

Title	表面電子分光法における表面励起に関する研究
Author(s)	永富, 隆清
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3151061">https://doi.org/10.11501/3151061</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	なが 永 富 隆 清
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 1 5 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 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 応用物理学専攻
学 位 論 文 名	表面電子分光法における表面励起に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 志水 隆一 (副査) 教 授 川上 則雄 教 授 八木 厚志 教 授 萩行 正憲 助教授 高井 義造 助教授 笠井 秀明

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、表面電子分光スペクトルをより正確に理解するために不可欠な、表面電子分光法における信号電子の表面励起によるエネルギー損失過程を実験的・理論的に明らかにすることを目指している。そのための試料としてシリコンを採用し、シリコン表面を酸化することにより表面状態を変化させ、その表面に対して測定した反射電子エネルギー損失分光法 (REELS) で得られるスペクトルから表面励起についての知見を得ている。更なるその知見をもとに X 線光電子分光法 (XPS) スペクトル解析を行って得られた結果から、アモルファスシリコン表面への酸素吸着モデルを提案し、また表面励起によるエネルギー損失について、モデル計算の結果に基づいた理論的な考察を行っている。

第 1 章では本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、まず信号電子と固体との相互作用を理解する上で必要な電子の散乱過程、表面励起に関する理論的取り扱いについて述べている。次に本研究で採用した REELS-XPS スペクトル解析法について述べ、また、試料として採用したシリコン初期酸化表面の本研究における位置づけを行っている。

第 3 章では、試料としてアモルファスシリコン、加熱清浄 Si(111)、酸素吸着 Si(111) 及びシリコン熱酸化膜を選択し、これらの表面に対し本研究で採用した解析法を応用し、そのシリコン初期酸化表面研究への有用性を確認している。ここでは、それらの表面に対して REELS-XPS スペクトル解析により得られた表面励起によるエネルギー損失に関する知見について述べている。

第 4 章では、系統的に酸素を吸着させたアモルファスシリコン表面に対する REELS スペクトル解析から、酸素吸着に伴い表面プラズモン損失ピークが減少・シフトすることを実験的に明らかにし、その理論的説明を試みている。また、この表面励起に関する知見をもとに X 線光電子分光スペクトル解析を行い、その結果からアモルファスシリコン表面への酸素吸着モデルを提案している。

第 5 章では、表面電子分光スペクトルにおける信号電子のエネルギー損失に関するモデル計算を行い、得られた結果について詳細に解析し、単純な自由電子金属においてもその損失構造が採用するモデルに依存して大きく変化することを明らかにしている。またそれらをもとに、今後、スペクトルに見られるエネルギー損失構造のより詳細な議論

を行うために必要な解析式の拡張, シミュレーションコードの開発等の提案を行っている。

最後に本研究を総括し, 今後の展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は, 表面電子分光法における信号電子の表面励起によるエネルギー損失過程の解明を実験ならびに理論の両面から試みたものである。そのため試料としてシリコンを選び, 試料表面の組成, 電子状態などを表面の酸化により変化させ, その表面での表面励起についての新しい知見を得ている。更にその知見をX線光電子分光法(XPS)スペクトル解析へ応用し, XPSスペクトルについての詳細な議論を行っている。特に, 酸素吸着アモルファスシリコン表面に対して測定した反射電子エネルギー損失分光法(REELS)スペクトルから, 酸素吸着に伴う表面励起の変化の様子を詳細に調べ, それをモデル計算により定性的に説明することに成功している。また, REELSスペクトルから得られた知見をXPSスペクトル解析に応用し, アモルファスシリコン表面への酸素吸着モデルを提案している。さらに, 表面励起の理論的取り扱いを試みている。本研究成果を要約すると以下の通りである。

(1)清浄アモルファスシリコン表面, 加熱清浄Si(111), 酸素吸着Si(111)及びシリコン熱酸化膜に対してREELS-XPSスペクトル解析法を応用し, 本解析法のシリコン初期酸化表面研究への有用性を確認している。ここでは, REELSスペクトル解析から得られる表面励起に関する知見をもとに, 表面励起がスペクトル測定条件・試料・試料表面の状態などの影響をどのように受けるかを, 電子と固体表面との相互作用という観点から解明している。

(2)系統的に酸素を吸着させたアモルファスシリコン表面に対するREELSスペクトル解析により, 表面プラズモン損失ピークの酸素吸着に伴う変化の様子を実験により詳細に調べている。さらにモデル計算によりこの損失ピークの変化を定性的に説明することに成功している。また, この表面励起に関する知見をもとにX線光電子分光法スペクトル解析を行い, その結果からアモルファスシリコン表面への酸素吸着モデルを提案している。

(3)表面電子分光法スペクトルにおける信号電子のエネルギー損失を理論的に考察し, 得られる結果が採用したモデルにどのように依存するかを詳細に調べ, 単純な自由電子金属においてもその損失機構がモデルに大きく依存することを明らかにしている。さらに, 今後より詳細な理論的取り扱いを行うために必要な解析式の拡張等についても新しい知見を提案している。

以上のように, 本論文ではREELSスペクトル解析により実験スペクトルから表面励起に関する知見を抽出し, この現象を電子と固体表面との相互作用という観点から明らかにすることを目指している。そのため, 実験と理論の両面から表面励起を取り扱うことによって, シリコン初期酸化表面における電子状態に関する知見が得られることを確認している。この成果は応用物理学, 特に表面電子分光法による新しい表面界面物性学の発展に寄与するところが大きい。よって, 本論文は博士論文として価値があるものと認める。