

【 75 】

氏 名	泉 邦 英 いずみ くに ひで
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 290 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 45 年 1 月 23 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	The Effects of Irradiation of 100 KeV Electrons on Alkali Halide Crystals ; The Point Defect Coagulates in NaCl and KCl Irradiated at Room Temperature (アルカリハライド結晶における 100KeV 電子の照射効果 ; 室温照射を受けたNaClとKCl中での点欠陥集合体)

(主 査)
論文調査委員 教 授 浅井健次郎 教 授 中 井 祥 夫 教 授 長谷田泰一郎

論 文 内 容 の 要 旨

結晶中の格子欠陥は、結晶の変形、光吸収、その他各種の物理的性質に直接結びつくことが多いだけに、その研究は戦後物性研究の重要な分野となった。それにつれて格子欠陥の直接観察が、この分野の中で重要なテーマとなり、幾つかの方法が確立されてきているが、その中で電子顕微鏡を使用する方法は、電子線照射により結晶中に欠陥を発生させつつ、それを観測し得るという点で、欠陥の生成の連続的な観察が可能になるという利点を有する。しかし、一方このような観察を行なうためには試料作成、その他技術的に克服すべきいくつかの難点が存在するので、観察された電顕像が真実結晶内の或種の欠陥を示すものかどうかについても議論の対象となった。本論文においては NaCl および KCl について、化学的处理および、場合によっては電子線照射を併用して作成した結晶薄膜について欠陥の観察を行なっている。

このような試料を 100KeV の電子線で照射したとき生成する欠陥像には、三つの型が存在することが認められた。そのうち第一の型のもは一对の double loop から成るもので、これは既に日比等により観測されたものでレンズ状の空孔に基くものと考えられる。第二、第三の型のもは今回新しく発見されたもので、前者は $\langle 100 \rangle$ 方向にのびた棒状の像であり、後者は、蝶形をなし、その対称軸とも言うべき no contrast の部分が $\langle 100 \rangle$ をむいている。これらがどのような欠陥に基くものであるかを調べるため、結晶の特定の方向から電子線を入射し、暗視野像の比較を行なって欠陥周辺の変位ベクトルのむきを決定した。すなわち220反射では、たとえば第三の型における no-contrast の線が $[100]$ に平行のものと $[010]$ に平行なものの二種類が観測されるに反し、200 反射による image では $[010]$ の方向のもの一種類だけが観測される。これらの結果から推定して、このような第二および第三の型の電顕像を与える欠陥は結晶中において $\{100\}$ 面の一つに平行で $\langle 100 \rangle$ の一つの方向にのびた、細長い板状欠陥であると考えられる。すなわちこのような板状欠陥の周辺での変位ベクトルは板面に垂直の方向、従ってやはり $\langle 100 \rangle$ 方向の一つと平行になる。このような板状欠陥は結晶中において六つの方向をとり得るが、たとえば $[001]$ から電子線を入射した場合、 (001) 面に平行な欠陥では変位ベクトルが $[001]$ に平行なため contrast

が得られない。一方(100)面および(010)面に平行なものうち〔100〕方向にのびた欠陥からは第三の型の、これと垂直方向にのびたものからは第二の型の image が得られることが結論される。

このようにして、結晶中における欠陥の形、厳密に言えば欠陥附近の歪状況が明確に把握された上で、本論文においてはその本体を明らかにするため、熱処理に伴う効果の観測を行なっている。すなわち、たとえば板状の欠陥が観察されている KCl 試料を 150°C で熱処理をすると消滅するが、これは X 線および電子線照射を受けた KCl 結晶の硬さに対する熱処理効果と、温度の点でよい一致を見ることが、また、このような被照射結晶において観測される X-band と呼ばれる吸収の熱処理効果との対応から、電顕像においてみられる欠陥がアルカリ金属のコロイドであろうと推論されている。

その他本論文において、以上の欠陥生成における試料中不純物の効果、照射条件の影響、転位の存在との関係等を詳細に観察し、アルカリハライドの研究に関する新しい知見を加えている。

論文審査の結果の要旨

結晶中の格子欠陥の研究は結晶の物性を明らかにする上で重要なものの一つであるが、その中で、欠陥の直接観察は主要なテーマとなっている。これには幾つかの方法が存在するが、電子顕微鏡を使用する方法は、電子線で照射することによって、結晶中に欠陥を生成させつつ、その発達過程を連続的に観察できる点に一番大きな利点がある。しかし一方ではそのために克服すべき技術上の問題もあり、対象とする物質に応じて、いろいろと学界で論議をつくされてきた。申請者はイオン結晶における欠陥生成の機構を解明する目的で、KCl 及び NaCl の単結晶薄片を作成し、電子線照射によって発生した欠陥を観察した。

100KeV の電子線で照射したとき、三種類の欠陥像が観察された。その内、一対の double loop より成るものは、既に日比等によって観察されたものであるが、残りの二つは新たに申請者によって、発見されたものである。それは、一つは結晶の〈100〉方向にのびた棒状のもので、もう一つは蝶形をなし、その対称軸にあたる部分は電顕像において contrast を与えず、しかもこれがやはり〈100〉の方向にのびている。これらが別々のものであるか、或は同一種類の欠陥によって与えられるものであるかを追求した。そのため、先ず結晶に対し、特定の方向から電子線を入射し、暗視野像の比較を行った。220 反射を利用した場合は〔010〕に平行にのびたものと〔100〕に平行にのびたものの二種類が認められるに対し、200 反射による image では〔010〕方向のもの一種類だけが観測される。このような事実から、申請者は欠陥附近における格子の歪の変位ベクトルの向を決定し、それから欠陥の形状を推定して、この二つの型の image を統一的に説明し得る欠陥の型を提起した。

即ち結晶中において {100} 面の一つに平行で、〈100〉の一つの方向にのびた細長い板状の欠陥を考える。このような板状の欠陥は、ここで問題としているような等軸晶系の結晶においては六つの方向をとり得るが、そのような部分での変位ベクトルは板面に垂直、従ってやはり〈100〉方向の一つと平行になる。故にたとえば〔001〕から電子線を入射した場合(001)面に平行な欠陥では、変位ベクトルが〔001〕に平行であるため、このような欠陥があっても、この条件下では電顕像には contrast を与えない。一方(100)面及び(010)面に平行なものは contrast を与えるが、このうち〔001〕方向にのびた欠陥は第三の型の像を与え、またこれと垂直な方向にのびたものからは、第二の型の image を与えることが説明され

る。このように一見異なった二つの型の像が同一の欠陥によって生ずることが矛盾なく説明される。

このようにして、申請者は電子線照射により発生する欠陥に関し、今までの発見に加えて新しく、結晶の対称性と深い関係をもった規則的な形状の別種の欠陥の存在することを証明している。また、このような歪ベクトルの方向の決定からする形状の確認を行なった上で、さらに熱処理によってこれらがどのように変化するかを詳細に調べている。これは、このような欠陥の本体を知る上で重要であって、今までに調べられた放射線損傷効果との対比を行なっている。たとえば板状の欠陥が観察されているKCl試料を 150°C で熱処理を行なうと、その欠陥が消滅するのが認められるが、これはX線および電子線照射をうけた KCl 結晶が示す硬さに及ぼす熱処理効果と、温度軸上でよい一致を見ること、またこのようなアルカリハライド結晶の被照射試料において観測される X-band 吸収の熱処理効果と比較検討することにおいて、申請者は上記の板状欠陥がアルカリ金属のコロイドであろうと推論している。

このようにして申請者は電子線照射の結果、アルカリハライド結晶中に発生する欠陥について、その形状の決定と、その本体に関する推論を行ない、さらにこのような欠陥生成にかかわる不純物の効果、照射条件の影響および結晶中の転位との関連について詳細に調べている。これらはイオン結晶中における欠陥生成の一つの過程を明らかにしたものとしてこの方面の研究に寄与する所が多い。

参考論文5編は何れも結晶中における欠陥、或は析出物の生成を電顕観察を通して解明したもので、この方面の興味ある成果と言えよう。

以上の点から判断して、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。