

High-k/メタルゲート膜界面の構造の解析(4) Analysis of High-k/metal gate interface structure(4)

尾崎 伸司, 畑 良文

Shinji Ozaki, Yoshifumi Hata

パナソニック(株) マテリアルサイエンス解析センター
Panasonic Corporation, Materials Science and Analysis Technology Center

次世代 LSI においてゲート酸化膜として高誘電率ゲート絶縁膜を使用するメタルゲート/高誘電率膜の積層膜構造の物性について、硬 X 線光電子分光で調べた。Si(001)基板上に堆積した TiN(5nm)/LaO(0.5nm)/HfSiO(2nm)/SiO₂(1nm)積層膜について、熱処理温度による変化について調べた結果、熱処理温度によって Si1s ピークが変化していることが分かった。

キーワード： High-k/メタルゲート、硬 X 線光電子分光

背景と研究目的：

より高性能な LSI を実現するためにはゲート絶縁膜の薄膜化が不可欠である。しかし、これまでのゲート絶縁膜である SiO₂ 膜では、リーク電流の問題があるため次世代 LSI では使用することが困難である。そこで次世代 LSI では高誘電率ゲート絶縁膜の利用が期待されており、その物性評価が必要となっている。しかも高誘電率ゲート絶縁膜を使用した場合には仕事関数の特性上、メタルゲート膜を使用するため、積層膜構造での薄膜物性評価が重要となっている。

電気特性と物理特性との関係を明確にするためにメタルゲート/高誘電率膜の積層膜構造について、非破壊での状態解析が可能な硬 X 線光電子分光測定を実施してきた(課題番号 2008A1836、2008A1927、2008B1931)。これまでは仕事関数コントロール膜として LaO,AlO の有無について比較をしてきた。今回は積層膜形成後の熱処理条件の違いについて調べた。

実験：

Si(001)基板上に堆積した TiN(5 nm)/LaO(1 nm)/HfSiO(2 nm)/SiO₂(1 nm)積層膜について調べた。ここで LaO 膜はトランジスタの閾値電圧(V_t)を制御するために用いており、仕事関数コントロール膜と呼ばれている。今回、BL46XU で硬 X 線光電子分光測定を実施した。入射光のエネルギーは 7957 eV で、試料表面からの光電子の脱出角は 80°である。なお表面の TiN 電極を導電性テープで試料台へ接地して測定している。

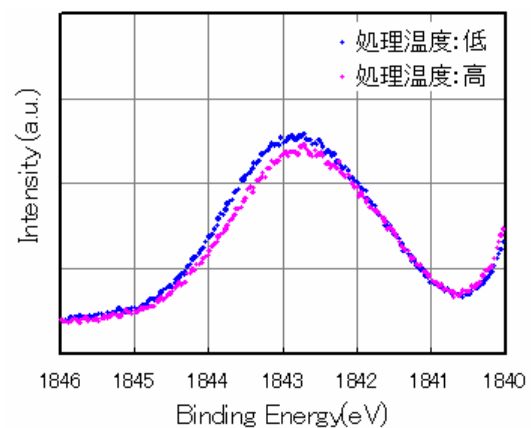


Fig-1:熱処理温度が異なる試料の
Si1s スペクトルの比較

結果および考察：

熱処理温度が異なる試料について硬 X 線光電子分光で測定した Si1s スペクトルを Fig-1 に示す。縦軸は Si1s(基板)ピーク強度で規格化している。熱処理温度によって Si1s ピーク形状が変化していることが分かる。同じ試料の Hf3d のスペクトルを Fig-2 に示す。Hf3d スペクトルは熱処理による変化は認められていない。これらの結果より Si1s のピーク形状変化は SiO₂ 膜の変化によるものと考えられ、電気特性への何らかの影響が考えられる。

以上のように硬 X 線光電子分光測定はメタルゲート／高誘電率膜の積層膜構造における界面反応が把握できる非常に有益な解析手法である。

今後の課題：

今後、プロセス条件とこれら Si ピークとの関係を明確にすることはデバイス特性の最適化にとって不可欠であり、HfSiO および仕事関数コントロール膜(LaO, AlO)成膜条件、熱処理条件が異なる試料について調べ、電気特性と物理特性との関係を解明し次世代高性能 LSI の量産を実現する。

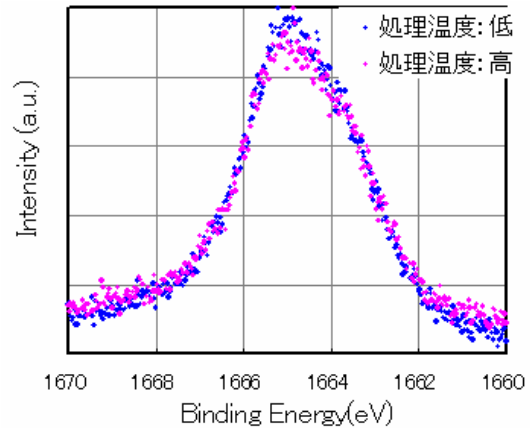


Fig-2: 熱処理温度が異なる試料の Hf3d スペクトルの比較