

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760075

研究課題名(和文) 高感度センサMEMSを目指した巨大横波圧電薄膜の開発

研究課題名(英文) Piezoelectric thin film MEMS with giant shear electromechanical coupling

研究代表者

柳谷 隆彦 (Yanagitani, Takahiko)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：10450652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：横波を励振する圧電薄膜は液体の粘性、導電率センサなどに応用することができる。センサ応用の際には、高いすべりモード電気機械結合係数 k_{15} を持つ膜が要求される。

本研究では、c軸傾斜Sc添加AlN薄膜を作製し、結晶配向性、 k'_{15} を評価し、Scを添加することで k'_{15} が増幅するか調査した。また、薄膜中のSc濃度を变化させたc軸傾斜ScAlN薄膜を作製し、 k'_{15} 、擬似横波速度のSc濃度依存性についても評価した。その結果、c軸傾斜Sc添加AlN薄膜の k'_{15} は16.8%となり、AlN単結晶の約3.2倍の値を示した。薄膜を使った横波励振効率では最大の値であり、ワールドレコードである。

研究成果の概要(英文)：Shear piezoelectric films are attractive for sensors detecting viscosity and conductivity in liquid. High k_{15} is required for these sensors. We investigated the k_{15} of the c-axis tilted Sc doped AlN films. k_{15} of the films showed 16.8% which is 3.2 times larger than that of AlN single crystal.

研究分野：圧電薄膜

キーワード：圧電薄膜

1. 研究開始当初の背景

横波を励振する圧電薄膜は横波トランスデューサやすべりモード薄膜共振子、横波型弾性表面波素子に応用できる。横波は液体/固体境界において、液体中へのエネルギー漏洩が小さいため、液体中でも共振することができる。そのため液体の粘性、導電率センサや抗原抗体反応センサに応用することができる。これらのセンサ応用の際には、高いすべりモード(横波モード)電気機械結合係数 k_{15} (電気エネルギーと機械エネルギーの変換効率を示す係数) を持つ膜が要求される。

2. 研究の目的

図1に単結晶 AlN における電界方向に対する c 軸の傾斜角度と電気機械結合係数(擬似縦モード: k_{33}^2 、擬似すべりモード: k_{15}^2) の関係を示す。AlN、ZnO などの 6mm 圧電材料においては、電界方向に対する c 軸傾斜角度に依存して電気機械結合係数が変化する。AlN の場合、c 軸傾斜角度=30° 付近において最も高い $k_{15}^2 = 5.3\%$ を示す。通常、6mm 圧電薄膜では結晶 c 軸が基板に対して垂直に成長するため、 k_{15}^2 はゼロとなり、横波を励振することはできない。表1にこれまでに報告されている 6mm 圧電材料を用いた傾斜配向膜に関する傾斜角度、 k_{15}^2 を示す。いずれも単結晶の値から予想されるような高い k_{15}^2 を得られてはいない。この原因は c 軸傾斜角度が小さいこと、また、十分な配向性が得られていないためだと考えられる。高い k_{15}^2 を持つ AlN 薄膜を得るためには、c 軸を基板面法線に対して 30° 傾斜配向させるとともに、一方向に配向させる必要がある。

一方、近年、c 軸垂直 AlN 膜において Sc をヘビードープすることにより、圧電性が大きくなることが実験的に報告されており、密度汎関数理論に基づく計算からも、実験データを支持する結果が示されている。我々の研究グループでは、これまで c 軸垂直 ScAlN 薄膜の GHz 帯での電気機械結合係数 k_t^2 の増幅、および k_t^2 と縦波音速の Sc 濃度依存性について報告している。c 軸傾斜 ScAlN 薄膜が形成できれば、横波に関する k_{15}^2 も増幅し、AlN 単結晶の値を超える値が得られる可能性がある。

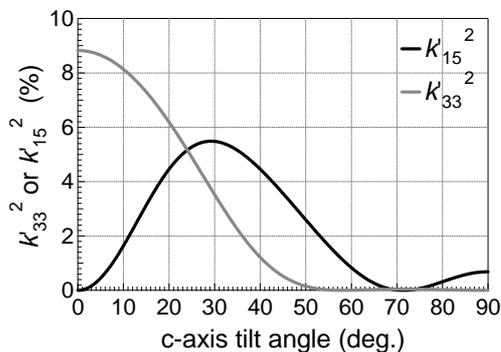


図1 AlN 単結晶における c 軸傾斜角度と電気機械結合係数の関係

表1 c 軸傾斜 6mm 薄膜の報告値

材料	k_{15}^2 (%)	c軸傾斜角度
多結晶膜	AlN	1.2
	AlN	2.0
	AlN	0.5
	ZnO	5.3
	ZnO	6.8
単結晶	AlN	5.3
	ZnO	14.4

本研究では、c 軸傾斜 ScAlN 薄膜を作製し、結晶配向性、すべりモード電気機械結合係数 k_{15}^2 を評価し、Sc を添加することで k_{15}^2 が増幅するか調査した。また、薄膜中の Sc 濃度を変化させた c 軸傾斜 ScAlN 薄膜を作製し、 k_{15}^2 、擬似横波速度の Sc 濃度依存性についても評価した。

3. 研究の方法

図2に示すRFマグネトロンスパッタ装置を用いて c 軸傾斜 ScAlN 薄膜を作製した。これまでの研究で c 軸傾斜膜を形成時、ターゲットからのスパッタ粒子が基板に到達する際の入射角度が c 軸の配向に影響を及ぼすことがわかっている。そこでターゲット面に対する角度が 0 度、30 度、60 度、90 度となるように基板を配置し、試料を作製した。図2に示すようにターゲットの中心から 15 mm、ターゲット面から 15 mm の O 点を中心にして基板の角度は変化させた。この基板角度変化により、 k_{15}^2 値が最大となる c 軸傾斜角度 30° 付近の薄膜の形成を目指した。ScAlN 薄膜を形成するために、Al ターゲット上に Sc 粒 (99%、高純度化学) を配置した。Al ターゲットと Sc 粒が同時にスパッタされることにより ScAlN 薄膜が基板の上に成膜される。各試料において 0.05 g の Sc 粒を選別し、1.5 g (30 粒) をターゲット上に配置した。表2に成膜条件を示す。基板には、厚さ 0.5 mm の石英基板上に厚さ 130 nm の Al 下部電極膜を RF マグネトロンスパッタ法により成膜したものを使用した。

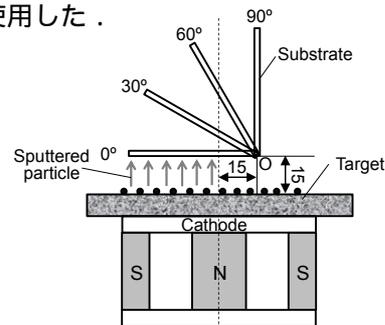


図2 RF マグネトロンスパッタ装置と基板配置

表2 成膜条件

到達圧力	$< 10^{-3}$ Pa
雰囲気ガス分圧比	Ar/N ₂ = 2
雰囲気ガス圧力	0.75 Pa
放電電力	200 W
成膜時間	80 min.
基板	Al/Silica glass
膜厚	47 nm

4. 研究成果

試料の結晶配向性は(0002)面極点 X 線回折法により評価した。図 2 に示す基板端 O 点から 1 mm 間隔で測定を行い、配向性分布も評価した。図 3 に基板角度 60 度での試料の基板端 O 点での(0002)面極点図を示す。半径方向の ψ 角度は基板面法線に対する c 軸傾斜角度、円周方向の ϕ 角度は c 軸面内方向を示している。 $\psi = 31^\circ$, $\phi = 90^\circ$ に極の集中していることから、基板角度 60 度の試料の基板端 O 点で形成された ScAlN 薄膜は、c 軸傾斜角度が 31° であり、かつ c 軸面内方向は一方向に配向していることがわかった。

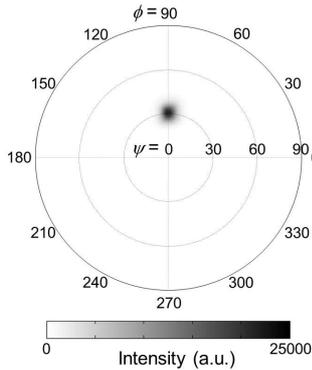


図 3 (0002)面極点図
(基板角度 60 度、基板端 O 点)

図 4 に各試料について極点 X 線回折法により測定した c 軸傾斜角度分布、 ψ 走査半値幅分布を示す。 ψ 走査半値幅は c 軸傾斜角度のバラツキを示す値である。c 軸傾斜角度は基板角度 0 度の試料では $3.3\text{--}14.2^\circ$ 、基板角度 30 度の試料では $11.0\text{--}16.8^\circ$ となり、さほど傾斜しなかった。それに対して、基板角度 60, 90 度の試料ではそれぞれ $31.3\text{--}31.7^\circ$, $38.8\text{--}42.1^\circ$ と大きく、基板角度が大きくなれば、c 軸傾斜角度も大きくなっている。

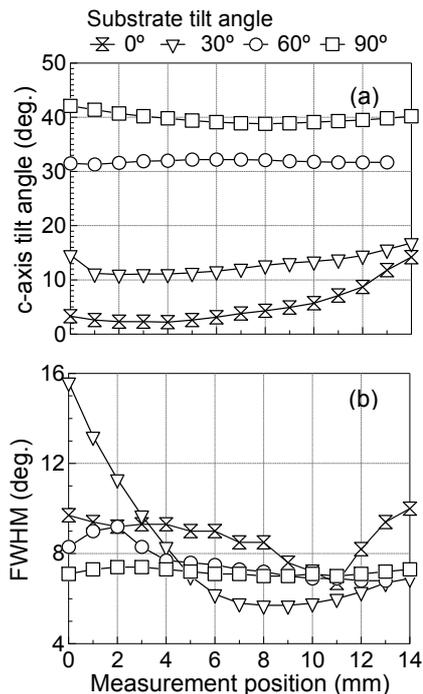


図 4 各試料の(a) c 軸傾斜角度分布と(b) ψ 走査半値幅分布

また基板角度 60 度の配置での成膜では、 $k'_{15}{}^2$ 値が最も大きくなると予想される c 軸傾斜角度が 30° 付近の ScAlN 薄膜が形成された。各試料の各点での ψ 走査半値幅は $6\text{--}10^\circ$ であり、傾斜配向膜としてはある程度良好な値を示している。また図 5 に触針段差計により測定した基板角度 60 度の試料の膜厚分布を示した。

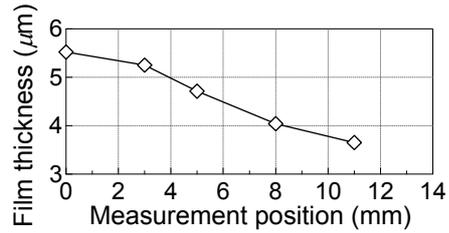


図 5 基板角度 60 度の試料の膜厚分布

膜の電気機械結合係数を測定するために、膜表面上部電極として Au 膜を真空蒸着法により成膜し、上部電極 Au 膜 (50 nm) / ScAlN 薄膜 / 下部電極 Al 膜 (130 nm) / 石英基板 (0.5 mm) の共振器構造を作製した。共振子の横波変換損失をネットワークアナライザ (Agilent Technologies E5071C) を用いて測定し、実測曲線と Mason の等価回路モデルにより計算した理論曲線を比較することで薄膜の $k'_{15}{}^2$ 値を決定した。石英基板での横波の伝搬損失は $\alpha/f^2 = 19.9 \times 10^{-16}$ [dB \cdot s 2 /m] (f : 周波数) として考慮した。等価回路モデル内の ScAlN 薄膜の誘電率および密度の値には AlN 単結晶の値を用いた。擬似横波速度は実測と理論曲線の共振周波数が一致するように調節した。図 6 に一例として基板角度 60 度の試料の基板端から O 点 (c 軸傾斜角度 = 31° , ψ 走査半値幅 = 8°) に作製した共振子の横波変換損失を示す。実測曲線と理論曲線の比較により、 $k'_{15}{}^2$ 値は 9.6 % と推定した。今回作製した薄膜は多結晶薄膜であるにもかかわらず、この $k'_{15}{}^2$ 値は AlN 単結晶の値 ($k'_{15}{}^2 = 5.3\%$, c 軸傾斜角度 = 30°) の約 180% となり、増幅している。このことから Sc を AlN に添加することで厚み縦モード電気機械結合係数 k_t と同様に擬似すべりモード電気機械結合係数 k'_{15} も増幅することがわかった。

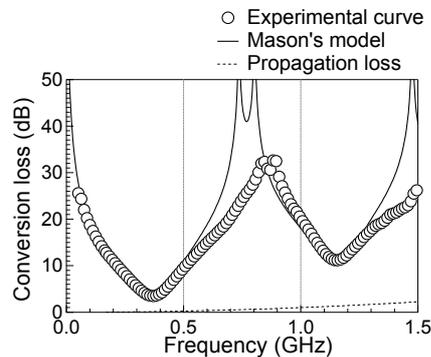


図 6 基板角度 60 度試料の基板端 O 点における横波変換損失の周波数特性

同様に基板角度 0, 30, 90 度の試料を用いて共振器を作製し、 $k'_{15}{}^2$ を評価したところ、それぞれ $k'_{15}{}^2 = 3.0\%$ (c 軸傾斜角度 = 2.6° , ψ 走査半値幅 = 9.0°), 3.1% (c 軸傾斜角度 =

11.3°, ψ 走査半値幅 = 7.0°), 6.3 % (c 軸傾斜角度 = 42.1°, ψ 走査半値幅 = 7.2°) と推定された。

図 7 に AlN 単結晶の c 軸傾斜角度と $k_{15}^{1,2}$ の関係に今回作製した c 軸傾斜 ScAlN 多結晶薄膜の $k_{15}^{1,2}$ をプロットしたものを示す。ScAlN 多結晶薄膜の $k_{15}^{1,2}$ 値は、各傾斜角度で AlN 単結晶より大きな値を示している。

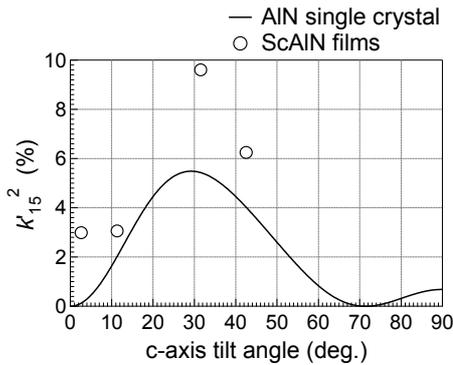


図 7 Sc 粒量 1.5 g の ScAlN 薄膜の c 軸傾斜角度と $k_{15}^{1,2}$ の関係

$k_{15}^{1,2}$ および擬似横波速度の Sc 濃度依存性を評価するために、上で示した成膜法を用いて薄膜中の Sc 濃度を变化させた c 軸傾斜 ScAlN 薄膜を作製した。Sc 濃度は Al ターゲット上の Sc 粒量変化により制御できることがわかっており、本研究では 0–2.5 g の範囲を 0.25 g 間隔で Sc 粒量を変化させ、Al ターゲット上に配置した。また Sc/Al 比が 37/63 の ScAl 合金ターゲットを使用した試料も作製した。基板は Sc 粒 1.5 g において c 軸傾斜角度 30° が実現できた基板角度 60 度に配置した。成膜条件は表 2 と同じである。

Sc 粒量を変化させた ScAlN 薄膜の結晶配向性を極点 X 線回折法により評価した。図 8 に各試料の c 軸傾斜角度分布、 ψ 走査半値幅分布を示す。Sc 粒量 0–0.75 g の低 Sc 濃度の薄膜 (図 8 (a)) では、基板端 0 点から距離が離れるほど c 軸傾斜角度が大きくなっている。また、Sc 粒量 1.0–1.5 g の薄膜 (図 8 (b)) では 0 点からの距離が離れても c 軸傾斜角度はあまり変化していない。それに対して Sc 粒量 1.75–2.00 g の高 Sc 濃度の薄膜 (図 8 (c)) では 0 点から距離が離れるほど c 軸傾斜角度が小さくなっている。同じ基板角度であるにもかかわらず、薄膜内の Sc 濃度が高くなると c 軸傾斜角度変化の傾向が低 Sc 濃度の傾向と逆になっている。この高 Sc 濃度の薄膜における変化傾向は表面が平らな合金 (Sc/Al = 37/63) を用いた試料でも観測された (図 8 (c))。このことから、Sc 粒量により c 軸傾斜角度の変化傾向が異なるのは、Sc 粒量の増加によるターゲット表面の形状変化が原因ではなく、基板表面上に到達した材料の拡散のしやすさが添加される Sc 濃度により変化しているためだと考えられる。一方、Sc 粒量が 2.25 g の薄膜 (図 8 (c)) では c 軸傾斜角度が 15–30° と小さくなっている。また高 Sc 濃度であるにもかかわらず、c 軸傾斜角度が 0 点から距離が離れるほど c 軸傾斜角度が大きくなっている。これらの結果から、Sc 粒量が 2.25 g の試料では、結晶相が六方晶から立方晶へと相転移したと推測される。

ψ 走査半値幅 (図 8 (d)) は、2.25 g 試料と合金試料を除いて、各測定位置で Sc 濃度による大きな変化はみられなかった。

上記と同様に、共振子を作製し、変換損失を測定、各試料の $k_{15}^{1,2}$ 及び擬似横波速度を推定することで、その Sc 濃度依存性を評価した。図 9 に Sc 粒量に対する c 軸傾斜 ScAlN 薄膜の $k_{15}^{1,2}$ 値と擬似横波音速変化を示す。図 9 (a) に示すように Sc 粒量が 0–2.00 g の範囲では Sc 濃度が増加するにしたがい $k_{15}^{1,2}$ 値は増大している。相境界付近と考えられる Sc 粒量 2.00 g (c 軸傾斜角度 39°) において、 $k_{15}^{1,2}$ 値はもっとも大きい 14.6 % となり、AlN 単結晶の最大 $k_{15}^{1,2}$ 値 ($k_{15}^{1,2} = 5.3\%$ 、c 軸傾斜角度 = 30°) の約 280 % となった。Sc 粒量が 2.25 g の薄膜では $k_{15}^{1,2}$ 値は急減し、2.50 g の薄膜では音波の励振が観測されなかった。この $k_{15}^{1,2}$ 値の減少は六方晶から圧電性のない立方晶への相転移が原因だと考えられる。

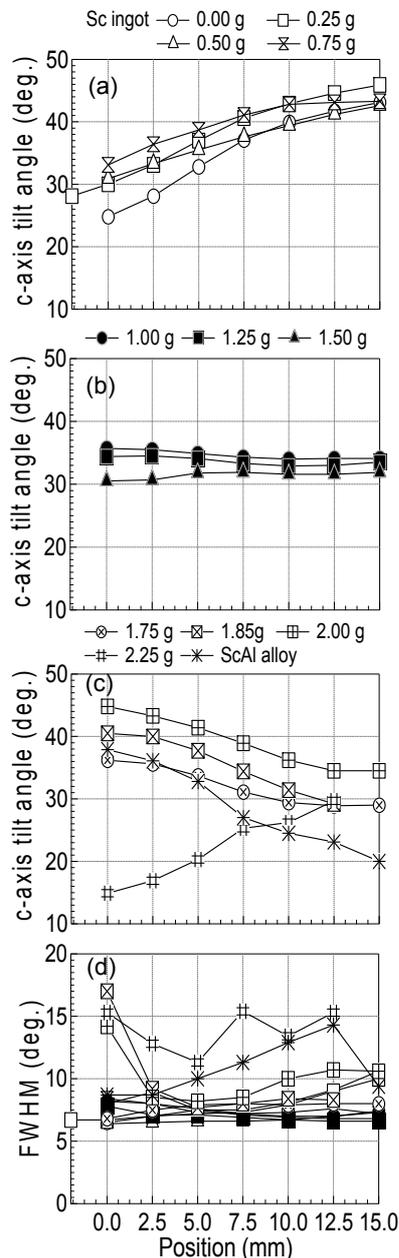


図 8 (a), (b), (c) c 軸傾斜角度分布と (d) ψ 走査半値幅分布の Sc 濃度依存性

図9(b)に示す擬似横波音速では、Sc 粒量が増大するにしたがい、音速の低下が見られた。Sc 粒量 1.85 g の薄膜において、1.75 g の薄膜より k_{15}^2 値が小さく、擬似横波が高くなっている。これはおそらく、1.85 g の薄膜の Sc 濃度が 1.75 g の薄膜より低くなっているためだと考えられる。

合金 (Sc/Al=37/63) を用いた ScAlN 薄膜 (c 軸傾斜角度 = 38°) の k_{15}^2 は 16.8 % と推定された。この値は本研究で作製した ScAlN 薄膜内で最高値であり、AlN 単結晶の最大 k_{15}^2 値の約 320 % である。

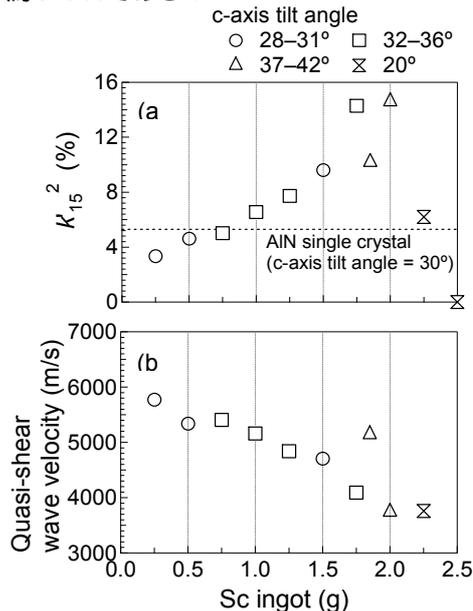


図9 Sc 濃度に対する ScAlN 薄膜の(a)電気機械結合係数 k_{15}^2 値, (b)擬似横波音速

基板面がターゲット面に対して0度、30度、60度、90度となる基板配置で、粒スパッタ法を用いて c 軸傾斜 ScAlN 膜を作製した。基板角度が大きくなると c 軸傾斜角度も大きくなり、基板角度が 60 度となるように設置することで、 k_{15}^2 が最大の c 軸が 31° 傾斜した ScAlN 薄膜が形成された。Sc 濃度の増加にしたがい k_{15}^2 値の増加と擬似横波速度の低下が見られた。ScAl 合金 (Sc/Al=37/63) を用いた相境界付近の c 軸傾斜 ScAlN 薄膜の k_{15}^2 は 16.8 % となり、AlN 単結晶の約 3.2 倍の値を示した。これは薄膜を使った横波励振効率では最大の値であり、ワールドレコードである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

1. K. Wasa, T. Matsushima, H. Adachi, T. Matsunaga, T. Yanagitani and T. Yamamoto "High-Tc/high-coupling relaxed PZT-based single crystal thin films," *J. Appl. Phys.* vol. 117, pp. 124106, (2015).
2. H. Ichihashi, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Kawabe and M. Matsukawa "Gigahertz acoustic wave velocities measurement in GaN single crystals considering acousto-electric effect," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Contr.* 61, pp. 1307-1313, (2015) (Invited).
3. T. Yanagitani, and M. Suzuki, "Electromechanical coupling and gigahertz elastic properties of ScAlN films near phase boundary," *Appl. Phys. Lett.* vol.105, pp. 122907, (2014)
4. M. Suzuki, T. Yanagitani, and H. Odagawa, "Polarity-inverted ScAlN film growth by ion beam irradiation and application to overtone acoustic wave (000-1)/(0001) film resonators" *Appl. Phys. Lett.*, 104, pp. 172905-1 - 172905-4 (2014).

5. T. Yanagitani, and M. Suzuki, "Enhanced piezoelectricity in YbGaN films near phase boundary," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104 no. 23, pp. 082911-1 - 082911-4 (2014).
6. T. Yanagitani, and M. Suzuki, "Significant shear mode softening in c-axis tilt nanostructured hexagonal thin film induced by self-shadowing effect," *Scripta mater.* vol. 69, pp. 724-727, (2013).
7. S. Takayanagi, T. Yanagitani, and M. Matsukawa, "A method for predicting thickness of unoriented layer in ZnO film using piezoelectricity distribution in depth direction," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, vol. 46, pp. 315305-1 - 315305-5, (2013).
8. H. Sano, T. Yanagitani, S. Takayanagi, T. Sugimoto, M. Matsukawa "High-performance Brillouin spectroscopy of phonons induced by a piezoelectric thin film with a coaxial microwave resonator," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Contr. (Letter)*, vol. 60, no. 5 pp. 873-876, (2013).
9. S. Takayanagi, T. Yanagitani, and M. Matsukawa, "Effect of metal mode and oxide mode on unusual c-axis parallel oriented ZnO film growth on Al/glass substrate in a reactive magnetron sputtering of Zn target," *J. Cryst. Growth*, vol. 363, pp. 22-24, (2013).
10. S. Takayanagi, T. Yanagitani, and M. Matsukawa, "Unusual growth of polycrystalline oxide film induced by negative ion bombardment in the capacitively coupled plasma deposition," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 101 no. 23, pp. 232902-1 - 232902-3 (2012).
11. S. Takayanagi, T. Yanagitani, and M. Matsukawa, "Wideband multimode transducer consisting of c-axis tilted ZnO / caxis normal ZnO multilayer," *Jpn. J. Appl. Phys.* vol. 51, no. 7 pp. 07GC08 (2012).

〔学会発表〕(計 57 件)

1. T. Yanagitani, K. Katada, M. Suzuki, K. Wasa, "Second overtone mode polarization inverted resonator consisting of (001)/(00-1) PbTiO₃ thin film" *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
2. M. Suzuki, and T. Yanagitani, "RF bias induced polarity inversion of ScAlN film for overtone mode BAW resonator" *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
3. S. Takayanagi, T. Yanagitani, M. Matsukawa, "Sezawa mode SAW with high electromechanical coupling at the boundary of polarization-inverted (000-1)/(0001) ZnO, AlN and ScAlN films" *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
4. H. Tsuneda, I. Mano, E. Hernanz, K. Mizuno, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Polarity of piezoelectric properties in bone induced by ultrasound irradiation" *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
5. C. Takata, S. Takayanagi, T. Yanagitani, M. Matsukawa, "Effect of sputtering target temperature on crystalline orientations of ZnO piezoelectric films in RF magnetron sputtering," *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
6. H. Ichihashi, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Effect of Sc concentration on shear wave velocities in ScAlN films measured by micro-Brillouin scattering technique," *2014 IEEE Ultrason. Symp.*
7. T. Yanagitani, K. Katada, M. Suzuki, K. Wasa, "High electromechanical coupling in PZT epitaxial thick film resonators at 550 °C," *Proc. IEEE Freq. Contr. Symp.* pp. 121-123, (2014).
8. K. Katada, T. Yanagitani, M. Suzuki, K. Wasa, "Second harmonic mode polarization inverted resonator consisting of PbTiO₃ thin film," *Proc. IEEE Freq. Contr. Symp.* pp. 119-120, (2014).
9. T. Yanagitani, M. Suzuki, K. Wasa, "Characterization of GHz electromechanical properties of PZT single crystalline thin films without removing substrate" *IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium*
10. M. Suzuki, T. Yanagitani, I. "Enhancement of electromechanical coupling kt in rare earth doped c-axis oriented GaN films" *2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium*
11. M. Suzuki, T. Yanagitani, "Electromechanical coupling kt and GHz longitudinal wave velocity in ScAlN films near phase boundary" *IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium*
12. K. Wasa, T. Matsushima, H. Adachi, T. Matsunaga, T. Yanagitani, T. Yamamoto, S. Trolier-McKinstry, "PZT-based high coupling with low permittivity thin films" *IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium*
13. K. Yoshida, T. Yanagitani, T. Kawamoto, S. Sasaki, M. Oba, Y. Kato, S. Takayanagi, Y. Watanabe, "Detection of antigen-antibody reaction by thickness-shear mode resonators consisting of caxis parallel oriented ZnO films" *IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium*
14. R. Hashimoto, T. Yanagitani, Ryo Ikoma, S. Takayanagi, M.

- Suzuki, H. Odagawa, M. Matsukawa, "Polarity control of c-axis oriented ZnO films and application to jointly-inverted to ZnO multilayer resonators" IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium
15. H. Ichihashi, T. Sugimoto, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Shear and longitudinal GHz elastic properties in GaN single crystals determined by Brillouin scattering method" IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium
 16. S. Takayanagi, T. Yanagitani, M. Matsukawa "Orientation control of ZnO films by highly-energetic positive ion irradiation using RF substrate bias sputtering" IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium
 17. Y. Kato, T. Yanagitani, K. Imamura, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Multiple roundtrip SH-SAW liquid sensor using c-axis parallel oriented ZnO films on silica glass pipe" IEEE 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium
 18. H. Tsuneda, M. Okino, K. Mizuno, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Electrical potentials in wet induced by ultrasound irradiation" European Symposium on Ultrasonic Characterization of Bone
 19. T. Yanagitani, M. Suzuki, K. Wasa, "High electromechanical coupling of PMnN-PZT thin film resonator operating in the GHz range," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012) 2012年10月9日
 20. T. Yanagitani, M. Suzuki, N. Suganuma, "Metal grain ingot sputtering method for ScAlN film fabrication and for searching alternative element of Sc," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 21. M. Suzuki, T. Yanagitani, H. Odagawa, "Polarization inverted (0001) / (000-1) ScAlN film resonators operating in second overtone mode," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 22. S. Takayanagi, T. Yanagitani, M. Matsukawa, "Fabrication of c-axis parallel oriented AlN and ScAlN films by RF bias sputtering," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 23. R. Ikoma, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Suzuki, H. Odagawa, M. Matsukawa, "Polarization control of the c-axis oriented ZnO films by ion bombardment during an RF magnetron sputtering," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 24. M. Okino, Katsunori M., S. Takayanagi, D. Suga, T. Yanagitani, M. Matsukawa, "Bone ultrasound transducer in the MHz range," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 25. Y. Kato, T. Yanagitani, M. Matsukawa, M. Sawasaki, T. Kawamoto, Y. Mori, S. Takayanagi, S. Sasaki, M. Oba, Y. Watanabe, "Micro liquid viscometer by thickness-shear mode resonator with c-axis parallel oriented ZnO film," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 26. T. Sugimoto, T. Yanagitani, S. Takayanagi, M. Matsukawa, "Fast hypersonic velocity measurement by Brillouin scattering from induced phonons," 2012 IEEE International Ultrason. Symp. (2012)
 27. 常田裕子, 松川真美, 真野功, 水野勝紀, 柳谷隆彦, 高柳真司, 松川真美 「超音波照射による骨中誘発電位の極性について」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2015
 28. 鈴木雅視, 柳谷隆彦 「陽極 RF バイアス法による 2 次モード (000-1)/(0001)ScAlN FBAR」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2015
 29. 柳谷隆彦, 市橋隼人, 鈴木雅視, 高柳真司, 松川真美 「ScAlN 薄膜における弾性定数テンソルの Sc 濃度依存性」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2015
 30. 小田川裕之, 寺田浩士朗, 西川宏明, 柳谷隆彦, 長康雄 「走査型非線形誘電率顕微鏡による層状構造圧電薄膜の極性評価」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2015
 31. 小林勇太, 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 荒川元孝, 大橋雄二 「基板付き圧電薄膜の kt 評価法の比較」 ~ 共振反共振法、共振スペクトル法および変換損失による方法 ~ 」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2015
 32. 柳谷隆彦, 片田克吉, 鈴木雅視, 和佐清孝, 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014, 「エピタキシャル PZT 系厚膜の高温 550 °C における高い電気機械結合係数」
 33. 片田克吉, 柳谷隆彦, 鈴木雅視, 和佐清孝, 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014, 「PZT 系エピタキシャル薄膜を用いた二次モード分極反転共振器」
 34. 鈴木雅視, 片田克吉, 柳谷隆彦, 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014, 「c 軸傾斜 ScAlN 薄膜の擬似すべりモード電気機械結合係数」
 35. 市橋隼人, 柳谷隆彦, 高柳真司, 松川真美, 「音響電気効果を考慮した GaN 単結晶の GHz 域音速の温度・周波数分散測定」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 36. 高柳真司, 柳谷隆彦, 松川真美, 「RF バイアスパッタ法による高エネルギー正イオン照射を用いた六方晶系圧電薄膜の配向制御」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 37. 和佐清孝, 松嶋朝明, 足立秀明, 松永利之, 柳谷隆彦, 山本孝, 「Bi(Me)O₃-PbTiO₃ 高キュリー温度セラミックスの単結晶薄膜化」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 38. 橋本亮介, 高柳真司, 柳谷隆彦, 松川真美, 「RF バイアス三極パッタ法によるイオン照射を用いた O 面, Zn 面, a 面および m 面 ZnO 薄膜の配向制御」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 39. 常田裕子, 都築温美, 水野勝紀, 柳谷隆彦, 高柳真司, 松川真美, 「超音波照射により皮質骨に発生する誘発電位の検討」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 40. 加藤善也, 柳谷隆彦, 高柳真司, 日山彰子, 横山晋哉, 松川真美, 「c 軸平行配向 ZnO 膜平面 円管状石英上を伝搬する SH-SAW の液体センサ応用」 圧電材料・デバイスシンポジウム 2014
 41. 柳谷隆彦, 鈴木雅視, 和佐清孝, 「GHz 帯超音波励振を用いたエピタキシャル PZT 薄膜の分極反転挙動観察」 第 34 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
 42. 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 開催日 「イオンビーム照射成膜による c 軸垂直配向希土類 GaN 薄膜の形成」 第 61 回応用物理学会春季学術講演会
 43. 片田克吉, 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 和佐清孝, 「エピタキシャル PZT 厚膜を用いた高温 600 °C における高効率超音波励振」 日本音響学会春季研究発表会
 44. 市橋隼人, 柳谷隆彦, 高柳真司, 川部昌彦, 松川真美 「180°, 90R 散乱配置を用いた Brillouin 散乱計測による GaN の弾性定数測定」 第 62 回応用物理学会春季学術講演会
 45. 橋本亮介, 高柳真司, 柳谷隆彦, 松川真美 「RF バイアス三極パッタ法におけるイオン照射を利用した O 面, Zn 面, a 面および m 面 ZnO 薄膜の形成」 第 62 回応用物理学会春季学術講演会
 46. 高田千裕, 高柳真司, 柳谷隆彦, 松川真美 「RF マグネトロンスパッタ法における ZnO ターゲット温度が c 軸平行配向 ZnO 膜の形成に及ぼす影響」 第 62 回応用物理学会春季学術講演会
 47. 柳谷隆彦, 松川真美, 渡辺好章 「平行配向 ZnO 圧電薄膜を用いた液中横波励振デバイス」 マイクロ EM デバイス・システムと IC の融合化技術調査専門委員会
 48. 鈴木雅視, 柳谷隆彦 「講演奨励賞受賞記念講演 イオンビーム照射成膜による AlN 薄膜の極性・配向制御および極性反転多層構造の形成」 第 7 4 回応用物理学会秋季学術講演会
 49. 生駒 遼, 柳谷隆彦, 高柳真司, 鈴木雅視, 小田川 裕之, 松川真美, 「c 軸配向 ZnO 薄膜における基板へのイオン照射を用いた Zn 面または O 面極性制御」, 第 33 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム,
 50. 伊藤 一也, 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 「巨大圧電性 (0001) ScAlGaIn 薄膜」, 第 33 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム,
 51. 高柳真司, 柳谷隆彦, 今村 功祐, 生駒 遼, 杉本 剛士, 松川真美, 「c 軸傾斜配向 ZnO 膜/石英基板構造のレイリ- SAW における高い電気機械結合係数」, 第 33 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム,
 52. 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 小田川 裕之, 「Al₂O₃ 粒スパッタ法による (0001)配向 ScAlN 薄膜の極性制御と極性反転共振器」, 第 33 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム,
 53. 沖野 正裕, 水野 勝紀, 柳谷隆彦, ケテル サビーン, 松川真美, 「MHz 域における骨の電気機械変換特性」, 第 33 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム,
 54. 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 「c 軸垂直極性反転 ScAlN 多層膜を用いた高次モード音響共振器」, 日本音響学会 2012 年秋季研究発表会,
 55. 鈴木雅視, 柳谷隆彦, 小田川裕之, 「イオンビーム照射成膜による(0001)配向 ScAlN 薄膜の極性制御と極性反転構造の実現」, 第 73 回応用物理学会学術講演会
 56. 生駒 遼, 柳谷隆彦, 高柳真司, 鈴木雅視, 小田川裕之, 松川真美, 「RF マグネトロンスパッタ法における基板へのイオン照射を用いた c 軸配向 ZnO 薄膜の極性制御」, 第 73 回応用物理学会学術講演会
 57. 高柳真司, 柳谷隆彦, 松川真美, 「RF バイアスパッタ法による c 軸平行配向 AlN 及び ScAlN 薄膜の形成」, 第 73 回応用物理学会学術講演会
- 〔図書〕(計 1 件)
「次世代医療・ヘルスケア機器のデバイス技術と最新開発事例集」 分担執筆、柳谷隆彦、横波モード圧電薄膜共振器を用いた抗原抗体反応 MEMS センサの開発」
出版社：技術情報協会 (2014), pp. 142 - 148
〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)
名称：薄膜の配向制御方法及び薄膜製造方法
発明者：藤澤隆志、川本貴之、森嘉一、渡辺好章、柳谷隆彦、権利者：オムロン株式会社、学校法人同志社、名古屋工業大学 種類：特願
番号：2012-134137 出願年月日：平成24年6月13日
国内外の別：国内 取得状況 (計 2 件)
1. 名称：薄膜製造方法 発明者：柳谷隆彦、木内正人
権利者：独立行政法人産業技術総合研究所
種類：特許 番号：5007973号
出願年月日：平成19年4月3日 取得年月日：平成24年6月8日
国内外の別：国内
2. 名称：薄膜製造方法 発明者：西尾英俊、鶴岡宜崇、森嘉一、渡辺好章、柳谷隆彦、川本貴之
権利者：独立行政法人産業技術総合研究所 種類：特許
番号：5217051号 出願年月日：平成18年11月27日 取得年月日：平成24年6月8日
国内外の別：国内
6. 研究組織
(1)研究代表者
柳谷 隆彦 (Takahiko Yanagitani)
名古屋工業大学 工学研究科 助教
研究者番号：10450652