

Al₂O₃ 膜中の水素分布評価 ー熱処理温度依存性ー

Hydrogen Distribution Analysis in Al₂O₃ Film –Dependence of Annealing Temperature–

○清水 康雄¹, 韓 斌¹, 涂 远¹, 井上 耕治¹, 矢野 史子², 井上 真雄³,

国宗 依信⁴, 島田 康弘⁴, 片山 俊治⁴, 井手 隆⁴, 永井 康介¹

1. 東北大金研, 2. 東工大, 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)

○Yasuo Shimizu¹, Bin Han¹, Yuan Tu¹, Koji Inoue¹, Fumiko Yano², Masao Inoue³,

Yorinobu Kunimune⁴, Yasuhiro Shimada⁴, Toshiharu Katayama⁴, Takashi Ide⁴, Yasuyoshi Nagai¹

1. IMR Tohoku Univ., 2. Tokyo Inst. Tech., 3. Renesas Electronics Corp.,

4. Renesas Semiconductor Manufacturing Co., Ltd.

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

背景: Al₂O₃ 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して注目されている[1,2]. 水素はデバイスの信頼性に影響を及ぼす可能性があり,これまで我々は Al₂O₃ 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る3次元アトムプローブ (APT) 法の適用の可能性を探ってきた[3]. 本講演では,水素分布の熱処理温度依存性を報告する.

実験: Si(100) 基板上に RCA 洗浄により 1 nm 以下のケミカル酸化膜を形成後,ALD 法で Al₂O₃ 膜約 10 nm を成膜した. 成膜ガスはトリメチルアルミニウムと H₂O 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. 試料層構造の断面 TEM 像を Fig. 1(a) に示す. その後, 800, 900, 1000, 1100, 1200 °C で各 10 分間の熱処理を施した. 集束イオンビーム法により 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 (Si, Al, O, H) を実施した.

結果: Fig. 1(b) に Si と Al の 3 次元アトムマップ (熱処理前) を示す. Fig. 1(c) に 800 °C と 1200 °C で熱処理した試料の水素の分布を色の濃さで示す. 水素は,多結晶 Si や Si 基板中に比べ, Al₂O₃ 層において明瞭に濃化が見られた. 熱処理温度を上げることで,水素が減少する様子を捉えている. 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できないため,針先からの蒸発速度を調整することにより,試料中の水素濃度の相対的な変化を精度良く評価できることを本講演で示す. また, 800–1200 °C の熱処理後における水素の挙動の詳細を報告する.

謝辞: 本研究の一部は, 科学研究費補助金 (No. 26289097, 15H05413) の支援を得て実施した.

参考文献: [1] Y. Nagano *et al.*, VLSI Technology Digest of Technical Papers (2013) p. 171. [2] K. Yoshitsugu *et al.*, Phys. Status Solidi C, 10 (2013) 1426. [3] 清水ら, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 13a-A24-10 (2015).

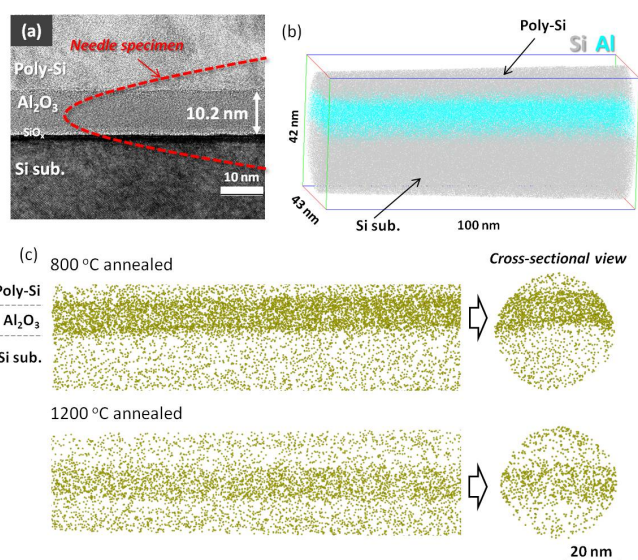


Fig. 1: (a) Cross-sectional TEM image of Poly-Si/Al₂O₃/SiO_x/Si substrate and the position of APT needle specimen. (b) 3D maps (Si and Al) of the sample before annealing. (c) Hydrogen distribution in the samples annealed at 800 °C and 1200 °C, and their corresponding cross-sectional maps.