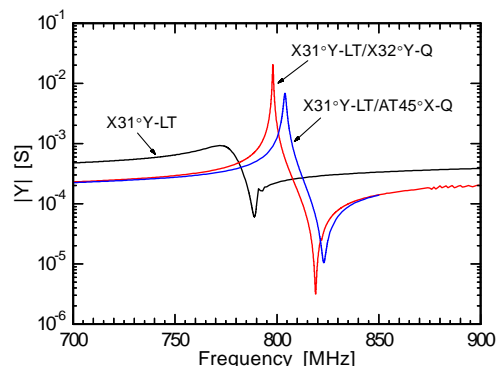


図 2 FEM 解析による接合構造上の LLSAW 共振特性(無限周期構造)

図 3 に, X31°Y-LT 単体と X31°Y-LT/X32°Y-Q ($h/\lambda=0.094$)上の LLSAW 共振特性($\lambda=32 \mu\text{m}$, $N=50.5$, 反射器本数 $N_R=50$, $W=25\lambda$, Al 膜厚 $3,000 \text{ \AA}$)を示す. LT 単体の特性と比較すると, 接合試料では, アドミタンス比が 9.4 dB から 45 dB に, 共振 Q が 32 から 282 にそれぞれ増加した. 共振周波数 f_r と波長の積から求められる位相速度は約 6,300 m/s であった. また, 共振周波数 f_r の温度に対する周波数変化率を測定し, その勾配から TCF を求めた結果を図 1(e)中に示す. 接合構造の TCF 実験値は $-26.2 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ であり, その絶対値は短絡表面の計算値より大きい, LT 単体の計算値よりも小さい TCF が得られた.

(2) 異種材料接合による横波型 LSAW の高性能化解析

36°YX-LT 薄板と水晶支持基板との接合構造上の LSAW について解析した結果, AT カット 90°X 伝搬水晶(AT90°X-Q)が高性能化に最適なカットであることを明らかにした. 図 4 に LSAW の(a)位相速度, (b)伝搬減衰, (c) K^2 , (d) TCF の計算値をそれぞれ示す. 位相速度は, 板厚の増加に従って水晶単体の約 5,100 m/s から単調に減少し, LT 単体の位相速度に漸近することがわかる. 板厚 0.17λ において, 零の TCF と 11.9%の K^2 (単体の 2.3 倍)を同時に示した. さらに, その板厚の伝搬減衰は $0.0002 \text{ dB}/\lambda$ 以下であり, 高安定, 高結合, 低損失な特性を同時に示した.

LSAW の粒子変位分布を解析したところ, 接合構造の変位分布は, LT 単体のものと比較して表面付近に集中すること, 規格化板厚が薄いほど集中効果が高いことがわかった. 従って, 粒子変位が圧電薄板の表面付近に集中することにより, K^2 が増加すると考えられる.

支持基板をサファイア($c\text{-Al}_2\text{O}_3$), Si(100)として 36°YX-LT 薄板と接合した場合, 最大の K^2 計算値はいずれも 10%以下である. これら支持基板単体の位相速度はそれぞれ約 6,650, 5,800 m/s であり, AT-90°X 水晶の方が LT との速度差が小さいにもかかわらず, LSAW の高結合化の効果が大きい. その要因として, AT90°X-Q は $c\text{-Al}_2\text{O}_3$, Si(100)と比べて, K^2 増加に対して影響度の大きい c_{44} と c_{66} が, 高結合化に有利な条件を有していることを明らかにした.

有限要素法による解析

図 5 に, 36°YX-LT/AT90°X-Q 構造上の LSAW の共振特性解析例を示す. $\lambda=8 \mu\text{m}$, LT 板厚は 0.15λ , 電極 Al 膜厚は 0.09λ である. 接合構造では 88 dB のアドミタンス比を示し, LT 単体の 63 dB よりも格段に向上した. 共振 Q , 反共振 Q は LT 単体の 640, 290 から 1,420, 1,350 に増大した. 比帯域幅も LT 単体の 4.4% から 5.7%に増加した.

実験

(1)と同様に, AT90°X-Q, 36°YX-LT を用いて接合試料を作製した. LT の板厚は $h=3.0\sim 8.0 \mu\text{m}$ である. IDT($\lambda=20 \mu\text{m}$, $N=10$, Al 膜厚 $1,500 \text{ \AA}$)のアドミタンス特性より求めた K^2 の測定値を図 4(c)中に示す. 36°YX-LT 単体の K^2 が 5.7%であるのに対して, 板厚が 0.25λ の接合構造において 11.1%の K^2 が得られた.

図 6 に, 36°YX-LT 単体と 36°YX-LT/AT90°X-Q の LSAW 共振特性の測定例を示す. LT の板厚は $h=0.6 \mu\text{m}$ であり, 電極は外注にて作製されたものである($\lambda=1.8 \mu\text{m}$, $N=100.5$, $N_R=100$, $W=25\lambda$, Al 膜厚 $1,000 \text{ \AA}$). LT 単体試料の測定値と比較すると, 接合試料では, アドミタンス比は 53 dB から 81 dB に, 比帯域幅は 3.7%から 4.2%に, 共振 Q , 反共振 Q は, 535, 185 から, 1,471, 1,553 にそれぞれ増加し, 実験的に格段の高性能化を達成した.

送受 IDT($\lambda=20 \mu\text{m}$, $N=10$, 伝搬路長 100λ , 短絡表面)を形成した試料を恒温槽に設置し, 試料の

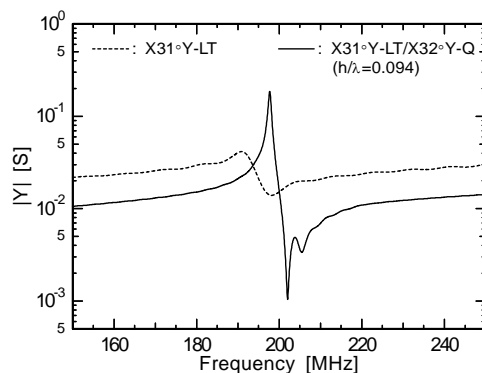


図 3 X31°Y-LT 単体と X31°Y-LT/X32°Y-Q ($h/\lambda=0.094$)の LLSAW 共振特性($\lambda=32 \mu\text{m}$)

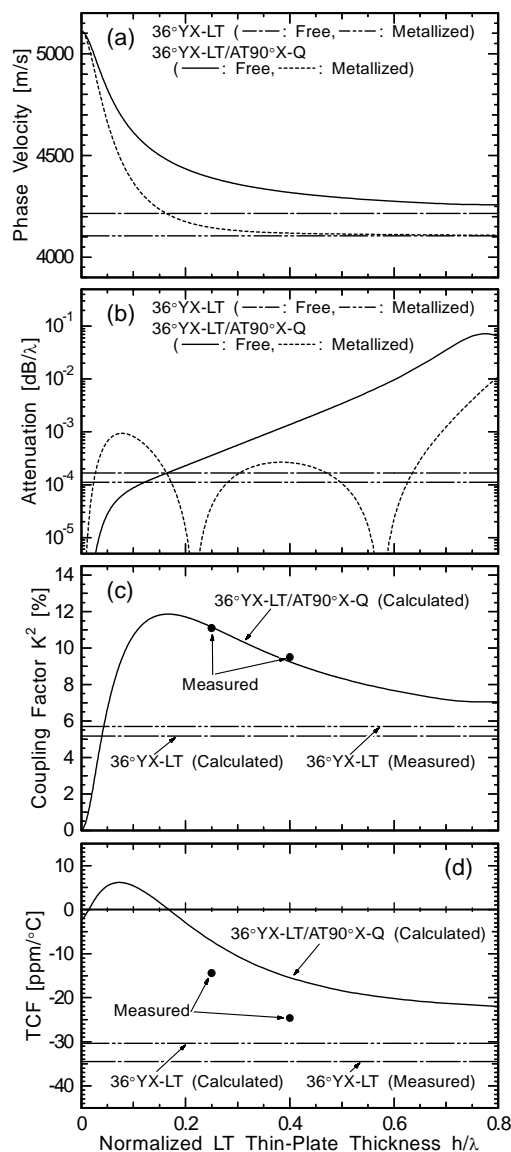


図 4 LT / 水晶構造上の LSAW 伝搬特性 (a) 位相速度, (b)伝搬減衰, (c) K^2 , (d)TCF

周囲温度を 0 °C から 80 °C に変化させたときの周波数変化率を干渉法により測定した。図 4(d)中に TCF 測定値を示す。36°YX-LT の TCF 測定値は、単体試料の -34.5 ppm/°C から、AT90°X-Q との接合により ($h/\lambda=0.25$), -14.4 ppm/°C に改善された。しかし、その絶対値は計算値よりも 7 ppm/°C ほど大きい。

(3) 異種材料接合における残留応力の低減

上述のように、異種材料接合構造上の LLSAW、および LSAW における周波数温度係数の測定値は、計算値よりも絶対値が大きい。その周波数温度係数に影響を与える主な要因として、接合面の残留応力や接合強度が考えられる。

まず、原子層堆積法(Atomic layer deposition: ALD)、イオンビームスパッタリング(Ion Beam Sputtering: IBS)、電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)スパッタリングの3種の成膜方法を用いて、SiO₂、および Al₂O₃ 薄膜を、0.21 mm 厚、両面研磨された LT 基板上に 50 ~100 nm の膜厚で成膜し、成膜前後の基板の反り測定値を Stonely の公式に適用し、残留応力を評価した。各成膜方法による残留応力を図 7 に示す。ALD を用いて Al₂O₃ 薄膜を中間層として成膜すると、ECR や IBS による成膜と比較して、その残留応力は格段に小さいことを明らかにした。

次に、Al₂O₃ 薄膜を中間層として成膜した場合の LN と水晶の接合強度を評価した。膜厚 50 nm の Al₂O₃ 薄膜を水晶基板表面に成膜し、O₂ ガス雰囲気中 10 分間、VUV ランプ光(中心波長 172 nm)を照射して表面活性化処理を行った。その後、真空中 200 °C、15 分間加圧し(5 MPa)、LN と水晶を接合させた。その接合強度を図 8 に示す。Al₂O₃ 薄膜を中間層として設けることにより、LN と水晶の接合が可能になること、ALD による Al₂O₃ 薄膜では 3.7 MPa の接合強度が得られることを明らかにした。前述のように、Al₂O₃ 薄膜を中間層として設けると、共振特性における高 Q 化も同時に期待できる。

(4) 研究成果のまとめと今後の展望

以上の検討により、本研究課題の主たる目的である、異種材料接合による LLSAW の高性能化に最適な条件を見出し、Q 値を除いて実験的に数値目標を達成した。機械損を考慮したシミュレーションでは、数値目標以上の Q 値が得られた。さらに、副次的に検討した横波型 LSAW においても、LLSAW よりも位相速度は遅いものの、2.2 GHz の共振特性において、異種材料接合による格段の高性能化を実現した。

今後は、接合強度の高いアモルファス中間層を用いて、周波数温度係数の改善を図ると共に、異種材料接合構造上の LLSAW に対して波長 1.8 μm の共振子を作製、3.5 GHz の共振特性を評価し、5G に適用可能な SAW フィルタ用基板構造を確立させる。

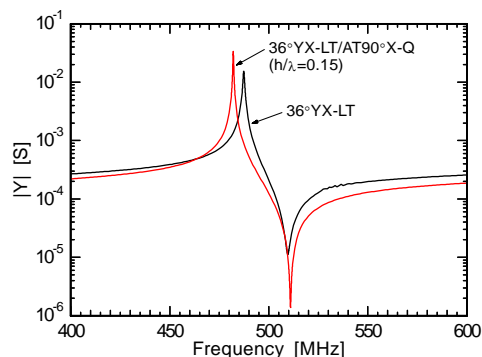


図 5 FEM 解析による 36°YX-LT/AT90°X-Q 上の LSAW 共振特性(無限周期構造)

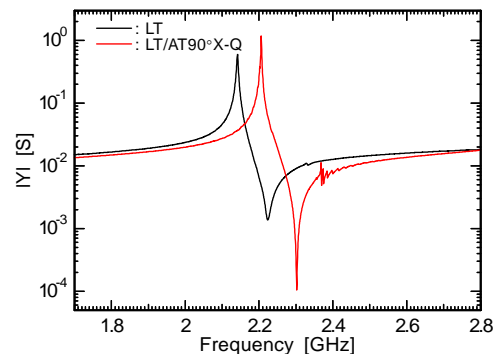


図 6 36°YX-LT 単体と 36°YX-LT/AT90°X-Q の LSAW 共振特性測定値 ($\lambda=1.8 \mu\text{m}$, $h/\lambda=0.3$)

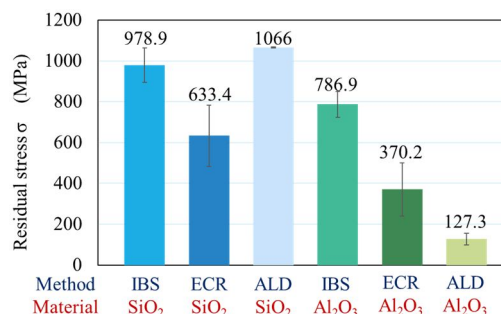


図 7 各成膜方法における SiO₂、および Al₂O₃ 薄膜の残留応力

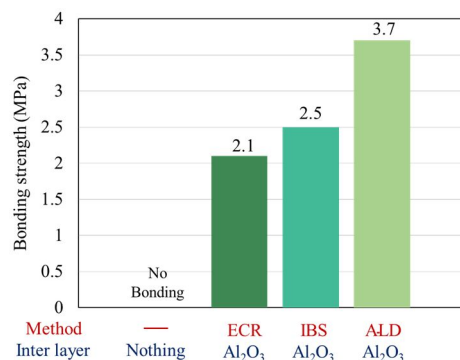


図 8 Al₂O₃ 中間層による LN / 水晶接合における接合強度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Hayashi Junki, Yamaya Kosuke, Asakawa Shiori, Suzuki Masashi, Kakio Shoji, Tezuka Ami, Kuwae Hiroyuki, Yonai Toshifumi, Kishida Kazuhito, Mizuno Jun | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Longitudinal leaky surface acoustic wave with low attenuation on LiTaO3 or LiNbO3 thin plate bonded to quartz substrate | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SGGC12 ~ SGGC12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1132 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Asakawa Shiori, Hayashi Junki, Suzuki Masashi, Kakio Shoji, Tezuka Ami, Kuwae Hiroyuki, Yokota Hiroaki, Yonai Toshifumi, Kishida Kazuhito, Mizuno Jun | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Analysis of longitudinal leaky surface acoustic waves on LiNbO3/amorphous layer/quartz structure | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SKKC12 ~ SKKC12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8c9d | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Kakio Shoji, Kato Yoshiki, Suenaga Ryota, Suzuki Masashi, Tezuka Ami, Kuwae Hiroyuki, Yokota Hiroaki, Yonai Toshifumi, Kishida Kazuhito, Mizuno Jun | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Propagation properties of leaky surface acoustic wave on water-loaded LiTaO3/quartz bonded structure | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SKKC04 ~ SKKC04 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab85ac | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Fujimaki Takumi, Suzuki Masashi, Kakio Shoji | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Analysis of leaky surface acoustic waves on LiNbO3 or LiTaO3 thin plate bonded to similar-material substrates | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SKKC01 ~ SKKC01 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab79e9 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Hayashi Junki, Yamaya Kosuke, Suzuki Masashi, Kakio Shoji, Suzaki Haruka, Yonai Toshifumi, Kishida Kazuhito, Mizuno Jun | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 High coupling and highly stable leaky surface acoustic waves on LiTaO3 thin plate bonded to quartz substrate | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 07LD21 ~ 07LD21 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.57.07LD21 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Gomi Masashi, Kataoka Takuya, Hayashi Junki, Kakio Shoji | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 High-coupling leaky surface acoustic waves on LiNbO3 or LiTaO3 thin plate bonded to high-velocity substrate | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 07JD13 ~ 07JD13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/JJAP.56.07JD13 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 12件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Kosuke Yamada, Shuichi Shoji, Shoji Kakio, and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 Study of Low-residual Stress Amorphous Film Deposition Method for LiTaO3/Quartz or LiNbO3/Quartz Bonding toward 5G Surface Acoustic Wave Devices 【JIEP Poster Awards受賞】 |
| 3. 学会等名 2019 International Conference on Electronics Packaging, ICEP 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Kosuke Yamada, Shoji Kakio, Shuichi Shoji, and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 Low-residual stress ALD-Al2O3 intermediate layer for LiTaO3/quartz combined surface acoustic wave substrate 【Best Poster Award受賞】 |
| 3. 学会等名 Taiwan-Japan Workshop on Electronic Interconnection III (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Kosuke Yamada, Shuichi Shoji, Shoji Kakio and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /quartz bonding with low-residual-stress Al ₂ O ₃ amorphous intermediate layer for 5G surface acoustic wave devices |
| 3. 学会等名 International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 垣尾 省司, 林 純貴, 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 手塚 彩水, 桑江 博之, 横田 裕章, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造上のリーキー系弾性表面波における高結合・低損失化の要因 |
| 3. 学会等名 日本学術振興会弾性波素子技術第150委員会第156回研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 藤巻 貴海, 鈴木 雅視, 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 同種材料接合構造におけるリーキーSAW の解析 |
| 3. 学会等名 第48回EMシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ /アモルファス層/水晶構造における縦型リーキーSAW の解析 |
| 3. 学会等名 第48回EMシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 垣尾 省司, 加藤 良基, 末永 凌大, 鈴木 雅視, 手塚 彩水, 桑江 博之, 横田 裕章, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 水負荷LiTaO ₃ /水晶接合構造上の漏洩弾性表面波の伝搬特性 |
| 3. 学会等名 第48回EMシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ /SiO ₂ /水晶構造におけるリーキーSAWの解析 【講演奨励賞受賞】 |
| 3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤巻 貴海, 鈴木 雅視, 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ 同種材料接合構造におけるリーキーSAWの解析 |
| 3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiori Asakawa, Junki Hayashi, Masashi Suzuki, and Shoji Kakio, Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Hiroaki Yokota, Toshifumi Yonai, Kazuhito Kishida, and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 Analysis of longitudinal leaky SAW on LiNbO ₃ /amorphous layer/quartz structure |
| 3. 学会等名 2019 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takumi Fujimaki, Masashi Suzuki, and Shoji Kakio |
| 2. 発表標題 Analysis of leaky surface acoustic waves on similar-material bonded structure |
| 3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shoji Kakio, Yoshiki Kato, Ryota Suenaga, Masashi Suzuki, Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Hiroaki Yokota, Toshifumi Yonai, Kazuhito Kishida, and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 Propagation properties of leaky surface acoustic wave on water-loaded LiTaO ₃ /quartz bonded structure |
| 3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiori Asakawa, Junki Hayashi, Masashi Suzuki, Shoji Kakio, Ami Tezuka, Hiroyuki Kuwae, Hiroaki Yokota, Toshifumi Yonai, Kazuhito Kishida, and Jun Mizuno |
| 2. 発表標題 Analysis of longitudinal leaky SAW on LiNbO ₃ /amorphous layer/quartz structure |
| 3. 学会等名 The 40th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 異種材料接合構造における SAW 高調波の振る舞い |
| 3. 学会等名 圧電材料・デバイスシンポジウム2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 [講演奨励賞受賞記念講演] LiNbO ₃ /SiO ₂ /水晶構造におけるリーキーSAWの解析 |
| 3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 異種材料接合構造上のリーキーSAW高調波の共振特性 |
| 3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤巻 貴海, 鈴木 雅視, 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ ・LiNbO ₃ 薄板を用いた同種材料接合構造における縦型リーキーSAWの解析 |
| 3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 リーキー系SAW伝搬解析と高性能異種材料接合基板構造への適用 |
| 3. 学会等名 弾性波素子技術第150委員会夏の学校 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 林 純貴, 山谷 浩介, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 須崎 遥, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ 薄板と水晶基板の接合によるリーキー系弾性表面波の高結合・高安定化 |
| 3. 学会等名 弾性波素子技術第150委員会第152回研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 林 純貴, 山谷 浩介, 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 桑江 博之, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ ・LiTaO ₃ 薄板と水晶基板の接合による縦型リーキー弾性表面波の低損失化 |
| 3. 学会等名 第47回EM シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 林 純貴, 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 桑江 博之, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造上のリーキーSAW特性の解析 - 支持基板の物理定数依存性 - |
| 3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 山谷 浩介, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 須崎 遥, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造における縦型リーキーSAW共振特性の解析 スプリアス応答の電極膜厚依存性 |
| 3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 水晶とLiTaO ₃ の異種材料接合によるリーキー系弾性表面波の高結合・高安定化 |
| 3. 学会等名 精密工学会次世代センサ・アクチュエータ委員会第15回定期講習会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 J. Hayashi, K. Yamaya, S. Asakawa, M. Suzuki, S. Kakio, H. Kuwae, T. Yonai, K. Kishida, and J. Mizuno |
| 2. 発表標題 Longitudinal Leaky Surface Acoustic Wave with Low Attenuation on LiTaO ₃ Thin Plate Bonded to Quartz Substrate |
| 3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 J. Hayashi, K. Yamaya, S. Asakawa, M. Suzuki, S. Kakio, A. Tezuka, H. Kuwae, T. Yonai, K. Kishida, and J. Mizuno |
| 2. 発表標題 Longitudinal Leaky SAW with Low Attenuation on LiTaO ₃ Thin Plate Bonded to Quartz Substrate |
| 3. 学会等名 The 39th Symposium on ULTRASONIC ELECTRONICS (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 林 純貴, 浅川 詩織, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造上のリーキーSAW特性の解析 - 支持基板の物理定数依存性 - |
| 3. 学会等名 電気学会電子回路研究会「圧電材料・デバイスと応用」 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造における縦型リーキーSAW共振特性 |
| 3. 学会等名 電気学会電子回路研究会「圧電材料・デバイスと応用」 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 異種材料接合による弾性表面波素子の高性能化 |
| 3. 学会等名 圧電材料・デバイスシンポジウム2019 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 垣尾 省司, 加藤 良基, 末永 凌大, 鈴木 雅視, 手塚 彩水, 桑江 博之, 横田 裕章, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 水負荷LiTaO ₃ /水晶接合構造上の漏洩弾性表面波の伝搬特性 |
| 3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 浅川 詩織, 林 純貴, 鈴木 雅視, 垣尾 省司, 手塚 彩水, 桑江 博之, 横田 裕章, 米内 敏文, 岸田 和人, 水野 潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /アモルファス層/水晶構造における縦型リーキーSAWの解析 |
| 3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 垣尾 省司 |
| 2. 発表標題 リーキー系SAW伝搬解析と高性能異種材料接合基板構造への適用 |
| 3. 学会等名 弾性波素子技術第150委員会春の学校 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 垣尾省司, 五味将史, 林純貴, 鈴木雅視, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ ・LiTaO ₃ 薄板と水晶基板の接合によるリーキー系SAWの高結合化 |
| 3. 学会等名 弾性波素子技術第150委員会第148回研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 垣尾省司, 五味将史, 林純貴, 鈴木雅視, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ ・LiTaO ₃ 薄板と高音速基板の接合によるリーキー系SAWの高結合化 |
| 3. 学会等名 第46回EMシンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 林純貴, 山谷浩介, 鈴木雅視, 垣尾省司, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ 薄板/水晶基板上の縦型リーキー弾性表面波の伝搬特性 |
| 3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Junki HAYASHI, Masashi GOMI, Masashi SUZUKI, Shoji KAKIO, Haruka SUZAKI, Toshifumi YONAI, Kazuhito KISHIDA, Jun MIZUNO |
| 2. 発表標題 | High-coupling leaky SAWs on LiTaO3 thin plate bonded to quartz substrate |
| 3. 学会等名 | 2017 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2017年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Junki HAYASHI, Kosuke YAMAYA, Masashi SUZUKI, Shoji KAKIO, Haruka SUZAKI, Toshifumi YONAI, Kazuhito KISHIDA, Jun MIZUNO |
| 2. 発表標題 | High coupling and highly stable leaky SAWs on LiTaO3 thin plate bonded to quartz substrate |
| 3. 学会等名 | The 38th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2017年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | 林純貴, 山谷浩介, 鈴木雅視, 垣尾省司, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 | LiTaO3薄板と水晶基板の接合による縦型リーキー系弾性表面波の高結合・高安定化 |
| 3. 学会等名 | 圧電材料・デバイスシンポジウム2018 |
| 4. 発表年 | 2018年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Shoji KAKIO, Junki HAYASHI, Kosuke YAMAYA, Masashi SUZUKI, Haruka SUZAKI, Toshifumi YONAI, Kazuhito KISHIDA, Jun MIZUNO |
| 2. 発表標題 | High coupling and highly stable leaky SAWs on LiTaO3 thin plate bonded to quartz substrate |
| 3. 学会等名 | Seventh International Symposium on Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communication Systems (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 林純貴, 山谷浩介, 鈴木雅視, 垣尾省司, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 LiTaO ₃ /水晶構造上のリーキーSAW 共振特性の界面ポイドによる影響 |
| 3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山谷浩介, 林純貴, 鈴木雅視, 垣尾省司, 須崎遥, 米内敏文, 岸田和人, 水野潤 |
| 2. 発表標題 LiNbO ₃ ・LiTaO ₃ 薄板/水晶基板における縦型リーキーSAW特性の基板カット角依存性 |
| 3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Haruka SUZAKI, Hiroyuki KUWAE, Kazuhito KISHIDA, Shoji KAKIO, Shuichi SHOJI, Jun MIZUNO |
| 2. 発表標題 Study of LiNbO ₃ /QZ bonding with amorphous layers for 5G SAW device |
| 3. 学会等名 第24回「エレクトロニクスにおけるマイ接合・実装技術」シンポジウム (Mate) |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

| | | |
|--|------------------------------------|-------------------|
| 産業財産権の名称 接合基板、弾性表面波素子、弾性表面波素子デバイスおよび接合基板の製造方法 | 発明者 栗本浩平, 岸田和人, 茅野林造, 水野潤, 垣尾省司 | 権利者 国立大学法人山梨大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-117281 | 出願年 2017年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|------------------------------------|-------------------|
| 産業財産権の名称 接合基板、弾性表面波素子、弾性表面波素子デバイスおよび接合基板の製造方法 | 発明者 栗本浩平, 岸田和人, 茅野林造, 水野潤, 垣尾省司 | 権利者 国立大学法人山梨大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-026361 | 出願年 2018年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

垣尾・鈴木研究室
<http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~kakio/>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|--|----|
| 研究 分 担 者 | 水野 潤 (MIZUNO Jun) (60386737) | 早稲田大学・ナノ・ライフ創新研究機構・上級研究員(研究 院教授) (32689) | |
| 研究 分 担 者 | 鈴木 雅視 (SUZUKI Masashi) (60763852) | 山梨大学・大学院総合研究部・助教 (13501) | |