

Title	Electronic Characterization of SrBi <sub>2</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>9</sub> Thin Films in Metal-Ferroelectric-Insulator-Semiconductor Structures
Author(s)	高橋, 光恵
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44342">https://hdl.handle.net/11094/44342</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	高橋光恵
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 17941 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Electronic Characterization of SrBi <sub>2</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>9</sub> Thin Films in Metal-Ferroelectric-Insulator-Semiconductor Structures (金属-強誘電体-絶縁体-半導体構造における SrBi <sub>2</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>9</sub> 薄膜の電子的評価)
論文審査委員	(主査) 教授 奥山 雅則  (副査) 教授 高井 幹夫 教授 岡本 博明 助教授 野田 実

## 論文内容の要旨

次世代 ULSI の情報処理素子として期待される強誘電体ゲート FET メモリにおいてメモリ保持特性の短いことが問題となっており、この要因を明らかにして保持時間を長くすることが求められている。そこで、金属-強誘電体-絶縁体-半導体 (MFIS) 構造において外部電荷注入モデルを用いて、強誘電体層および絶縁体層を流れる定常的リーク電流密度が MFIS 構造の静電容量保持特性に与える影響を定量的に解析した。その結果、強誘電体層および絶縁体層を流れるリーク電流密度がある値以上になると急激に保持特性が劣化することを示した。MFIS 構造の静電容量保持特性を改善する方法として上部金属電極-強誘電体層間への絶縁体層の挿入あるいは熱処理による強誘電体薄膜の膜質改善により強誘電体層を流れる電流を減らすこと、および絶縁体層に高誘電体材料を適用することが有効であることを理論的に示した。この予見に基づき、実験的に、レーザーアブレーション (PLD) 法で製膜された SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub> (SBT) 薄膜が酸素アニール処理によりリーク電流の減少および分極保持特性の改善を示すことを確かめ、また、同膜を用いた MFIS 構造のメモリ保持特性が酸素アニール処理により改善することを確かめた。

この酸素アニール処理の PLD-SBT 薄膜に対する効果を、紫外線光電子分光装置 (UV-PYS) と X 線光電子分光 (XPS) とを用いて調べた。比較のため、有機金属気相成長 (MOCVD) 法および有機金属分解 (MOD) 法によって製膜された SBT 薄膜についても同様に調べた。UV-PYS により、PLD-SBT 薄膜の Fermi レベルが酸素アニールによって増加し、酸素アニール後の PLD-SBT 薄膜は MOCVD・MOD-SBT 薄膜とほぼ同様の Fermi レベル 5.5-5.6 eV を持つことを示した。XPS を用いて、PLD-SBT 薄膜中の Bi<sup>3+</sup> が MOCVD・MOD-SBT 薄膜中の Bi<sup>3+</sup> よりも Ar<sup>+</sup> スパッタによって還元されやすいことを示した。これらの結果から、酸素アニールは PLD-SBT 薄膜表面の正孔に対する障壁の高さを増加し、その結果ホール伝導の寄与によるリーク電流を低減する効果があると考察した。Bi 過剰 MOD-SBT 薄膜に対する高圧酸素アニールの効果も同様の手法で調べたところ、高圧アニール後、XPS を用いて強誘電体 SBT の占める割合の多い膜ほど Ar<sup>+</sup> スパッタによって還元されやすい傾向を示し、UV-PYS によりパイロクロア SBT の占める割合の多い膜ほど Fermi レベルが減少する傾向を示した。特に、最もパイロクロア SBT の多い膜では高圧酸素アニールによって Bi<sub>x</sub>O<sub>y</sub> が生成される可能性を示した。パイロクロア SBT の占める割合の多い膜ほど高圧酸素アニールによって分極特性の測定が可能になる程度にリーク電流が低減する傾向も見られた。これらの結果か

ら、高圧酸素アニールは Bi 過剰 MOD-SBT 薄膜中に含まれる格子形成に寄与しない余剰 Bi を酸化することによってリーク電流を低減する効果がある可能性も考えられる。

### 論文審査の結果の要旨

強誘電体薄膜ゲート FET が非破壊読み出し可能な次世代超高集積化不揮発性メモリとして期待されているが、記憶保持特性が短いことからその基幹部の金属-強誘電体-絶縁体-半導体 (MFIS) 構造の詳細な解析がもとめられている。本論文は、MFIS 構造の記憶保持特性の解析を行い、さらに用いられた Bi 層状強誘電体  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜の電子的性質を明らかにしたものである。

まず、MFIS 構造において、理論解析からバンドプロファイルをもとめ、その静電容量の時間変化から記憶保持特性の決定要因が  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜の Schottky 電流によることを突き止めた。この電流を抑制するため種々の方策を施し、MFIS 構造の酸素熱処理が最も効果的であることを見だし、保持時間を増大させることに成功した。

次いで、その原因を調べるため  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜がどのような電子的性質を示し、酸素アニールがどのような影響を与えるかについて UV-PYS と XPS の光電子分光により評価した。その結果、Schottky 接合の正孔障壁高さが酸素アニールにより 1.8 eV から 2.1 eV と増大することから、電流の大幅な減少を推測し実験でも確認できた。さらに  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜の XPS の測定結果から  $\text{Ar}^+$  照射により  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$  層の安定性に問題があることを示した。また、電子帯構造や内殻準位を測定し、その  $\text{Ar}^+$  照射と高圧酸素アニールの影響から  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜の電子的性質を明らかにした。

以上述べたように、本論文は  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜を用いた MFIS 構造の記憶保持状態の解析から保持特性を改良し、さらに  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  薄膜の電子的性質を明らかにしたという重要な成果を得ており、学位 (理学) 論文として価値のあるものと認める。