Osaka University Knowledge Archive

Title	電子線回折動力学理論による電子顕微鏡像コントラストの解釈に関する研究
Author(s)	井口, 惠介
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33219
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【21】

氏名・(本籍)	井口惠介
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5656 号
学位授与の日付	昭和57年3月25日
学位授与の要件	工学研究科 応用物理学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	**電子線回折動力学理論による電子顕微鏡像コントラストの解釈に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 橋本初次郎 教授 藤田 茂 教授 藤田 広志 教授 鈴木 達朗 教授 三石 明善 教授 南 茂夫

論文内容の要旨

本論文は，電子顕微鏡像が示す各種の異常コントラストを，電子線回折動力学理論を適用して解釈することによって得られた物質と電子との相互作用に関する新たな知見について論じたもので，次の6章より構成されている。

第1章では，電子顕微鏡像コントラストの解釈の理論的背景として，電子線回折動力学理論の概要と，電子線の異常透過現象，及び電子顕微鏡を用いた結晶構造因子測定法に関する研究の現状を紹介し，本研究の位置づけを行っている。

第2章では，多波動力学理論による電子線回折強度分布計算の方法について述べている。まず，動力学理論の基礎方程式中のexcitation errorを与える計算式を導出し，ついで電子顕微鏡像の等傾角干渉縞の強度分布計算のためのアルゴリズムを示している。更に，励起した波の数に対する固有値の収束性を検討し，その結果，加速電圧が高くなると，固有値の収束性が悪くなるが，数100Å以上の膜厚では，収束の遅いブロッホ波は，電子が結晶内を通過する間に急速に吸収されるので，シミュレーションに，それ程影響を及ぼさないことを指摘している。

第3章では，薄膜結晶の電子顕微鏡像中に現れる交叉等傾角干渉縞の異常コントラストを用いた低次結晶構造因子測定法について述べている。まず，等傾角干渉縞と菊池線の等価性を指摘し，同時反射効果による異常コントラストは，菊池線と同様に，等傾角干渉縞においても現れることを示している。

次に，三波動力学理論の解析結果に基づいて，弱い高次反射と強い低次反射の2つの等傾角干渉縞が交叉した領域において，同時反射効果によって生じた弱い高次反射の縞の分裂の間隔と，強い低次

反射の結晶構造因子の間の関係を導いている。次に，分裂間隔の膜厚，及び加速電圧依存性を，実験的，理論的に検討し，この測定法の特徴について述べ，さらに，Al，及びMoO_3結晶の低次結晶構造因子の測定結果を示している。

第4章では，MgO結晶に入射した電子の挙動について論じている。すなわち<$\bar{1}10$>方位のMgO単結晶に各種の入射条件で入射した電子の電子流分布を，吸収を考慮した場合と，考慮しない場合について論じている。その結果，全ブロッホ波の電子流分布は，成分ブロッホ波の電子流分布の単純な重ね合わせでは説明できないことを示し，さらに，化合物結晶中の異種原子列に沿って流れる全ブロッホ波の電子流分布は，互いに独立しておらず，隣接した原子列と強く相互作用していることを指摘している。

第5章では，交叉等傾角干渉縞，並びにzone axis patternの微細構造の実験的，理論的検討を行ない，実験的に得られた交叉等傾角干渉縞，及びzone axis patternの微細構造は，理論強度分布と非常に良い一致を見せることを述べている。又，暗視野像中の等傾角干渉縞の異常コントラストは，結晶内で電子が逐次に弾性及び非弾性散乱を受けるために生ずることを指摘し，さらに，zone axis pattern の各種の異常コントラストを，分散面を用いて詳細に説明することに成功している。

第6章では，以上の研究成果を総括し，今後の課題について述べている。

論文の審査結果の要旨

電子顕微鏡像コントラストは，物質と電子との相互作用を調べるのに好都合であることが早くから知られ，電子線回折動力学理論の2波近似を用いた研究がなされて来たが，複雑なコントラストについては半定性的な議論がなされて来た。

本論文は，電子線回折動力学理論の多波近似を用いて，電子顕微鏡像のコントラストを論ずることを試み，交叉等傾角干渉縞の異常コントラストを解釈することによって，結晶内原子の外殻電子の状態に関係する低次結晶構造因子測定法を開発し，結晶構造や，電子線チャンネリングなどの情報を含んでいるzone axis patternの膜厚，及び加速電圧依存性を実験的，理論的に検討し，又，結晶内原子列に沿って流れる電子分布の計算の結果を示したものであり，その主要な成果を要約すると次の通りである。

1）等傾角干渉縞と菊池線の等価性を論じ，交叉菊池線と同様，交叉等傾角干渉縞には，同時反射効果による分裂が起こることを論じ，この間隔と低次結晶構造因子の関係を理論的に導き，この関係を用いて，Al及びMoO_3結晶の低次の結晶構造因子の測定を行っている。又，この分裂間隔は，加速電圧の低下に伴って増大することを，理論的に示し，この現象を実験的に検証している。

2）MgO単結晶に各種の条件で入射した電子の電子流分布を，吸収を考慮した場合と，考慮しない場合について計算を実施し，成分ブロッホ波，及び全ブロッホ波の原子列に沿う電子流分布の比較検討を行うことによって，各電子流分布の関連性に関する新たな知見を得ている。

3）zone axis pattern の微細構造を，多波計算を用いて説明し，膜厚，並びに加速電圧依存性を，実験的，理論的に検討し，さらに，分散面を用いて，zone axis pattern の微細構造を詳細に説明することに成功している。

以上のように，本論文は，物性論的に重要な低次結晶構造因子の測定を，電子顕微鏡像により実施する方法を開発すると共に，電子顕微鏡像コントラストの異常現象に関して，多くの新知見を得ており，電子顕微鏡学，材料物性工学，結晶学上，貢献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。