Yb 添加による AlN 薄膜の圧電性の向上

Improvement of Piezoelectric Properties in AlN Thin Film by Yb addition

九大総理工 [1]，産総研 [2]　○(M1C)天野 雄貴 [1]，上原 雅人 [1,2]，Anggraini Sri Ayu[2]，平田 研二 [2]，山田 浩志 [1,2]，秋山 守人 [2]

Kyushu Univ. [1], AIST [2],　°(M1C)Yuki Amano[1], Masato Uehara[1,2], Sri Ayu Anggraini[2], Kenji Hirata[2], Hiroshi Yamada[1,2], Morito Akiyama[2]

E-mail: m.uehara@aist.go.jp

【緒言】AlN はウルツ鉱型結晶であり、その *c* 軸配向膜は、圧電体としてセンサやスマートフォンの高周波フィルタに用いられている。秋山らは、Sc 添加によって AlN の圧電定数が飛躍的に向上することを見出した [1]。次世代高周波フィルタへの利用が期待されているが、Sc は高価であり、代替元素の探索が行われている。柳谷らは Yb を添加した $Yb_xAl_{1-x}N$ において、x=0.1~0.27 で電気機械結合係数 k_t^2 が向上すると示している [2]。本研究では、実験計画法により成膜条件を検討し、AlN 圧電薄膜の圧電定数 d_{33} や結晶構造に関する Yb 添加効果を調べた。

【実験方法】試料は、n 型 Si(100)基板上に Al と Yb の金属ターゲットを用いて、窒素／アルゴン混合ガス中で反応性多元同時スパッタリング法により作製した。実験計画法により成膜条件(カソード出力、圧力、窒素濃度、基板温度)の圧電定数 d_{33} に及ぼす効果を調べ、成膜条件の最適化を行った。d_{33} は試料表面に Al 上部電極を蒸着した後に、ピエゾメータにより測定した。*c* 軸の格子定数を Out-of-Plane 法、*a* 軸の格子定数を In-Plane 法による XRD 測定から見積った。また、薄膜のヤング率をナノインデンテーション法により評価した。

【結果および考察】成膜条件の最適化を行った結果、圧力を 0.25Pa、窒素濃度を 40%、基板温度を 350℃とし、Yb カソード出力を変化させて添加量の異なる試料を作製した。Yb 添加による圧電定数 d_{33} の変化を Fig.1 に示す。Yb 添加量とともに d_{33} は増加した。添加量 0.10 以下でも AlN に比べて d_{33} を増加させる効果があることが分かった。また、0.27 以上でもウルツ鉱型結晶の *c* 軸配向膜を得ることができた。d_{33} は添加量 0.33 で最も大きくなり、AlN の 2 倍程度にまで向上した。添加量 0.37 以上で d_{33} は低下した。このとき、著しい結晶性の低下が確認された。添加量 0.39 ではほとんど圧電反応は確認できなかった。格子定数は、Yb 添加量が増えるにつれ、*c* 軸、*a* 軸ともに増加した。*a* 軸の変化率が *c* 軸よりも大きく、格子定数比 *c/a* は減少した。ヤング率は、Yb 添加により低下した。これは Sc 添加と同様の傾向であり、Yb 添加においても d_{33} の増加には軟化が影響していると考えられる。

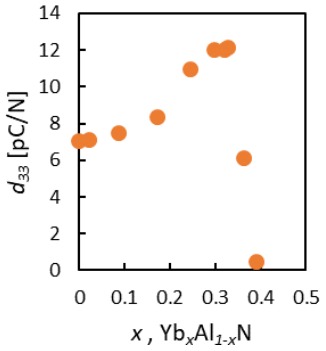

Fig.1 Dependence of piezoelectric coefficient d_{33} on Yb concentration.

【参考文献】

1) Akiyama et al., Adv. Mater., 21, 593–596 (2009)
2) 柳谷ら，特開 2017-201050 (P2017-201050A)