

## シリコン窒化膜の常磁性欠陥に対する熱処理の効果(Ⅲ)

## Thermal annealing effect on paramagnetic defects in silicon nitride films (Ⅲ)

東海大学大学院 工学研究科<sup>1</sup>, 東海大学 工学部<sup>2</sup>, <sup>○(M)</sup>鈴木亜嵐<sup>1</sup>, 永島大樹<sup>2</sup>, 林宏紀<sup>2</sup>, 小林清輝<sup>1,2</sup>Graduate School of Engineering, Tokai Univ.<sup>1</sup>, School of Engineering, Tokai Univ.<sup>2</sup>,<sup>○(M)</sup> A. Suzuki<sup>1</sup>, D. Nagashima<sup>2</sup>, H. Hayashi<sup>2</sup>, and K. Kobayashi<sup>1,2</sup>

E-mail: kkbys@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

【目的】不揮発性半導体メモリのメモリセル構造として注目されている MONOS (Metal-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon)型セルでは、電荷捕獲絶縁膜としてシリコン窒化膜が用いられる。MONOS 型メモリのメモリ特性や信頼性を向上するためには、窒化膜中に存在する点欠陥の性質を理解することが重要である。我々は、紫外線を照射した窒化膜において伝導電流が著しく増加することを見出し、その紫外光誘起電流が窒化膜中での電子正孔対生成に起因するというモデルを示した[1]。さらに、紫外光誘起電流の発生に関わる電子正孔対生成中心が、 $K^0$  センター (窒化膜中のシリコンダングリングボンド) であると提案した[2]。これまで我々は高エネルギーの紫外線を照射することで  $K^0$  センターが生成した窒化膜に対し、150-400 °C の熱処理を行うことで  $K^0$  センターの密度が減衰し、再度紫外線を照射することで  $K^0$  センターの密度が再び増加することを報告してきた[3]。今回、高温の熱処理 (1050 °C) 後は、十分な紫外線照射を施しても  $K^0$  センターが再生成しないことを見出したので報告する。

【実験方法】本実験で用いた試料は、枚葉式 LPCVD (Low-Pressure Chemical Vapor Deposition)装置によって p 型(100)シリコン基板上に堆積された膜厚 224 nm の窒化膜である。成膜温度は 750 °C であり、原料ガスには  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$  と  $\text{NH}_3$  が用いられた。室温で紫外線 (波長 254 nm, 4.9 eV) を照射することで常磁性欠陥 ( $K^0$  センター) を生成させた試料に対し、400 または 1050 °C で熱処理を行い、室温で ESR (Electron Spin Resonance) 測定を行った。その後、試料に対し再度紫外線を照射し ESR 測定を行った。

【実験結果と考察】Fig. 1 に、窒化膜に対し紫外線照射、400 または 1050 °C の熱処理、再度の紫外線照射を行った際の ESR スペクトルを示す。400 °C の熱処理を 1600 分間行うことで  $K^0$  センター密度は減衰したが、再度の紫外線照射によって再び増加した。 $K^0$  センターは準安定状態の点欠陥であり、400 °C の熱処理によって ESR 不活性の状態に戻り、再度の紫外線照射で再び ESR 活性の  $K^0$  センターに変化したと考えられる。すなわち、400 °C の熱処理後においても  $K^0$  センターの前駆体が存在していたと考えられる。しかし 1050 °C の熱処理を 50 分間行った後は、再度十分な量の紫外線を照射したにもかかわらず、ESR 信号強度は熱処理前の強度に戻らなかった。高温の熱処理によって窒化膜の結合状態が変化し、 $K^0$  センターの前駆体が減少したと考えられる。

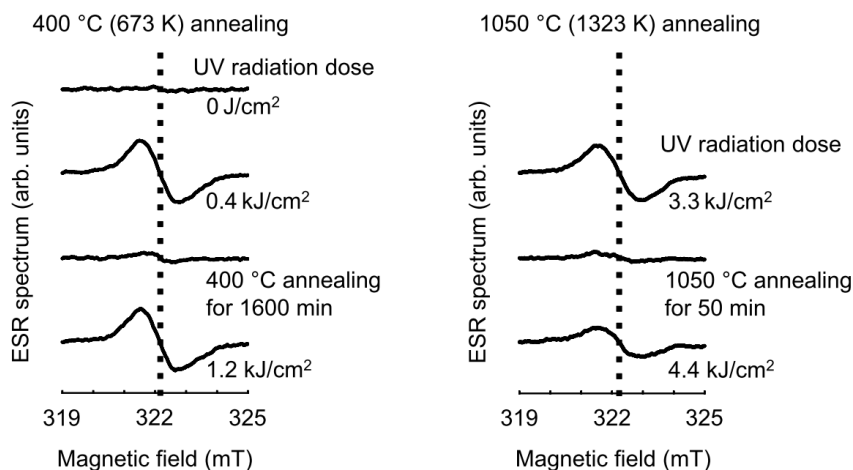


Fig. 1 窒化膜に対し紫外線照射、400 または 1050 °C の熱処理、再度の紫外線照射を行った際の ESR スペクトル

【謝辞】本研究に対し多大なる御支援を頂いた東海大学未来科学技術共同研究センター室長の宮本泰男氏、原木岳史氏に深く感謝の意を表します。さらに多くのご協力を頂いた石川貢吉氏、ナシヤト・シャケル氏、落合良治氏に感謝いたします。本研究は一部科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 26420280) の助成のもとに行われました。

【参考文献】 [1] K. Kobayashi and K. Ishikawa, Jpn. J. Appl. Phys., **50** (2011) 031501. [2] K. Kobayashi, A. Suzuki and K. Ishikawa, Thin Solid Films, **550** (2014) 545. [3] 鈴木, シャケル, 落合, 永島, 小林: 第 74 回応用物理学会学術講演会 18p-P9 - 10 (2013 秋).