

3次元アトムプローブ法による  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜中の水素分布評価Hydrogen Distribution Analysis in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Film by Atom Probe Tomography

1. 東北大金研、2. 東京都市大、3. ルネサスエレクトロニクス (株)、  
4. ルネサスセミコンダクタマニュファクチャリング (株)

○清水 康雄<sup>1</sup>, 韓 斌<sup>1</sup>, 井上 耕治<sup>1</sup>, 矢野 史子<sup>2</sup>, 井上 真雄<sup>3</sup>,  
国宗 依信<sup>4</sup>, 島田 康弘<sup>4</sup>, 片山 俊治<sup>4</sup>, 井手 隆<sup>4</sup>, 永井 康介<sup>1</sup>

1. IMR Tohoku Univ., 2. Tokyo City Univ., 3. Renesas Electronics Corp.,  
4. Renesas Semiconductor Manufacturing Co., Ltd.

○Yasuo Shimizu<sup>1</sup>, Bin Han<sup>1</sup>, Koji Inoue<sup>1</sup>, Fumiko Yano<sup>2</sup>, Masao Inoue<sup>3</sup>,

Yorinobu Kunimune<sup>4</sup>, Yasuhiro Shimada<sup>4</sup>, Toshiharu Katayama<sup>4</sup>, Takashi Ide<sup>4</sup>, Yasuyoshi Nagai<sup>1</sup>

E-mail: yshimizu@imr.tohoku.ac.jp

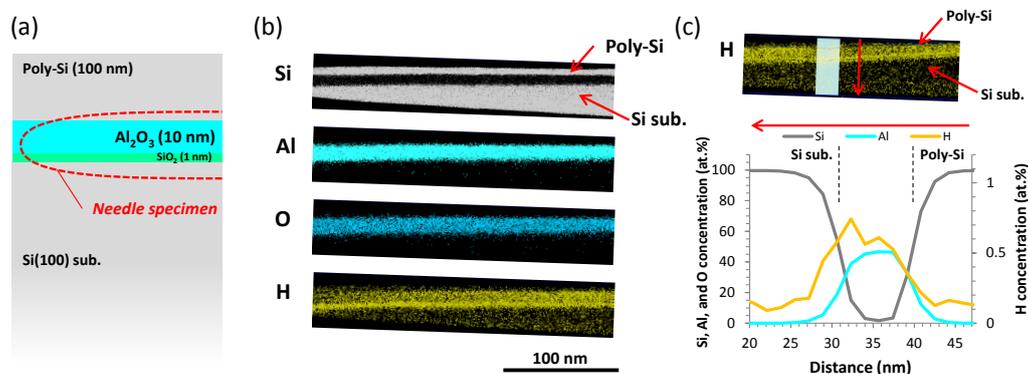
**背景:** 近年,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜は GaN や Ge デバイスのゲート絶縁膜や電荷捕獲型メモリのブロック層, あるいは強誘電体メモリにおける水素バリア膜といった様々な用途において注目を集めている [1-5]. いずれの応用においても水素はデバイスの信頼性に影響を及ぼす可能性があり, 精密な分析が重要となる. 今回,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜中の水素の拡散またはトラップ性能を検証するべく, 原子スケールの位置分解能で元素分布を得られる3次元アトムプローブ (APT) 法を用いて水素の挙動を評価した.

**実験:** Si(100) 基板上に RCA 洗浄によりケミカル酸化膜 (<1 nm) を形成後, ALD 法で  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜 (10 nm) を成膜した. 成膜ガスはトリメチルアルミニウム (TMA) と  $\text{H}_2\text{O}$  を用いた. APT 用の試料加工のための保護膜として, その直上に多結晶 Si (100 nm) を形成した. 集束イオンビーム法を用いて Fig. 1(a) の点線で示す方向から切り出して APT 測定用の針状試料を作製した. 紫外光のパルスレーザーを搭載した局所電極型 APT (LEAP4000XHR, Ametek 社製) を用いて元素分布評価を実施した.

**結果:** Fig. 1(b) に Si, Al, O, H の3次元アトムマップを示す. 1つの針状試料中に多結晶 Si/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ / $\text{SiO}_x$ /Si 基板がすべて含まれるデータが得られている. Fig. 1(c) に層構造の深さ方向における1次元濃度分布を示す.  $\text{SiO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$  膜中に水素が分布している様子が明瞭に見られ, これらの層の水素トラップ性の可能性を示唆している. 一般論として, 分析チャンバー内の残留水素と本来試料に含まれる水素を明確に区別することは原理的にできない. 本講演では, その点についても議論する. また, 熱処理影響下における  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜中の水素の挙動も併せて報告する.

**謝辞:** 本研究の一部は, 科学研究費補助金 (No. 26289097, 26560234) の支援を得て実施した.

**参考文献:** [1] B. Yang *et al.*, Appl. Phys. Lett. 79 (2001) 2064. [2] Y. Nagano *et al.*, VLSI Technology Digest of Technical Papers (2013) p. 171. [3] Y. Shin *et al.*, IEEE IEDM Technical Digest (2005) p. 327. [4] 長岡ら, 第75回応用物理学会秋季学術講演会 19p-A17-6. [5] K. Yoshitsugu *et al.*, Phys. Status Solidi C, 10 (2013) 1426.



**Fig. 1:** (a) Schematic illustration of layer structure on Si substrate. (b) Elemental maps of Si, Al, O, and H (slice: 20 nm). (c) 1D concentration profiles of Si, Al, and H across Si sub./ $\text{SiO}_x$ / $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Poly-Si.