



Title	電子分光法による半導体表面の研究
Author(s)	藤原, 賢三
Citation	大阪大学, 1978, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/32324">https://hdl.handle.net/11094/32324</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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	藤原 賢三
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 4426 号
学位授与の日付	昭和 53 年 11 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	電子分光法による半導体表面の研究
論文審査委員	(主査) 教授 堀 輝雄
	教授 中村 勝吾 教授 池田 重良

### 論文内容の要旨

本論文は電子分光法を用いた表面分析技術開発の一環として行った表面研究の内で、特にシリコン表面のオージェ電子分光法、エネルギー損失分光法、および光電子分光法による不純物分析、清浄表面と気体分子との相互作用に関する研究をまとめたもので 5 章よりなっている。

第 1 章では半導体表面研究の沿革、表面分析法による研究の現状を述べ、本論文の位置付けを行っている。

第 2 章ではオージェ電子分光法、エネルギー損失分光法、および光電子分光法について基礎過程ならびに測定原理の比較、検討を行っている。

第 3 章ではオージェ電子分光法による表面分析の定量性の問題を取り上げ、シリコン中に含まれる不純物原子の濃度を、イオン注入した不純物を標準として良い精度で求める半経験的な方法を確立している。また、二酸化シリコンに含まれる不純物に対するマトリックス効果をも論じている。

第 4 章では表面電子状態に敏感なエネルギー損失分光法を主な分析手段として Si(111) 7×7 清浄表面およびこの面と各種気体分子 (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, NO, NH<sub>3</sub>) との相互作用を研究した結果を述べている。まず Si(111) 7×7 清浄表面について表面準位遷移と表面電子構造との関係を論じた後、以下の諸点を明らかにしている。すなわち、(1)上記ガスはすべて室温では分子状で吸着する。(2)室温吸着相は加熱もしくは電子線照射により解離して原子状吸着状態に変化するが、それは対応する化合物 (SiO<sub>2</sub>, SiS<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 等) とは異なる状態である。(3)解離吸着状態への変化は H<sub>2</sub>O、および H<sub>2</sub>S の組合 H の脱離を伴ってそれぞれ Si-O, Si-S 結合を形成するものであるが、前者は O<sub>2</sub> から生ずるものと同一である。また、NO の場合 O が、NH<sub>3</sub> の場合は H がそれぞれ脱離し、共に同一の N 飽和吸着状態を形成する、等

である。なお、 $\text{NH}_3$ との反応によって形成された化合物は $\text{Si}_3\text{N}_4$ であることをも電子分光法によって同定している。

第5章では得られた結果をまとめている。

### 論文の審査結果の要旨

半導体技術においては表面の制御は中心的課題となっており、その成否はデバイスの製造歩留りや性能に直接的な影響を及ぼすものである。とは言え、表面物性の理解は基本的な半導体であるSiに対してすら尚不充分な段階にあり、技術が先行しているのが現状である。本論文はSi表面に対して各種電子分光性を適用し、表面分析、表面電子状態に関する基礎的研究を推し進めたものである。

表面の非破壊分析法としてオージェ電子分光法に勝る手段は無いといつてよいが定量性が最大の弱点となっている。それは表面濃度既知の標準試料を用意することが極めて困難なためである。著者は標準試料として既知量の不純物をイオン注入した多結晶Siおよび $\text{SiO}_2$ を用いることを考案し、半経験的な解析法を適用することにより、低濃度領域で10~20%の誤差以内で定量分析が可能であることを示している。

さらに低エネルギー電子線をプローブとするエネルギー損失分光法が表面電子状態に敏感なことを利用しSi表面と $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NH}_3$ 等のガスとの相互作用を追及している。これはSi技術に不可欠の表面酸化膜や窒化膜の形成過程や膜自体の電子的性質を新たな観点から見直すことを狙つたものである。まづ、 $\text{Si}(111)7\times7$ 清浄表面のエネルギー損失スペクトルについて各ピークの帰属を周到な考察によって決定した上で、ガス吸着相や酸化膜、窒化膜の損失スペクトルをオージェ電子分光法および物理的、化学的考察を併用しつゝ詳細に分析し各ピークの同定を行っている。これによりSi表面におけるガスの吸着状態や酸化、硫化、窒化等の表面反応に対し多くの新らしい知見を加えることができている。

以上の研究成果は電子工学の進歩に寄与するところ大であり、博士論文として価値あるものと認められる。