

High-k/メタルゲート膜界面の構造の解析(6) Analysis of High-k/Metal Gate Interface Structure(6)

畑 良文, 尾崎 伸司

Yoshifumi Hata, Shinji Ozaki

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

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、ウエハ面内での物性特性の分布を調べた。その結果、先の評価(課題番号 2009A1798)で認められたウエハ面内での Si1s スペクトルの変化は、今回の新プロセス条件では改善されていることが確認できた。

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 線光電子分光で、これまでに仕事関数コントロール膜としての LaO, AlO の有無、熱処理条件の違いについて評価している(課題番号 2008A1836, 2008A1927)。前回、ウエハ面内での物性特性の分布を評価したところ、ウエハ面内での変化が認められた(課題番号 2009A1798)。今回は改善プロセス条件でのウエハ面内での違いについて調べた。

実験：

Si(001)基板上に堆積した TiN(5nm)/LaO(0.5nm)/HfSiO(2nm)/SiO₂(1nm)積層膜について調べた。ここで AlO 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 線光電子分光を実施した。入射光のエネルギーは 7957eV で、試料表面からの光電子の脱出角は 80 度である。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。

結果および考察：

新プロセスで作製した同一ウエハの中心部と周辺部とについて硬 X 線光電子分光で測定した Si1s(サブオキサイド)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。ウエハ中央と周辺とではわずかに形状および強度に違いがあるが、課題番号 2009A1798 での結果と比較して、ウエハ面内でのスペクトル形状変化は小さくなっている。このことより新しいプロセス条件ではウエハ面内の膜質変化が改善されていることが確認できた。一方 Si1s(サブオキサイド)の強度変化は酸化膜厚差によるものと考えられ、高分解能 TEM 観察でも同様

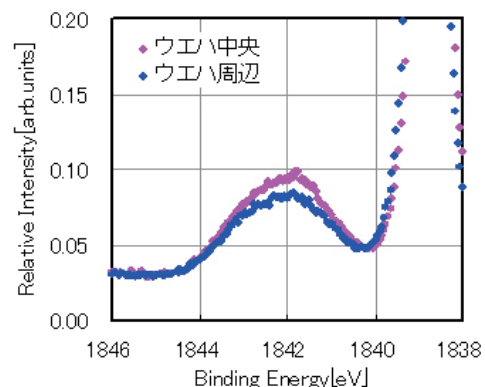


Fig-1. ウエハ面(中心と周辺部)とでの Si1s スペクトルの変化

な膜厚変化が得られている。

以上のように硬X線光電子分光はメタルゲート／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、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、今後製品化に向けて重要となる信頼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。

今後の課題：

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て次世代高性能 LSI の量産を実現する。