

## High-k/メタルゲート膜界面の構造の解析(3) Analysis of High-k/metal gate interface structure(3)

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

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、高エネルギー XPS で調べた。Si(001) 基板上に堆積した TiN(5nm)/AlO(0.5nm)/HfSiO(2nm)/SiO<sub>2</sub>(1nm) 積層膜について、AlO 膜有無での変化について調べた結果、AlO 膜がある場合には Si1s ピークが 0.15eV シフトしている。LaO の場合と比較して、エネルギーシフトの向きが異なりエネルギーシフト量が小さいことが分かった。

キーワード： High-k/メタルゲート、高エネルギー光電子分光測定

### 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 SiO<sub>2</sub> 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。

そこで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高エネルギー XPS 測定を実施してきており(課題番号 2008A1836、2008A1927)、その結果、次世代システム LSI 開発に有益な知見が得られている。これまでは仕事関数コントロール膜として LaO を用いた試料について調べてきたが、今回は AlO 膜を用いた場合について調べた。

### 実験：

Si(001)基板上に堆積した TiN(5nm)/AlO(0.5nm)/HfSiO(2nm)/SiO<sub>2</sub>(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<sub>t</sub>)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 で高エネルギー光電子分光測定を実施した。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。

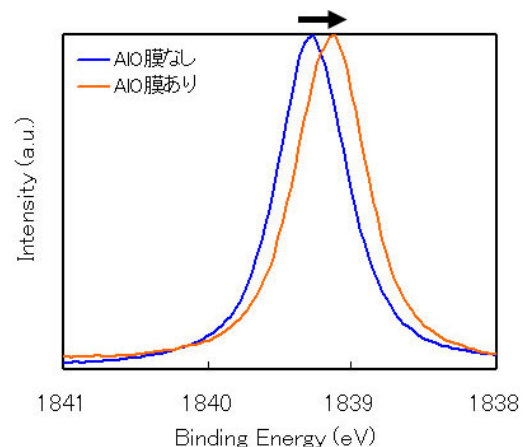


Fig-1 : AlO 膜の有無による  
Si1s スペクトルの変化

## 結果および考察：

仕事関数コントロール膜である AIO 膜有無の試料について高エネルギーXPS で測定した Si1s スペクトルを Fig-1 に示す。縦軸は Si1s ピーク強度で規格化している。AIO 膜の有無で Si1s ピークが 0.15eV シフトしている。先に報告した LaO 膜の場合(課題番号 2008A1927)とはエネルギーシフトの向きが反対で、シフト量にも違いがある。このエネルギーシフトは LaO 膜の場合と同様に Al 化合物の分極によるものと考えられ、これによって  $V_t$  が変化している。

次に LaO 膜と AIO 膜との場合の Si1s スペクトルの比較を Fig-2 に示す。共にアニール処理後である。Si1s サブピークの挙動を明確にするために 1839eV の Si 基板からの Si1s(基板)ピークでエネルギー軸を揃えており、Si1s(基板)ピークのピーク強度で縦軸を規格化している。AIO と比較して LaO 膜では Si1s(SiO<sub>2</sub>)ピークより低エネルギー側にシリケート化、すなわち Si と Hf とが関係すると考えられるピークが認められる。これは LaO と AIO とで HfSiO/SiO<sub>2</sub> 界面での反応が異なっているためと推察している。

以上のように高エネルギーXPS 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、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る。

## 今後の課題：

HfSiO および仕事関数コントロール膜(LaO,AIO)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。

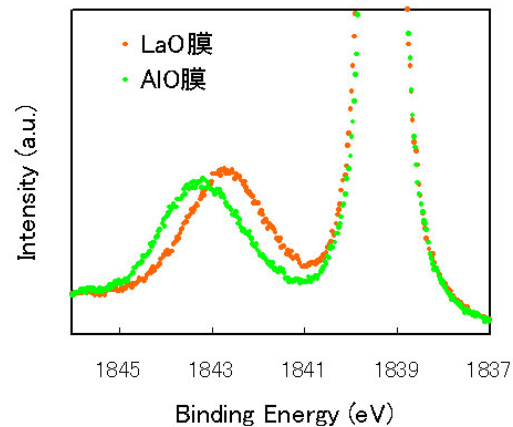


Fig-2 : 仕事関数コントロール膜として LaO 膜と AIO 膜とを用いた場合の Si1s スペクトルの比較