

# 薄膜化した $(Al_{1-x}Sc_x)N$ 膜における結晶性・強誘電特性の Sc 組成比依存性 Dependence of crystallinity and ferroelectricity on Sc content in thin $(Al_{1-x}Sc_x)N$ films

キヤノンアネルバ<sup>1</sup>, 東京科学大<sup>2</sup>

○(D)道古 宗俊<sup>1,2</sup>, 松井 尚子<sup>1</sup>, 入澤 寿和<sup>1</sup>, 恒川 孝二<sup>1</sup>,

Nana Sun<sup>2</sup>, 中村 美子<sup>2</sup>, 岡本 一輝<sup>2</sup>, 舟窪 浩<sup>2</sup>

Canon ANELVA<sup>1</sup>, Science Tokyo<sup>2</sup>

○Soshun Doko<sup>1,2</sup>, Naoko Matsui<sup>1</sup>, Toshikazu Irisawa<sup>1</sup>, Koji Tsunekawa<sup>1</sup>,

Nana Sun<sup>2</sup>, Yoshiko Nakamura<sup>2</sup>, Kazuki Okamoto<sup>2</sup>, and Hiroshi Funakubo<sup>2</sup>

E-mail: doko.s.1884@m.isct.ac.jp

**【緒言】** ウルツ鉱構造を持つ  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜は大きな残留分極値を持ち、優れた強誘電特性を示すことから、FeRAM を含む強誘電体メモリ向け材料として研究されている<sup>[1]</sup>。FeRAM をロジック混載メモリプロセスに適用する際、メモリ素子の膜厚を薄くすることで、従来の構造・プロセスを大きく変える必要がなくなる。 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜を FeRAM へ適用するには、メモリ素子全体を薄膜化することが重要となる。これまで我々は薄膜化について評価を行い、Pt 下部電極膜厚 5 nm、 $(Al_{0.9}Sc_{0.1})N$  膜厚 30 nm の、合わせて 35 nm までの薄膜化に成功した<sup>[2]</sup>。先行研究により、約 140 nm で成膜した  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜において、Sc 組成比増加により抗電界 ( $E_c$ ) の低減が可能であることが報告されている<sup>[3]</sup>。しかし、下部電極材料及び  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜を薄膜化した場合において、Sc 組成比を増加したことによる結晶性・強誘電特性への影響はまだ十分に評価がなされていない。今回、Pt 下部電極及び  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜を薄膜化したサンプルにおける、結晶性及び強誘電特性に対する Sc 組成比依存性評価を行った。

**【実験方法】** 300 mm wafer 対応のマグネトロンスパッタ装置 (Canon ANELVA, NC7940) を用いて、熱酸化膜付き 300 mm Si wafer 上に、Pt 下部電極を 5 nm 成膜した後、 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜を種々の Sc 組成で 30 nm 成膜した。上部電極は Pt を用いた。 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜は Ar/N<sub>2</sub> 雰囲気中で加熱成膜を行った。結晶性の評価は XRD 分析を用いた。強誘電特性の評価は Positive-Up-Negative-Down (PUND) 測定を用いて行った。

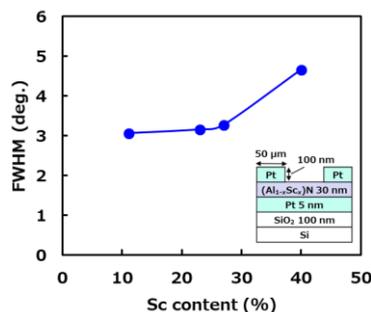


Fig. 1 FWHM obtained from  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  (002) rocking curve as a function of Sc content.

**【結果と考察】** 種々の Sc 組成比で成膜したサンプルにおける、 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  (002) ピークの XRD ロッキングカーブ測定結果を Fig. 1 に示す。Sc 11%-27%の組成において、FWHM は約 3 度を維持しており、変化は微小であった。Sc 40%では、FWHM は 4.7 度まで増加した。薄膜化した  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜は、Sc 組成比を 27%まで増やしても  $c$  軸配向性が維持できると考えられる。PUND 測定によって得られた、種々の Sc 組成比で成膜した  $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜における、電界印加からの経過時間に対するスイッチング電流値を Fig. 2 に示す。Sc 11%-27%の組成において、一定のスイッチング電流、スイッチング時間が確認できた。一方、Sc 40%においては、スイッチング時間が増加した。Fig. 1 で示した、FWHM の結果と合わせると、 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜の  $c$  軸配向性の減少と相関があると考えられる。今回の評価によって、Pt 下部電極膜厚 5 nm、 $(Al_{1-x}Sc_x)N$  膜厚 30 nm の、合わせて 35 nm まで薄膜化したサンプルにおいて、Sc 組成比を 27%まで増加させても  $c$  軸配向性を維持し、安定したスイッチング特性を確認できた。

**【謝辞】** この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP21009) の結果得られたものです。

## 【参考文献】

- [1] S. Fichtner *et al.*, *J. Appl. Phys.* 125, 114103 (2019).
- [2] S. Doko *et al.*, *IEEE IMFEDK*, R09 (2024).
- [3] S. Yasuoka *et al.*, *J. Appl. Phys.* 128, 114103 (2020).

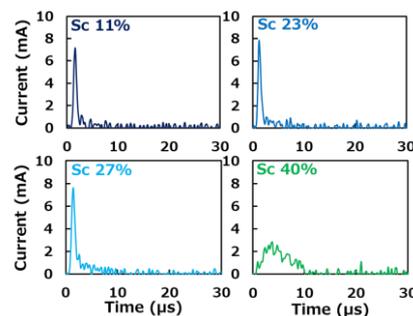


Fig. 2 Switching current as a function of elapsed time since unipolar bias was applied for films with various Sc content.