

|         |                                                                                                                                                               |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名     | 櫻 井 照 夫<br>さくら い てる お                                                                                                                                         |
| 学位の種類   | 理 学 博 士                                                                                                                                                       |
| 学位記番号   | 理 博 第 303 号                                                                                                                                                   |
| 学位授与の日付 | 昭 和 48 年 11 月 24 日                                                                                                                                            |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当                                                                                                                                       |
| 研究科・専攻  | 理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻                                                                                                                                       |
| 学位論文題目  | <b>Effects of Atomic Displacements in Guinier-Preston<br/>Zone of Al-Zn Alloy on Channeling of Protons</b><br>(Al-Zn 合金の G-P 層のまわりの原子変位がプロトンチャネ<br>リングに及ぼす影響) |
| 論文調査委員  | (主 査)<br>教 授 浅井健次郎 教 授 中井祥夫 教 授 松原武生                                                                                                                          |

### 論 文 内 容 の 要 旨

高速イオンが単結晶の原子列に平行に入射するとき、イオンの大部分は原子に散乱されることなく原子列の間に沿って比較的容易に透過する現象はチャネリングと呼ばれている。結晶格子の乱れが、このチャネリング現象に及ぼす影響はまだ詳しく知られていない。一方数パーセントの亜鉛を含むアルミニウム・亜鉛合金は、適当な熱処理により、ギニエ・プレストン層と呼ばれる直径数十Åの球状の析出物をつくる。著者は格子の乱れ構造のよく知られているギニエ・プレストン層を含む単結晶についてイオンのチャネリングの研究を行い、高速イオンの運動が結晶格子の乱れによりどのように妨げられるかを解明しようとした。

アルミニウム —4.6 at % 亜鉛合金に適当な熱処理を行い、半径 20 Å と 40 Å のギニエ・プレストン層をもつ二種類の単結晶を作成した。この結晶の [110] 軸に平行に約 2 MeV の陽子を照射し、後方に散乱された陽子のエネルギースペクトルを測定したが、ギニエ・プレストン層の直径が大きいほど後方散乱イオンの収率が高く、明らかに格子歪の影響が認められる。この結果の解析にはイオンの散乱機構を仮定する必要があり、著者は次のようなモデルについて、後方散乱イオンのエネルギースペクトルの式を導びいた。

格子歪により高速イオンの後方散乱の収率が増加する原因として、

(i) 直接散乱、すなわち、原子列の間に軌道をもつイオン（以下チャネル粒子という）が原子列の間にまで変位した原子と衝突し、直接後方に散乱される機構。

(ii) デチャネリング、すなわち、チャネル粒子が変位原子と衝突し小角度の散乱をうけ、原子列の周期性の影響を受けない運動をするため後方に散乱される確率が増加する機構。

の二つを考慮した。変位が Thomas-Fermi の遮蔽距離以上の原子が直接散乱に関与し、その散乱を Rutherford 散乱として記述する。また変位原子とチャネル粒子の衝突でデチャネリングの起る確率を定数と置けば、後方散乱イオンのエネルギースペクトルは格子欠陥密度、デチャネリングの確率、格子欠陥を

もたない結晶からの後方散乱イオンのエネルギースペクトルの関数として書ける。著者はこの関係式をもとに、実測エネルギースペクトルの解析法を提案したが、それによれば、直接散乱、デチャネリングのエネルギースペクトルへの寄与をそれぞれ独立に求めることができる。一方、ギニエ・プレストン層の内部では中心からの距離に比例する原子変位、層の外部では中心からの距離の2乗に反比例する原子変位があることが弾性論から導びかれるが、この比例係数は弾性論からは決めることができない。著者はこの比例係数をパラメーターとして、直接散乱、デチャネリングを計算し、実測エネルギースペクトルより求めた値とよく一致する比例定数を決定した。このとき、デチャネリングの確率の計算においては、直接散乱と同じく、変位が Thomas-Fermi 遮蔽距離以上の原子は隣接する原子の変位とは無関係にチャンネル粒子をデチャネリングするという最も簡単なモデルを採用している。その結果、直接散乱、デチャネリングから求めた二つの比例係数は測定誤差内でひとしく、半径  $40 \text{ \AA}$  のギニエ・プレストン層では  $0.50 \times 10^{-2}$ 、半径  $20 \text{ \AA}$  のギニエ・プレストン層では  $1.00 \times 10^{-2}$  であった。この値は弾性論的にみても矛盾のない値であり、また Merz と Gerold (1966) がX線小角散乱から求めた値とも比較的良好に一致している。

この結果、解析に用いたいくつかの仮定、とくに原子変位が Thomas-Fermi の遮蔽距離より大きい原子が、隣接する原子の変位と無関係に直接散乱、デチャネリングに寄与するという仮定がギニエ・プレストン層のような大きな格子欠陥においても成り立つことが明らかとなった。また著者の提案する後方散乱イオンのエネルギースペクトルの解析法に従えば、直接散乱、デチャネリングの確率の二つの独立な量を実験値より導びくことができ、これにより格子欠陥による原子変位を精度よく導びくことができることを明らかにしたものである。

参考論文のうち、7編は高速イオンのチャネリング現象の基礎的問題、応用研究を取り扱ったものである。

## 論文審査の結果の要旨

高速イオンのチャネリング現象を用いて不純物原子の結晶格子内の位置を決定することは、すでに広く用いられている。しかるに、その他の格子欠陥の研究には、チャンネル粒子と格子歪の相互作用が複雑でその解析が容易でないという理由のため十分の研究は全く存在しなかった。著者桜井照夫はこの方法の重要性に着目し、構造が比較的簡単でまた理論的にも取り扱いの容易な球形のギニエ・プレストン層を含むアルミニウム・亜鉛合金の単結晶について、陽子のチャネリングを研究した。

単結晶の原子列の間を運動する高速イオンが格子欠陥により散乱される過程の考察から、著者は高速イオンが格子欠陥をもつ単結晶の原子列に平行に入射したとき、後方に散乱されるイオンのエネルギースペクトルの式を導びいた。この関係式をもとに、ギニエ・プレストン層を含む単結晶における陽子のチャネリング現象の測定結果を解析し、ギニエ・プレストン層による原子変位を決定した。この原子変位の決定そのものも重要な結果であるが、更に重要なことは、高速イオンのチャネリング現象を用いて、複雑な格子欠陥の構造が研究できることを示したことである。他の格子欠陥研究の方法に較べてチャネリング法が特に優れている点は、結晶表面から数  $\mu\text{m}$  以内の範囲を深さの精度  $0.05 \mu\text{m}$  程度で精密に測定できることである。したがって、不純物原子の格子内の位置決定と同様に、チャネリング現象が複雑な格子欠陥の

研究にも利用できる可能性を示したわけである。

参考論文 2～8 は高速イオンのチャネリング現象の種々の問題を扱い重要な結果を得たものであり、著者の豊富な知識と、研究能力を示している。

要するに、著者桜井照夫の業績は高速イオンのチャネリング現象による結晶格子欠陥の構造の解明に重要な一歩を踏み入れたものとして高く評価されるべきである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。