



Title	角度分解X線光電子分光分析法によるSiO <sub>2</sub> /Si(100)系の評価：光電子回折および非弾性散乱過程の影響に関する研究
Author(s)	片山, 俊治
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42152">https://hdl.handle.net/11094/42152</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について〈/a〉をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	かた 片 やま 山 とし 俊 はる 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 14947 号
学位授与年月日	平成 11 年 9 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科 物質・生命工学専攻
学位論文名	角度分解 X 線光電子分光分析法による SiO <sub>2</sub> /Si(100)系の評価 — 光電子回折および非弾性散乱過程の影響に関する研究 —
論文審査委員	(主査) 教授 梅野 正隆 (副査) 教授 高井 義造    教授 森田 瑞穂    教授 金谷 茂則 教授 福住 俊一    教授 宮田 幹二    教授 柳田 祥三 教授 横山 正明    教授 一岡 芳樹

## 論文内容の要旨

本論文は、大規模集積回路 (LSI) に多用されている SiO<sub>2</sub>/Si(100)系を角度分解 X 線光電子分光分析法 (AR-XPS) により精密に評価することを目的として、AR-XPS における光電子回折 (XPD) の影響と非弾性散乱過程の影響とに関する研究の成果をまとめたもので、第 1 章から第 6 章および総括より構成されている。

第 1 章では、大規模集積回路 (LSI) における SiO<sub>2</sub>/Si(100)系の役割と今後の動向について述べ、SiO<sub>2</sub>/Si(100)系の一般的な評価手法について概説し、本研究の位置付けを明らかにしている。

第 2 章では、AR-XPS を用いた SiO<sub>2</sub>/Si(100)系の評価手法について述べ、SiO<sub>2</sub> 層の膜厚決定における問題点として、単結晶 Si 基板に起因した X 線光電子回折 (XPD) の影響と、膜厚較正因子の不正確さの二つが重要であることを指摘している。

第 3 章では、Al K $\alpha$  線で励起した水素終端 Si(100)基板からの Si2p 内殻光電子の XPD の極角分布を定量化し、XPD ピークの起源が晶帯軸に沿った前方収束ピークと低指数結晶面に関連した菊池帯とであることを、菊池帯解析と極薄 Si(100)層での XPD 微細構造の挙動解析とから明らかにしている。

第 4 章では、Si(100)基板および SiO<sub>2</sub> 膜中での X 線光電子の非弾性散乱過程について調べている。すなわち、プラズモン損失過程の影響を考慮してスペクトル解析することにより、各物質中でのイントリンシックなプラズモン生成率を求めて膜厚較正因子を決定し、それを用いることによって AR-XPS による被覆膜厚の測定精度を向上できることを示している。

第 5 章では、極薄 SiO<sub>2</sub>/Si(100)系を AR-XPS で評価する際に、Si(100)基板による XPD 強度は水素終端 Si(100)基板からの内殻光電子が SiO<sub>2</sub> 膜中で弾性散乱して減衰するモデルにより理解できることを示している。このモデルに基づいて XPD の影響を除去することにより、AR-XPS により決定する SiO<sub>2</sub> 膜厚の誤差を 1/3 以下に低減できることを示している。

第 6 章では、Silicon-on-Insulator (SOI) 試料を AR-XPS で評価する際に、SOI 層から生じた光電子ピーク強度は XPD 効果により変調されること、ならびに埋込み酸化膜から生じた光電子もその脱出行路に存在する SOI の単結晶

効果により原子列方向の強度が減少することを示している。また、これらの単結晶効果を考慮せずに AR-XPS 法により SOI 層の膜厚を決定すると、膜厚ばらつきは SOI 層の膜厚が  $d=6.0$  nm の試料で 2.8 nm と非常に大きな値となるのに対し、単結晶効果を考慮すると膜厚のばらつきは 1/5 程度に減少することを明らかにしている。

結論では、得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

近年、大規模集積回路 (LSI) に多用されている  $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$  系の  $\text{SiO}_2$  膜の薄膜化への要求が一段と増してきており、数 nm 厚の  $\text{SiO}_2$  膜の膜厚を精密に評価することが必要となってきた。角度分解 X 線光電子分光分析法 (AR-XPS) はこの要求を満たすことができる技術として期待されている。このような背景のもとに本研究は、AR-XPS 法により  $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$  系を評価する際の XPD の影響と非弾性散乱過程の影響とについて検討したもので、その研究成果は以下の通りである。

(1) 単結晶 Si 基板による X 線光電子の XPD ピークの起源が晶帯軸に沿った前方収束ピークと低指数結晶面に関連した菊池帯とであることを明らかにしている。

(2) 非弾性散乱過程を考慮した AR-XPS の膜厚校正因子の決定法を提案している。この決定法を用いて、AR-XPS により決定した被覆膜の膜厚精度を向上できることを確認している。

(3) 極薄  $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$  系を AR-XPS で評価する際の Si(100) 基板による XPD 強度は、水素終端 Si(100) 基板からの内殻光電子が  $\text{SiO}_2$  膜中で弾性散乱して減衰するモデルにより理解出来ることを示している。このモデルに基づいて XPD の影響を除去する手法を用いて AR-XPS により決定する  $\text{SiO}_2$  膜厚の誤差を 1/3 以下に低減できることを示している。

(4) SOI 試料を AR-XPS 評価する際に、SOI 層から生じた光電子ピーク強度は XPD 効果により変調されること、アモルファス状態である埋込み酸化膜から生じた光電子も単結晶 SOI 層を通過することにより原子列方向の強度が減少することを明らかにしている。さらにこれらの単結晶効果が相乗して AR-XPS 法による SOI 層の膜厚決定精度を大幅に低下させることを明らかにしている。