

## シリコン窒化膜の常磁性欠陥に対する熱処理の効果 (V)

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

東海大学大学院 工学研究科<sup>1</sup> (M1)新里健也<sup>1</sup>, 数見理<sup>1</sup>, 小林清輝<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Tokai Univ.<sup>1</sup>, K. Niisato<sup>1</sup>, O. Kazumi<sup>1</sup>, K. Kobayashi<sup>1</sup>

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

【目的】MONOS (Metal-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon) 型不揮発性半導体メモリでは、シリコン窒化膜中の電荷トラップに電子または正孔を捕獲することで情報を記憶する。このため点欠陥の性質を理解することが重要である。我々の過去の研究で、枚葉式 LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 法で堆積されたシリコン窒化膜に対して 900 °C 熱処理を行った後に紫外線照射を施すと 2.0023±0.0001 の g 値を示す ESR (Electron Spin Resonance) 信号が発生することを報告した [1]。今回、異なる成膜条件 (枚葉式 LPCVD 法とバッチ式 LPCVD 法) によって堆積されたシリコン窒化膜に対して同様の処理 (900 °C 熱処理後の紫外線照射) を施した結果、成膜条件によって上記の ESR 信号が発生するものと発生しないものがあることが分かったので報告する。

【実験方法】本研究で用いた試料は、p 型 (100) シリコン基板上に (i) 枚葉式 LPCVD 法によって堆積された膜厚 30 nm、213 - 224 nm のシリコン窒化膜 (以下、枚葉式窒化膜と呼ぶ) 及び (ii) バッチ式 LPCVD 法によって堆積された膜厚 30 nm、160 - 162 nm のシリコン窒化膜 (以下、バッチ式窒化膜と呼ぶ) である。(i)、(ii) の試料の堆積温度は 750 °C であり、原料ガスは SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> と NH<sub>3</sub> である。実験 (I) では、枚葉式窒化膜 (試料名 S198) とバッチ式窒化膜 (試料名 S208) に対して紫外線 (波長 254 nm, 4.9 eV) を照射した。実験 (II) では、枚葉式窒化膜 (試料名 S198, S203) とバッチ式窒化膜 (試料名 S207) に対して 900 °C の熱処理を 500 分行った後に、紫外線照射を施した。実験 (I)、(II) の各ステップで ESR 測定及び分光エリプソメトリー測定を行った。また、枚葉式とバッチ式窒化膜の組成を分析するために TOF-SIMS (Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry) 測定を行った。

【実験結果と考察】Fig. 1 (a) に示すように、枚葉式窒化膜 (S198) に対し 1.04 kJ/cm<sup>2</sup> の紫外線を照射したところ K<sup>0</sup> センター (g = 2.0031±0.0001) が生成した。続いて、900 °C の熱処理を 500 分施すと K<sup>0</sup> センターの ESR 信号は検出されなくなった。その後、この試料に対し再び 1.04 kJ/cm<sup>2</sup> の紫外線照射を施すと 2.0023±0.0001 の g 値を示す ESR 信号が発生した。次に、Fig. 1 (b) に示すように枚葉式窒化膜 (S203) においても同様に熱処理を施した後に紫外線照射を施すと 2.0023±0.0001 の g 値を示す ESR 信号が発生した。一方、Fig. 1 (c) に示すようにバッチ式窒化膜 (S208) に対し紫外線を照射したところ、K<sup>0</sup> センターの生成は確認できなかった。また Fig. 1 (d) に示すようにバッチ式窒化膜 (S207) に対し熱処理を施した後に紫外線照射を施した結果、2.0023±0.0001 の g 値を示す ESR 信号の発生は確認できなかった。次に TOF-SIMS 分析の結果では、枚葉式窒化膜に比べバッチ式窒化膜は塩素 (Cl) を多く含んでいた。以上の結果から、バッチ式窒化膜において K<sup>0</sup> center 及び 2.0023±0.0001 の g 値を示す ESR 信号が発生しない原因には塩素が関与していると考えられる。

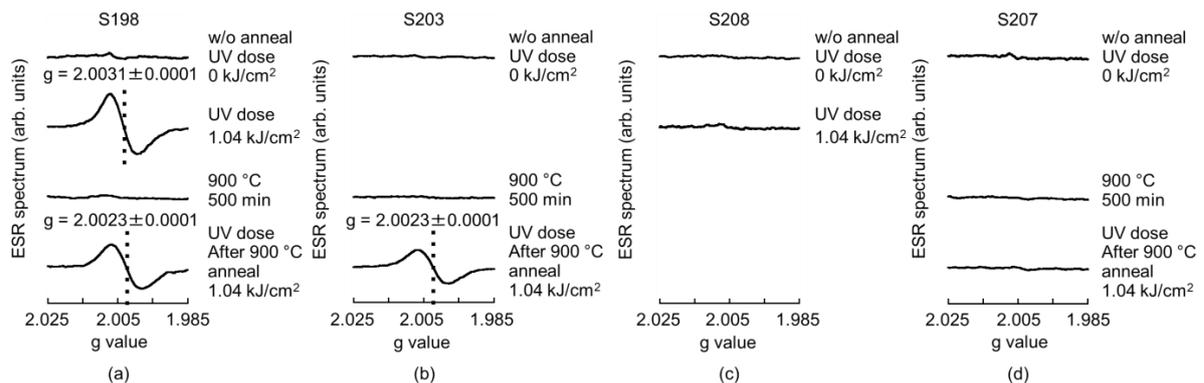


Fig. 1 (a) 枚葉式窒化膜 (S198) に対し紫外線照射、900 °C の熱処理、再度の紫外線照射を施した際の ESR 信号。(b) 枚葉式窒化膜 (S203) に対し 900 °C の熱処理、紫外線照射を施した際の ESR 信号。(c) バッチ式窒化膜 (S208) に対し紫外線照射を施した際の ESR 信号。(d) バッチ式窒化膜 (S207) に対し 900 °C の熱処理、紫外線照射を施した際の ESR 信号。

【謝辞】本研究に対し多大な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、小田慶喜氏に深く感謝の意を表します。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た。

【参考文献】 [1] 数見, 小林, : 第 64 回 応用物理学学会春季学術講演会 15p-P14-4 (2017 春) .