

●同時角度分解光電子分光分析法 (PAR-XPS)

TN414

Parallel Angle Resolved X-ray Photoelectron Spectroscopy (PAR-XPS)

[概要]

近年、材料開発の様々な分野において薄膜化の方向が見られ、極表面で機能を発揮するような表面処理も行われています。ここでは極薄ゲート絶縁膜や単分子膜のような数 nm の薄膜でも深さ方向の元素分布や組成変化を調査することが可能な、同時角度分解光電子分光分析 (Parallel Angle Resolved-XPS, PAR-XPS) 測定についてご紹介致します。

[角度分解光電子分光分析法 (AR-XPS)]

AR-XPS とは光電子の脱出深さを変えることで、各元素が表面側・バルク側のどちらに多いかを知るための手法です。通常の XPS 装置では、試料を傾斜させることにより光電子の脱出深さを変える方法 (試料傾斜法) が用いられます (図 1)。

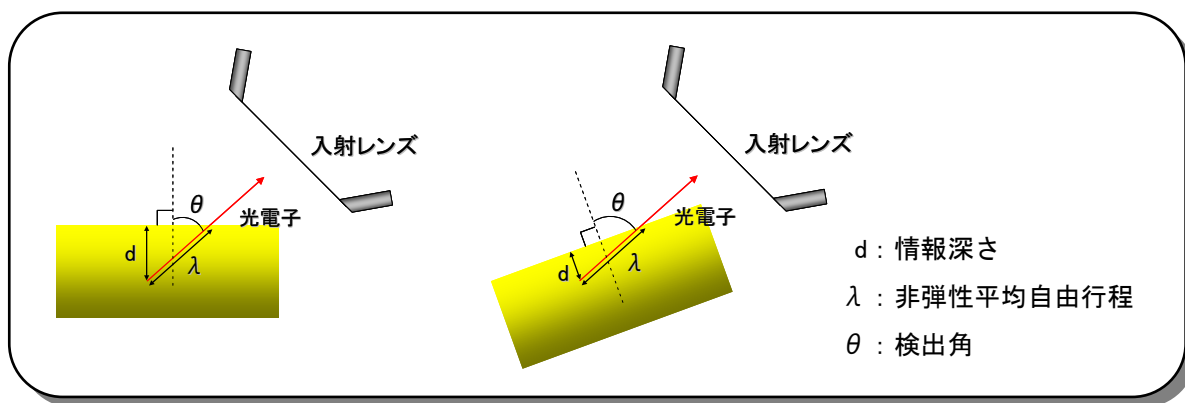


図 1. 角度分解 XPS (AR-XPS) の原理

試料傾斜法では、より表層の情報を選択的に得たい場合、試料法線と入射レンズ中心軸との角度 (θ) が大きくなるように試料を傾斜させて測定を行います。しかし、X 線の照射面積や帯電中和の度合いが変化するなどの問題があり、真の極表面の情報は観測されません。また試料サイズも制限されます。

[同時角度分解 X 線光電子分光法 (PAR-XPS)]

それに対し当社装置では、角度分散型の静電レンズと二次元検出器を有しているため、試料を傾斜させることなく AR-XPS の測定が可能であり、試料傾斜法で見られるような問題は発生しません (図 2)。

酸化膜付きシリコンウェーハを PAR-XPS と通常の XPS で測定して得られた Si2p スペクトルの例を図 3、4 に示します。PAR-XPS の結果、情報深さの浅い表面側では SiO₂ 酸化膜由来のシグナルが強く検出され、情報深さの深い基板側では Si 基板由来のシグナルが強く検出されています (図 3)。

通常の XPS でも酸化膜由来、基板由来のシグナルが検出されましたが、その結果だけでは深さ方向における元素分布は分かりません (図 4)。

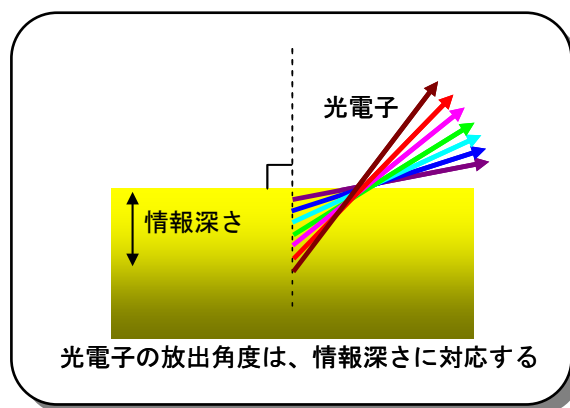


図 2. 光電子の放出イメージ

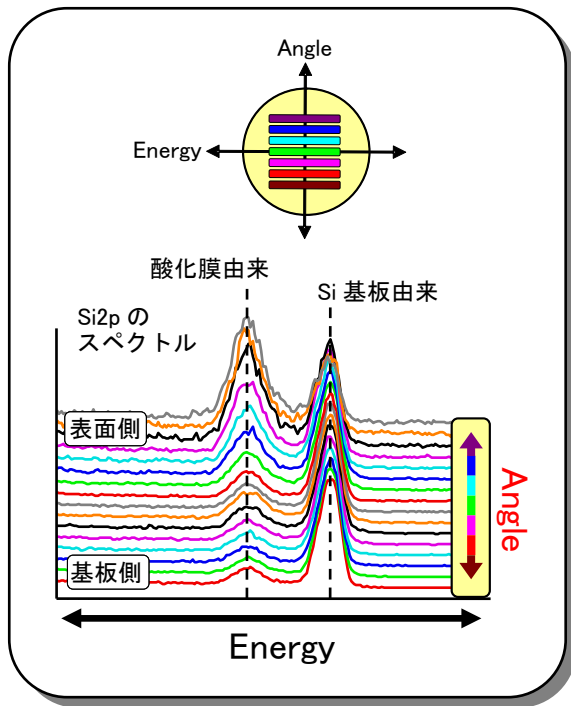


図 3. PAR-XPS による Si2p スペクトル

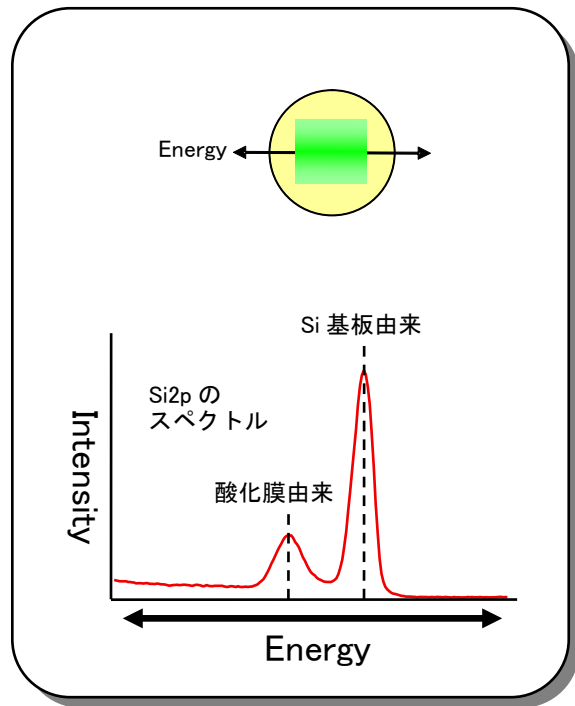


図 4. 通常の XPS での Si2p スペクトル

さらに各々のスペクトルをデータ解析することにより、横軸が検出角度、縦軸が組成比の検出角依存性データが得られます（図 5）。図で示すように、表面側で酸化膜由来の組成比が高く、基板側では基板由来の組成比が高いことが分かります。

また、検出角依存性データに対して最大エントロピー法(Maximum Entropy Method, MEM)を適用したシミュレーション計算を行うことで、デプスプロファイルを構築することも可能です。より詳細には下記に示す評価事例をご参照下さい。

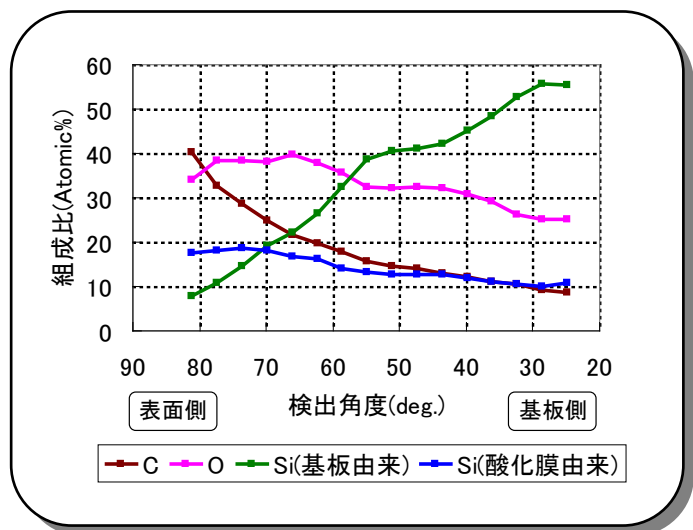


図 5. 検出角依存性データ

[評価事例]

同時角度分解光電子分光分析法による薄膜の評価：

<https://www.scas.co.jp/technical-informations/technical-news/pdf/tn413.pdf>