

光電子エネルギー損失信号による絶縁酸化膜の誘電関数評価

Dielectric Function of Oxide Film from Analysis of Energy Loss Signals for Photoelectrons

名大院工¹、名大高等研究院² ○大田 晃生^{1,2}、池田 弥央¹、牧原 克典¹、宮崎 誠一¹

Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ.¹, Inst. Adv. Res., Nagoya Univ.²

○Akio Ohta^{1,2}, Mitsuhiro Ikeda¹, Katsunori Makihara¹, Seiichi Miyazaki¹

E-mail: a_ohta@nuee.nagoya-u.ac.jp

序>これまでに、X線光電子分光(XPS)により実測した O 1s や Si 2p_{3/2} 軌道などの内殻光電子のエネルギー損失信号のしきい値より極薄絶縁膜のエネルギーバンドギャップ(E_g)を決定できることを明らかにしてきた[1, 2]。さらに、エネルギー損失スペクトルから表面成分を差し引き、クラマースクロニッヒ解析をすることで、誘電関数(ε)や光学定数(n, k)を評価できることを報告した[3, 4]。本研究では、内殻光電子エネルギー損失スペクトルに含まれる表面成分の寄与を分離し、高精度に誘電関数や光学定数を算出することを目的とし、光電子脱出深さをパラメータとして熱酸化 SiO₂ 膜の光電子エネルギー損失信号の分析を行った。

試料作成>p 型 Si(100)基板を化学溶液(NH₄OH : H₂O₂ : H₂O = 0.15 : 3 : 7, 80°C)と希釈 HF により表面水素終端した後、乾燥酸素雰囲気中 1000°C の熱酸化により厚さ~70nm の SiO₂ 膜を成長した。

結果及び考察>単色化 AlKα特性 X 線(hν=1486.6eV)を用いた XPS および高輝度硬 X 線(hν=7940.0eV)を用いた HAXPES により熱酸化 SiO₂ 膜の O1s 内殻光電子エネルギー損失スペクトルの光電子脱出角度依存性を評価した。Fig.1 に、ゼロロスピークで強度を規格化したエネルギー損失スペクトルを示す。XPS および HAXPES のどちらにおいても、光電子脱出角を浅くし、O 1s 内殻光電子の脱出深さ[5]を小さくすることで、エネルギー損失信号の強度が増大する。これは、表面プラズモン等に起因する非弾性散乱成分が顕著になるためと解釈できる。また、Fig.2 に示す様に、エネルギー損失信号の積分強度は、光電子脱出深さに対して徐々に減少し、飽和する傾向にある。このとき、バルク成分が一定に存在すると仮定すると、光電子強度の変化分は表面成分の寄与だと考えることができる。そこで、Fig.2 に示す結果より、光電子脱出深さが~2.3nm に相当するエネルギー損失スペクトルを表面成分とバルク成分に分離した後、クラマースクロニッヒ変換することで誘電関数を算出した(Fig.3)。算出した誘電関数は、SiO₂ の報告値[6]と良く一致することが確認できる。

結論>光電子エネルギー損失スペクトルの光電子脱出深さ依存性より表面成分の寄与を明らかにし、単一のエネルギー損失スペクトルの解析から誘電関数を導出できることが分かった。

謝辞>HAXPES は、SPRING-8/BL47XU (2017A1475)で行った。

文献>[1] S. Miyazaki, J. Vac. Sci. Technol. B, **19** (2001) 2212. [2] A. Ohta, et al., Jpn. J. Appl. Phys., **54** (2015) 06FH08. [3] T. Yamamoto, et al., ECS Trans., **75** (2016) 777.

[4] S. Miyazaki, et al., ECS Trans., **79** (2017) 119. [5] S. Tanuma, et al., integrated in the energy range from Surf. Interface Anal., **11** (1988) 577. 5 to 20 eV as a function of λsinθ, where λ is the photoelectron escape depth and θ the photoelectron take-off angle. [6] E. D. Palik, Handbook of Optical Constants of Solids, **1** (1985) 749.

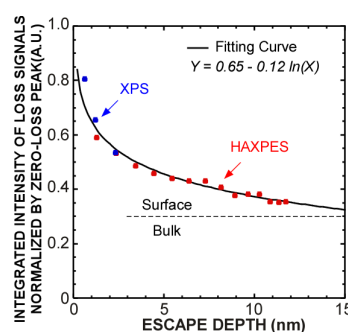


Fig. 2 Energy loss signal intensity integrated in the energy range from 5 to 20 eV as a function of λsinθ, where λ is the photoelectron escape depth and θ the photoelectron take-off angle.

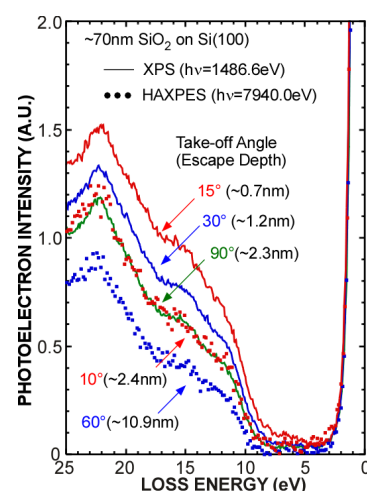


Fig. 1 Energy loss signals for O 1s photoelectron from a ~70 nm-thick thermally-grown SiO₂ measured by XPS and HAXPES

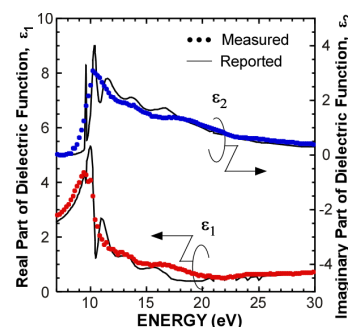


Fig. 3 Measured and reported dielectric function of SiO₂.