

分極反転させた AlScN 膜中の元素の化学結合状態の HAXPES 評価

HAXPES evaluation of the chemical bond state of the elements in the polarization-inverted AlScN film

東京都市大学¹, 東工大², 高輝度光科学研究センター³,

○(M2) 辻口 良太¹, (M1) 桐原 芳治¹, 角嶋 邦之², 保井 晃³, 野平 博司¹

Tokyo City Univ.¹, Tokyo Institute of Technology.², JASRI³,

○Ryota Tsujiguchi¹, Yoshiharu Kiriha¹, Kuniyuki Kakushima², Akira Yasui³, Hiroshi Nohira¹

E-mail: g2081241@tcu.ac.jp

1. はじめに 不揮発性メモリのさらなる低消費電力化と高速スイッチング化の実現が期待できることから、強誘電体材料が活発に研究されている。近年、 $100\mu\text{C cm}^{-2}$ 以上の大きな残留分極と箱型のヒステリシスを持つ $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜を用いた強誘電体キャパシタが注目されている。 $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜の強誘電性は、膜厚 20 nm で確認されており [1]、不揮発性メモリへの応用が期待されている。 $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜のバンドギャップ (E_g) は、経験的に $E_g(x) = -9.5x + 6.2 (\text{eV})$ で表されることから、 $(0 < x < 0.34)$ x が 0.2 から 0.3 の $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜は、それぞれ E_g が 4.3 から 3.4 eV となり、広いバンドギャップを持つ絶縁体とみなすことができる。 AlScN の分極モデル [2] として Fig. 1(a) が提案されているものの、どのような機構で分極が生じるかの詳細は明らかとなっていない。本研究では $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜の残留分極の起源を探るために電圧印加で分極を発生させた $\text{Al}_{1-x}\text{Sc}_x\text{N}$ 膜中の Al、Sc、N の化学結合状態を HAXPES により測定したので報告する。

2. 実験方法

$\text{Ni}(5\text{nm})/\text{TiN}(30\text{nm})/\text{Al}_{0.74}\text{Sc}_{0.26}\text{N}(50\text{nm})/\text{TiN}(50\text{nm})/\text{n}^+\text{-Si}(100)$ 構造の試料を作製し、電圧を加えていない試料 1-0 (as-depo)、電圧 +21V を加えて下向き分極とした試料 1-1 (switching = 0)、試料 1-1 に電圧 -21V を加えて上向き分極とした試料 1-2 (switching = 1) の 3 種類を用意した。これらの試料を、SPring-8 の BL47XU ($h\nu = 7940 \text{ eV}$) で HAXPES 測定した。光電子の脱出角度 (TOA) は 80° で、測定光電子は N 1s、Ti 2p、Ni 2p、Sc 1s、Al 1s、valance band である。

3. 結果 Fig. 1(b) に試料 1-0 (as-depo)、試料 1-1 (Down) と試料 1-2 (Up) の Al 1s、Sc 1s の光電子スペクトルの測定結果を示す。ここで、形状の変化をわかりやすくするために、各スペクトルの面積で規格化した。Fig. 1(b) からわかるように Sc 1s スペクトルは、試料 1-2 (上向き分極) において低結合側の信号が高結合側の信号より多く観測された。これは上向き分極、すなわち下向きの電界が生じ、このために光電子の運動エネルギーが増加 (= 低結合エネルギー側に

シフト) したとすることで説明できる。また、Sc 1s 光電子の全スペクトル強度は Down よりも Up の時、わずかに減少した。これは、Sc 原子の位置が下向き分極の時よりも上向き分極の時の方が試料表面側に移動していると考えたと説明できる。Al 1s 光電子スペクトルの変化も含めて、詳細な解析結果は当日報告する。

謝辞 放射光実験は、大型放射光施設の BL47XU を用いて、高輝度光科学研究センターの承認 (JASRI, Proposal No. 2021A1482) によって実行された。

参考文献

- [1] S.-L. Tsai, T. Hoshii, H. Wakabayashi, K. Tsutsui, and K. Kakushima, Ext. Abstr. of the Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, 2020, p. A-1-05.
- [2] S.A. Anggraini, M. Uehara, K. Hirata, H. Yamada, M. Akiyama, SCIENTIFICREPORTS, 2020, 10:4369.

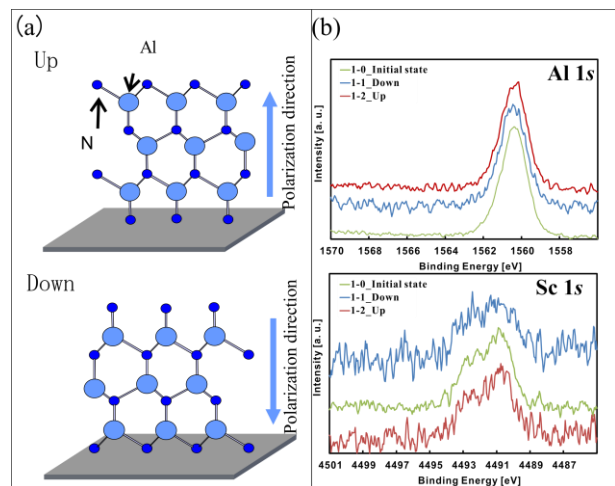


Fig1. (a) Illustration of thin film with up and down polar, (b) Comparison of Al 1s and Sc 1s photoelectron spectra of samples 1-0 (as-depo), 1-1 (down), and 1-2 (up) measured using HAXPES.