

静電型分析器を用いた TOF-ERDA による極浅原子分布分析技術の開発 (II)

Development of TOF-ERDA with TEA for ultra shallow atom profiling (II)

阪大院基礎工 °阿保 智, 李 沛, 姚 欣遠, 若家 富士男, 高井 幹夫

Osaka Univ. °Satoshi Abo, Ri Pei, Yao Xin Yuan, Fujio Wakaya, Mikio Takai

E-mail: s-abo@stec.es.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 半導体デバイスは、設計寸法の縮小により高集積化・高性能化・低消費電力化が実現されてきた。設計寸法の縮小に伴い不純物注入の深さも浅くなっており、特にソース・ドレイン拡張領域の深さ(x_j)は、国際半導体技術ロードマップ 2012 (The International Technology Roadmap for Semiconductors 2012 Update) によると 2015 年には 7.3 nm にまで浅くなり、1.8 nm 以下の分解能での原子分布と電気特性分布の評価が必要とされている。我々の研究グループでは、中エネルギー散乱法 (medium energy ion scattering: MEIS) を用いて原子分布評価[1]を、また、走査型拡がり抵抗顕微鏡法 (scanning spreading resistance microscopy: SSRM) を用いて電気特性分布の評価[2]を行い、相補的に極浅接合の評価を行ってきた。しかし、MEIS は、質量の重い P や As の分布評価には有効であるが、質量の軽い B の原子分布評価には不向きである。そこで、質量の軽い B の極浅原子分布評価技術として静電型分析器 (toroidal electrostatic analyzer: TEA) を用いた飛行時間型弾性反跳粒子検出法 (time-of-flight elastic-recoil-detection-analysis: TOF-ERDA) の開発を行っている。これまでは、100 keV の Ar⁺ イオンプローブを用いた MEIS-TOF-ERDA の開発結果を報告してきた[3]。しかし、一部の計測では Ar⁺ イオンプローブによる試料損傷が発生しており、より損傷の少ない計測技術の開発が必要であった。今回は、低損傷計測を目指し 100 keV の N⁺ イオンプローブを用いた MEIS-TOF-ERDA 計測技術の開発を行い、B 注入標準試料の計測を行った結果について報告する。

【実験】 計測には、100 keV N⁺ イオンプローブを用いた。試料への入射角および散乱角は 60°, 65° に設定し、前方散乱イオンの検出器への散乱抑制と分解能 1.0 nm 以下を両立している。検出器にはエネルギーフィルターとしての TEA と散乱角度分解のための一次元位置検出型 MCP を用いている。TEA のエネルギー分解能は 0.4 keV である[1]。99 kHz の方形波でイオンプローブをチョッピングし、試料から MCP までの飛行時間差で散乱イオンの質量分離を実現している。チョッピング後の試料電流は 2 nA であった。標準試料として、未注入 Si ウエハと 2 keV B 注入 Si ウエハ (Dose: $0.5\text{--}1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$) を用いた。

【結果、考察、まとめ】 Fig. 1 に TEA で 13.1 keV のイオンのみを抽出した未注入 Si と $1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の B 注入試料の TOF-ERDA スペクトルを示す。ウエハからの Si と表面自然酸化膜からの O が、いずれの試料でも検出されている。また、B 注入試料では、注入した B が検出されている。それぞれの飛行時間スペクトルは、よく分離されており、飛行時間差により質量分離が可能であることがわかる。Fig. 2 に、本研究で開発した MEIS-TOF-ERDA を用いて $5.0 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ の B 注入試料を計測し B の深さ分布に変換した結果を示す。シミュレーションの結果と良い一致を示しており、100 keV の N⁺ イオンプローブを用いた MEIS-TOF-ERDA により B のような軽元素の深さ分布を計測可能であることがわかる。

[1] S. Abo et al, Nucl. Instr. Methods Phys. Res. B **237** (2005) 72.

[2] 押他、第 74 回応用物理学学会学術講演会、19p-B4-21

[3] 李他、第 73 回応用物理学学会学術講演会、13a-C3-7

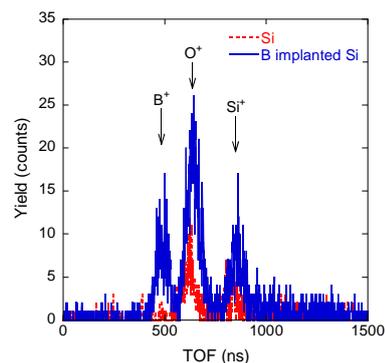


Fig. 1 TOF-ERDA spectra with a TEA filter energy of 13.1 keV for the Si samples with and without B⁺ implantation.

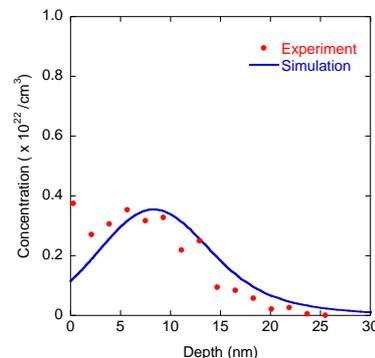


Fig. 2 Depth profile of implanted B⁺ into a Si substrate with an energy of 2 keV and a dose of $5.0 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ converted from the mass separated MEIS-ERDA spectra.