

**AlN 微粒子を均一に添加した多層  $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$  薄膜の強誘電体特性の評価**  
**Evaluation of ferroelectric properties on multilayer  $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$  thin films with**  
**uniformly doped AlN nanocluster**  
 ルネサスエレクトロニクス株式会社 <sup>○</sup>高野 貴裕, 山口 直, 大森和幸, 村中 誠志  
 Renesas Electronics Corporation, <sup>○</sup>Takahiro Kono, Tadashi Yamaguchi, Kazuyuki Omori,  
 Seiji Muranaka,  
 e-mail:takahiro.kono.vj@renesas.com

**【はじめに】**

近年、 $\text{HfO}_2$  系の強誘電体薄膜は、CMOS 製造プロセスとの親和性が高く、低電圧で動作可能な不揮発性メモリ素子材料として高い注目を集めている。先行研究において、 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$  (HZO) 膜中へ Al や Si の微量添加により FeFET の信頼性や特性バラツキが改善することを報告している[1-3]。一方、デバイスのスケーリングに対して、強誘電体膜の薄膜化による残留分極の低下が課題である。今回、HZO 膜中の添加量をより精密に制御できる窒化アルミニウム(AlN)微粒子を導入して 6nm の HZO 膜を試作し、AlN の添加量および添加回数に対する残留分極および書き換え耐性を調べた。

**【実験】**

図 1 に、MFM キャパシタの試作フローを示す。素子分離(STI)した P+/P 型 Si 基板表面に 5nm の TiN を成膜した後、ALD 法にて非晶質 HZO 膜の堆積と AlN の微量添加を繰り返して 6nm の HZO 膜を形成した。本実験では、1 サイクルあたりの HZO 膜の膜厚を 0.8nm、1.5nm および 3nm として AlN を添加した試料(HZO 8 層、4 層、2 層)を準備した。また、1 回あたりの AlN の添加量は  $2.5 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$  として、総添加量を  $1 \times 10^{13} \sim 7 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$  とした。上部電極として 5nm の TiN を成膜した後、 $\text{N}_2$  雰囲気中で  $500^\circ\text{C}$ 、10 秒にて HZO 膜を結晶化した。最後に  $\alpha$ -Si を成膜し、B 注入および活性化アニール後に電極をパターニングして Poly-Si/TiN/HZO/TiN/Si キャパシタを作製した。

**【結果と考察】**

図 2 に、AlN の総添加量に対する残留分極(2Pr)を示す。AlN の添加量が少ないほど残留分極が大きい。また、1 サイクルあたりの HZO 膜の膜厚が薄いほど残留分極が大きい。図 3 に、AlN の総添加量が HZO 2 層で  $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  および HZO 8 層で  $1.75 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  である HZO 膜に  $\pm 3 \text{ MV/cm}$  を印加した際の書換回数に対する Pr の変化(エンデュランス)を示す。1 サイクルあたり 3nm で成膜した HZO 2 層に対して、1 サイクルあたり 0.8nm で成膜した HZO 8 層は初期 Pr も大きく、100k 回後の疲労劣化も小さい。添加する HZO 膜の層数を増やすことで AlN による結晶性改善効果が膜中で均一に広がり、書き換え耐性が良くなったと考えられる。

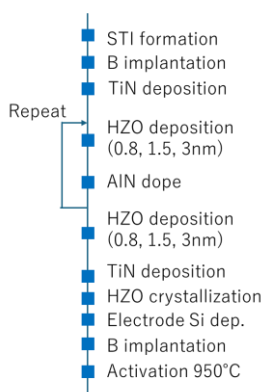


Fig. 1. Fabrication flow of MFM capacitor

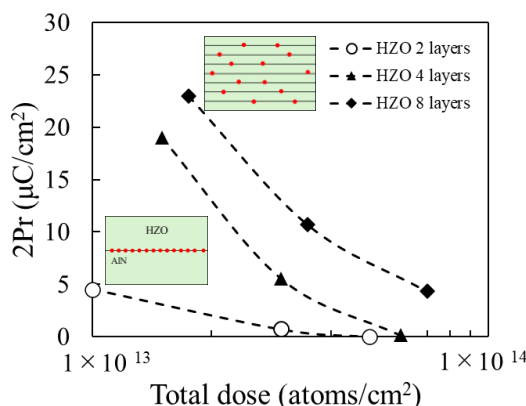


Fig. 2. Remanent polarization of HZO films as a function of AlN dose

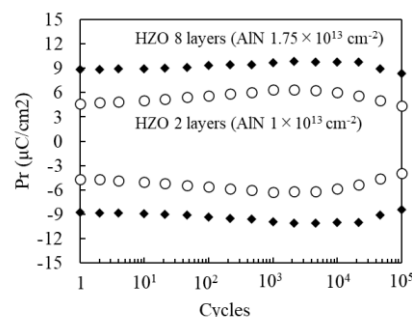


Fig. 3. Endurance characteristics of multilayer HZO film

References

- [1] T. Yamaguchi, et. al., IEDM 2018, p. 165.
- [2] K. Maekawa, et. al., IEDM 2019, p. 350.
- [3] T. Ohara, et. al., SSDM 2019, p. 577