

窒化物圧電薄膜への元素添加の影響

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2019

■ はじめに

圧電体とは、圧力を加えると電気エネルギーを生じ、また、電気エネルギーを加えると伸縮する性質を持った材料である。圧電体の一種である窒化アルミニウム(AIN)の結晶構造は、図1に示すようにウルツ鉱型であり、 c 軸方向に自発分極を持っている。そのため、 c 軸に配向させることで圧電性を持つ薄膜を作ることができる。AINは、代表的な圧電体であるチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)に比べて圧電性は低いものの、比誘電率が低く、ヤング率が高い、といった特徴がある。これらの特徴から、センサーやスマートフォンの高周波フィルターに用いられており、近年、5G回線など、通信に利用する周波数帯の広がりに伴い、更なる圧電性の向上が求められている。

これまでに、AINにスカンジウム(Sc)を添加すると圧電性が飛躍的に向上するという研究結果が報告されている^[1]。しかし、Scは非常に高価な材料であり、代替元素の探索が行われている。本研究では、AINにSc以外の元素を添加し、圧電特性や結晶構造などへの影響を調査している。

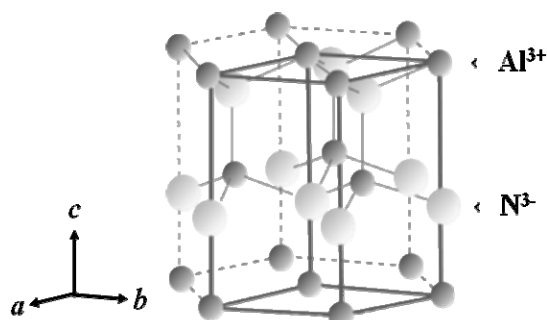


図1 AINの結晶構造

■ 活動内容

1. 元素添加したAIN薄膜の作製

●多元同時スパッタリング法

試料は、多元同時スパッタリング法により、Si基板上にAlと添加元素とを同時にスパッタリングし、窒素と反応させることで作製している。

●実験計画法(L9直行表)による成膜条件最適化

主な成膜条件として、カソード出力、圧力、窒素濃度、基板温度の4つがある。これらが試料の組成や配向性に影響を与える因子となっており、最適な組み合わせを

見つける必要がある。しかし、1つ1つの因子を変えながら最適化するには膨大な実験数が必要となる。そこで、実験計画法(L9)により、それぞれの因子が圧電性に及ぼす効果を調べ、効果の大きい因子から順に最適化を行っている。これまでに、圧電定数 d_{33} をおよそ2倍に増加させる元素を見出すことができた。

2. 元素添加の影響評価

●圧電定数 d_{33}

元素添加の圧電性への影響を評価するため、試料表面にAl電極を蒸着し、ピエゾメーターを用いて圧電定数 d_{33} を測定している。

●ヤング率

Sc添加による圧電性の向上の主要因は、軟化であると考えられている^[2]。そこで、ナノインデンテーション法を用いて、薄膜のヤング率を評価している。

●格子定数

Sc添加によって格子定数比 c/a が減少する傾向にあることが報告されており^[1]、結晶格子の変化が圧電性の向上に関係していると考えられる。元素添加による結晶格子の変化を調べるため、X線回折装置を用いて c 軸および a 軸の格子定数の評価を行っている。 c 軸はOut-of-Plane法、 a 軸はIn-Plane法によって測定している。 c 軸配向した薄膜において、Out-of-Plane法では(002)のみ、In-Plane法では(100)、(110)、(200)のピークが確認できるので、格子定数を見積もることができる。また、(002)のロックアップカーブを測定し、その半値幅で配向性を評価している。上記の圧電性を増加させる元素添加では、格子定数は元素添加により c 軸、 a 軸ともに増加し、 c/a は減少することが分かった。

●放射光による測定

今後、放射光を用いたX吸収法等により、元素添加による配位構造や結合状態の変化を明らかにしたい。

■ 参考文献

- [1] Akiyama et al., Adv. Mater., 21, 593-596 (2009).
- [2] F. Tasnadi et al., PRL, 104, 137601 (2010).

代表発表者 **天野 雄貴(あまの ゆうき)**
 所 属 **九州大学大学院 総合理工学府
 産業技術総合研究所 製造技術研究部門**
 問合せ先 **〒816-8580 福岡県福岡市春日公園 6-1
 筑紫キャンパス総合研究棟(C-CUBE) 702
 TEL: 0942-81-3689 FAX: 0942-81-3627
 E-mail: amano.yuki.000@s.kyushu-u.ac.jp**

■キーワード: (1) 圧電薄膜
 (2) 窒化アルミニウム
 (3) スパッタリング
 ■共同研究者: 上原雅人
 (産業技術総合研究所、九州大学)
 山田浩志
 (産業技術総合研究所、九州大学)
 平田研二(産業技術総合研究所)