

## 放射光光電子分光における Hf 系酸化物照射時間依存性の解析

東大工<sup>1</sup>、STARC<sup>2</sup>、JST-CREST<sup>3</sup>谷村龍彦<sup>1</sup>、豊田智史<sup>1</sup>、組頭広志<sup>1,3</sup>、尾嶋正治<sup>1,3</sup>、池田和人<sup>2</sup>、劉国林<sup>2</sup>、劉紫園<sup>2</sup>The Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, STARC<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>T. Tanimura<sup>1</sup>, S. Toyoda<sup>1</sup>, H. Kumigashira<sup>1,3</sup>, M. Oshima<sup>1,3</sup>, K. Ikeda<sup>2</sup>, G. L. Liu<sup>2</sup>, Z. Liu<sup>2</sup>

**1. はじめに** Hf 系酸化膜は次世代 ULSI 用ゲート絶縁膜として有望視されており広く研究が行われている。これら酸化膜のバンドオフセットを決定することはゲート絶縁膜としての特性を知る上で重要であるが、光電子分光を用いる際光電子スペクトルのピーク位置がシフトしてしまうという問題がある。正確にバンドオフセットを決定するにはこの影響を取り除かなければならず、X 線照射とピークシフトの関係を調べることが必要である。一方、この光電子ピークシフトから Si 基板のバンドベンディングを求めることで絶縁膜中の電荷密度を評価することができる。そこで、放射光光電子分光時間依存性測定を用いて、HfO<sub>2</sub>/Si、HfSiO/Si、HfSiON/Si における正確なバンドオフセットの決定および、HfSiON 膜中電荷密度の評価を行ったので報告する。

**2. 実験方法** 放射光光電子分光により、HfO<sub>2</sub>/Si、HfSiO/Si、HfSiON/Si の内殻光電子スペクトル照射時間依存性測定を行った。また、HfSiON/Si に関しては深さ方向電荷密度分布を調べるために、HF によるエッチング処理を行い膜厚の異なる試料を用意した。これらの時間依存性測定中、試料への補償電流（試料電流）も同時に測定した。また、バンドオフセット評価のために価電子帯スペクトルおよび X 線吸収スペクトルを測定した。

**3. 結果と考察** Si 2p および Hf 4f 内殻光電子ピークは試料によってシフトの量など変化の様子は異なるものの、図 1 に示すように基板・酸化膜由来のどちらのピークも定性的には照射直後高結合エネルギー側にシフトした後、低結合エネルギー側にシフトするという傾向が見られた。これらのピークシフトがもたらすバンドオフセット決定誤差は最大で数 100 meV となり、直接トンネル効果によるゲートリーク電流の見積もりに大きな影響を与える。また、膜厚の異なる試料に対する光電子スペクトル照射時間依存性から HfSiON 中の電荷密度を評価した結果、図 2 に示すような表面付近にピークをもつプロファイルが得られた。さらに、試料電流の照射時間依存性からも同様な傾向の電荷密度分布が求められ、確かに表面付近に捕獲電荷が多く存在することが確かめられた。一方、内殻光電子スペクトル強度から深さ方向元素濃度分布を求めたところ、電荷が多く捕獲された HfSiON 膜表面近傍では N 濃度がピークを持っており、HfSiON 膜中における N 分布および電荷密度分布の関連性が示された。

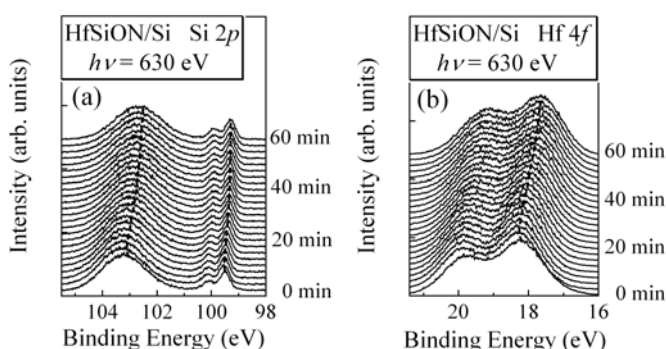


図 1 (a)Si 2p および(b)Hf 4f内殻光電子スペクトルの X 線照射時間依存性

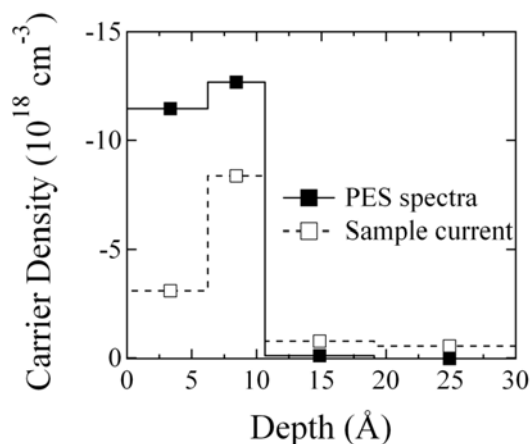


図 2 光電子分光および試料電流から見積もった HfSiON 膜中電荷密度の深さ方向分布