



Title	Study on Interface of Silicon Based Hetrojunction Structure Using High Energy Ion Scattering Spectrometry
Author(s)	文, 鍾
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38214">https://hdl.handle.net/11094/38214</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 <a href="#"></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	文 鍾
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 10735 号
学位授与年月日	平成 5 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	Study on Interface of Silicon Based Hetrojunction Structure Using High Energy Ion Scattering Spectrometry (高速イオン散乱分光法によるシリコンヘテロ界面構造に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 平木 昭夫 (副査) 教授 白藤 純嗣    教授 鈴木 胖    教授 青木 亮三 教授 松浦 虔士    教授 村上 吉繁    教授 辻 毅一郎 教授 山中 龍彦    教授 加藤 義章    教授 黒田 英三 教授 中島 尚男    教授 小牧 省三

### 論文内容の要旨

本論文は薄膜と結晶基盤 (Si) を対象とし、異種材料界面近傍における構造解釈を高速イオンチャネリング法によって行う手法を論じたものであり、7 章より構成されている。

第 1 章では、高速イオンのチャネリング現象を利用した固体ヘテロ界面の研究が非破壊分析手法として、特に埋もれた界面の特性を観測する上での有用性を明らかにしている。また、本研究で解析評価した種々の系の工学的重要性について述べ、本研究の目的を明らかにし、本研究の工学的な位置づけを行っている。

第 2 章では、チャネリング現象と、高速イオン散乱分光法の基本事項を詳説している。また、界面ピークの量を正確に求めるためのバックグラウンド除去法に関し、特に、埋もれた界面を調べる際に、界面ピーク値を見かけ上増加させる多重散乱効果の実験的除去法を確立している。

第 3 章では、結晶半導体 (シリコン) 上に堆積した金属薄膜試料に、高速イオンを照射した時、界面近傍にビーム損傷が生じ、界面近傍の結晶 Si の原子変位が助長されるビーム誘起効果を、種々の金属 (Au, Cu, Al, Ta, Ti, W) について、入射ビーム (He) エネルギー依存性を調べている。また、薄膜形成条件と界面安定性とに強い相関があることを見出し、界面安定性の評価としてビーム損傷効果の測定が、新しい有効な手法であることを示している。

第 4 章では、Ti 薄膜のマイクロプラズマ CVD 法による TiN 膜化について調べている。半導体配線材料である TiN 薄膜層を作る際、Si 基板との間に形成される中間層、Ti シリサイドと TiN 薄膜特性および TiN 薄膜のバリヤ効果の熱的安定性について調べている。

第 5 章では、非結晶/結晶系の一つであるシリコン/シリコン窒化膜系の界面構造を調べている。また、反跳粒子検出法により膜中の含有水素量を定量し、含有水素量と界面特性との相関を明らかにしている。

第 6 章では、結晶/結晶系の一つである  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  ( $x \sim 0.1$ ) ヘテロ超格子薄膜系の界面構造および熱処理による界面近傍の構造変化について調べている。

第 7 章では、第 2～6 章までの研究成果を総括して、本研究で得られた主要成果を要約している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、薄膜と結晶基盤 (Si) を対象とし、異種材料界面接合のあり方について、界面近傍における原子構造の実験的な計測の観点からまとめたもので、その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 金属/シリコン系において、入射ビームのイオンドーズ依存性は2種類の型に分類できる。すなわち、Cu や Al の場合にはビーム誘起原子変位に対する照射効果が一般に大きく、特に照射直後に最も大きく観測されるのに対し、Ta, Ti や W の場合にはビーム損傷効果が一般に小さく、ほぼビームドーズ量に比例している。これらは、金属/半導体界面の安定性と強く相関している。すなわち、後者は急峻な界面を形成するのに対し、前者ではなだらかな組成変化が界面近傍で生じていることと、観測されたビーム損傷効果とがよく呼応する。従って、ビーム誘起原子変位を調べることで、金属/半導体界面の安定性に関する情報を埋もれた状態で知ることができる。イオンによる界面固相反応は、(a)金属原子と高速イオンとの衝突による Si 結晶内部への拡散、(b) Si 界面近傍に高速イオンによって生じた欠陥による金属原子の拡散、(c)金属と Si との固有の反応性の違いの三つの要素によってきまるモデルを提案した。金属/半導体界面の安定性とビーム損傷効果との相関性に着目して Si との反応性が大きい Au/Si 系に対し、金属の薄膜形成条件に対する界面安定性を調べた結果、イオンプレーティング法が電子ビーム蒸着法より、より安定な界面形成ができることを明らかにした。
- (2) TiN/シリコン系において、TiN 層を形成させる時 Ti シリサイド層が形成され、この TiSi 層はマイクロ波パワーの調節によって、膜厚は50~130nm、Si/Ti 比は0.8~1.8になるが、最適条件下では膜厚が80nm程度で、Si/Ti 比が1.8 (化学量論的には2.0) の時に良い特性の Ti シリサイド層ができることを見出した。また、その膜の抵抗率は $21.5 \mu \Omega \text{cm}$ で、スパッタ法により形成されたものとほぼ一致し、500°C、30分までの熱処理に対してバリヤ効果があることを明らかにした。
- (3) シリコン窒化膜/シリコン系において、界面の急峻性は直接窒化 SiN 膜 ( $4 \text{ ML} \cong 5 \text{ \AA}$ )、減圧 CVD-SiN 膜 ( $9 \text{ ML} \cong 12 \text{ \AA}$ ) プラズマ CVD-SiN 膜 ( $10 \text{ ML} \cong 13 \text{ \AA}$ ) の順にシャープな界面構造を持つことを明らかにした。電気特性については直接窒化 SiN 膜が CVD-SiN 膜に比べ、良い特性を見せ、界面の急峻性とは正の相関があるのを見出した。また、薄膜の含有水素量は、減圧 CVD-SiN 膜 (3%) の場合がプラズマ CVD-SiN 膜 (13%) よりかなり少ないのに対し、プラズマ CVD-SiN 薄膜の方が電気的特性が悪いので、多量の膜中の含有水素が膜質、電気特性をもとに悪くすることを見出した。一方、界面近傍の水素量は、直接窒化 SiN 膜/Si 系の場合、減圧 CVD-SiN/Si 系と比較すると、薄膜中の含有量に比べ増加しているが、この増加水素が界面で生じやすい欠陥を緩和し、膜の電気特性が改善されることを明らかにした。
- (4)  $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$ /シリコンヘテロ超格子系において、膜形成後、Ge の組成比が深さ方向に変化し、Si 基板との界面近傍の Ge 組成比が減少していること及び、斜め入射チャネリング方法を用い、界面近傍では表面に垂直な方向の格子ずれが大きいことを明らかにした。熱処理による界面近傍の構造変化について、熱拡散によって Ge の組成比が低下し、SiGe 膜の格子定数が Si 基板の値に近づくものの、欠陥の存在のため完全には回復していないことを明らかにした。