

バイアス印加放射光光電子分光による金属/高誘電率酸化物 ゲートスタック構造の界面準位密度解析

篠原稔宏¹, 豊田智史^{1-3*}, 組頭広志¹⁻³, 尾嶋正治¹⁻³, 片山俊治⁴, 助川孝江⁴, 劉紫園⁴

¹Department of Applied Chemistry, The University of Tokyo, Tokyo 113-8656, Japan

²JST-CREST, Tokyo 113-8656, Japan

³The University of Tokyo, Synchrotron Radiation Research Organization, Tokyo 113-8656, Japan

⁴STARAC, Kohoku-ku, Kanagawa 222-0033, Japan

はじめに

界面トラップ準位は金属/高誘電率酸化物ゲートスタック構造のデバイス特性に閾値電圧シフトなどの影響を与えるが、その起源やエネルギー準位について未だ不明な点が多い。我々はこれまで、金属/高誘電率酸化物ゲートスタック構造試料において、内殻準位光電子スペクトルの放射光照射時間依存性を解析することによって、ゲート絶縁膜中のトラップ密度を決定し、これらが N-Hf 結合に起因していることを明らかにしてきた¹⁾。本研究では、そのエネルギー分布を特定するため、金属/高誘電率酸化物/半導体構造に対して、外場電圧を印加しながら放射光光電子分光測定を行った。

実験

試料はシリコン基板上に原子層堆積法(ALD)によって作製した Hf 濃度および N 濃度の異なる HfSiON/SiON ゲートスタック構造を用いた。上部電極として Ag を薄く堆積し、図 1 の挿入図に示す試料ホルダーを用いて試料ステージから外場電圧を印加した。Ta 板を用いて上部から試料を固定し、コンタクト部分に Au 厚膜を蒸着し、絶縁部分にカプトンシートを用いた。電圧は上部電極側をアースに落として基板側へ印加し、-2V から+2V まで、0.01V 刻みで走査しながら内殻準位スペクトルを測定した。アースの安定性は、上部電極側 Au 厚膜からの Au 4f 内殻準位スペクトルが電圧印加によってほとんどシフトしなかったことから確認できた。

結果と考察

金属/高誘電率酸化物/半導体デバイス構造に外場電圧を印加すると、シリコン基板からのピークのシフトが観測され、そのシフト量は界面準位密度に依存する。図 1 に Si 2p (基板成分)内殻光電子ピークシフトを外場電圧に対してプロットした。どの試料においても負バイアス側ではほとんど線形なシフトが観測されるが、正バイアス側において明確な違いが見て取れる。これは HfSiON/Si 界面におけるトラップ準位に関係していると考えられる。これらを元に界面準位密度分布²⁾を決定した結果を図 2 に示す。N 濃度あるいは Hf 濃度の高い試料において界面準

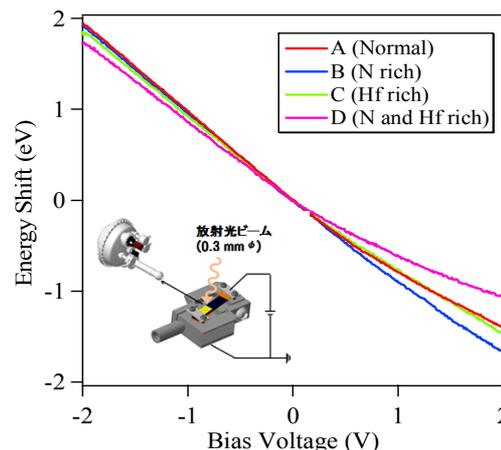


図 1 外場電圧に対する Si 2p 光電子ピークのエネルギーシフトプロット

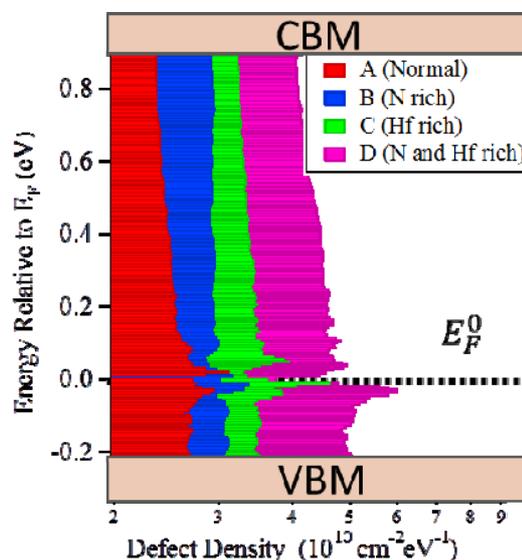


図 2 界面準位密度のエネルギー分布

位密度が増大する傾向があり、これらは膜中 N-Hf 結合に起因するトラップの実験的な証拠であることを示唆していると考えられる。

参考文献

- 1) T. Tanimura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 162902 (2010).
- 2) H. Kobayashi *et al.*, J. Appl. Phys. **34**, 959 (1995).

*toyoda@sr.t.u-tokyo.ac.jp