

Title	高速イオンビーム分析技術の材料科学への応用に関する研究
Author(s)	田中, 幸基
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41276
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	田 中 幸 基
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 1 3 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	高 速 イ オン ビーム 分 析 技 術 の 材 料 科 学 へ の 応 用 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 志 水 隆 一 (副査) 教 授 増 原 宏 教 授 中 島 信 一 教 授 樹 下 行 三 教 授 岩 崎 裕

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、高速イオンビーム分析技術が現在抱えている応用上の課題を解決するとともに、他の分析技術と組み合わせた多角的アプローチを試みることによって、材料科学上の新たな知見を得ることを目的としている。

第1章では、高速イオンビーム分析技術の背景について述べ、その原理・特徴および分析技術上の課題について概説し、本研究の意義と位置づけについて述べている。

第2章では、Ni₃Al 金属間化合物中の B 原子の格子占有サイトの決定について述べている。核反応 $^{11}\text{B}(p, \alpha)^8\text{Be}$ と、プロトンにより励起された特性 X 線を同時に計測することによってチャネリング解析を行い、B 原子が単位胞の中心の 6 個の Ni 原子に囲まれた八面体位置を優先的に占有することを明らかにしている。

第3章では、MBE 法で Ge を Si (100) 表面に堆積し、イオンチャネリング法と断面 TEM 観察により Ge エピタキシャル層中の欠陥を解析した結果について述べ、Ge の堆積温度と膜厚の最適化により、Ge/Si 界面の転位発生を抑制できることを見出している。

第4章では、プロトン共鳴散乱の微分散乱断面積を実験で求め、スペクトル解析プログラムを開発し、それを応用して TiN 薄膜の構造、密度、配向性と成膜条件との関係を調べた結果について述べている。特に堆積中のガス圧力を下げて、薄膜表面に付与されるエネルギーを大きくすると TiN の構造は緻密になる等の新しい知見を得ている。

第5章では、50 MeV の Ar ビームを用いた反跳粒子検出法 (ERDA) による薄膜中の水素の高精度な定量法について述べている。この方法と赤外分光法およびレーザーラマン分光法により、ダイヤモンド状炭素膜の成膜条件と水素含有量、炭素-水素原子結合状態及び膜の硬度の関係を調べ、水素原子は、膜中の炭素原子間に介在して炭素原子同志を3次元的に結合させ、膜の硬度を高める役割を果たしていることを明らかにしている。

第6章では、LPCVD 法により作製した窒化シリコンと Si 基板との界面に形成される組成遷移層の厚さを、化学的エッチング法とラザフォード後方散乱法とを組み合わせる手法により測定する方法を提唱している。さらに、この方法を用い、窒化シリコンの蒸着方法と組成遷移層の厚さの関係を明らかにしている。

第7章では、本研究で得られた成果のまとめと今後の展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

材料科学分野の発展とともに、課題を解決するためのキャラクタリゼーションでは、一分析手法だけを駆使してアプローチするのは危険で、かつ有効ではなくなりつつある。多角的に現象をとらえることが重要になっており、分析評価技術には多様性が要求されるようになってきている。高速イオンビームを材料解析に応用する場合、重元素マトリックス中の軽元素不純物（例えばH, B, N, O）に対する感度の不足、重元素同志の分離が困難という課題に直面する。

本論文は、この課題に対して、共鳴散乱粒子、核反応生成粒子や特性X線による分析方法を考案することにより解決をはかるとともに、他の分析技術と相補的に併用することにより、材料についての新たな知見を引き出すことを主目的としている。

主な成果として、以下のことがあげられる。

- (1) $^{11}\text{B}(\text{p}, \alpha)^8\text{Be}$ 核反応とプロトンビーム照射によって励起される特性X線を計測するイオンチャネリング法を考案し、金属間化合物 Ni_3Al 中に添加されたB原子の占有サイトを明らかにしている。
- (2) イオンチャネリング法と透過型電子顕微鏡を併用して、分子線エピタキシャル成長法でSi結晶表面に成長させたGe層の格子欠陥と蒸着条件(基板温度)との関係を明らかにするとともに、X線計測を援用したチャネリング法を試み、Ge中にドーパされたGa原子の置換サイト占有率を求めることに成功している。
- (3) 酸素原子と窒素原子によるプロトンの共鳴散乱断面積を用いたイオン散乱スペクトル解析プログラムを開発し、ステンレス鋼表面に蒸着したTiN薄膜の解析に応用して、膜の組成・不純物(酸素)濃度・密度とTiNの蒸着に用いるArガスの圧力との関係を明らかにしている。
- (4) 50 MeVのArビームをプローブに用いて、水素濃度を高精度で定量できる反跳粒子検出法(ERDA)を確立し、ラマン分光法や赤外線分光法とも併用してダイヤモンド状炭素膜の物性(硬度)と蒸着条件(基板温度とイオンエネルギー)と膜中の水素濃度ならびに炭素と水素の結合状態の関係を明らかにしている。
- (5) 窒化シリコン膜の成長初期段階に形成される組成遷移層を、化学エッチングとRBSを組み合わせることによって測定する技術を確立し、窒化シリコン膜の成膜条件と組成遷移層の厚さとの関係を調べ、組成遷移層の発生を抑制する方法を提案している。
- (6) 高速イオンビーム分析法の応用範囲をさらに拡大するために、今後取り組むべき課題と展望について述べている。

以上のように、本論文は、一貫して高速イオンビーム分析技術の応用について研究を進め、その成果により材料分野でのいくつかの新たな知見を見出すことに成功したもので、応用物理学、とくに解析科学の分野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あるものと認める。