



Title	Fundamental Studies on the Interactions of kV Electrons with Solids for Applications to Electron Spectroscopies
Author(s)	丁, 澤軍
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37524">https://hdl.handle.net/11094/37524</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">大阪大学の博士論文について</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・（本籍）	でいん 丁	つえ 澤	じゅん 軍
学位の種類	工	学	博士
学位記番号	第	9 3 8 0	号
学位授与の日付	平成 2 年 10 月 29 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	Fundamental Studies on the Interactions of kV Electrons with Solids for Applications to Electron Spectroscopies (電子分光法における kV 電子と固体との相互作用に関する 基礎的研究)		
論文審査委員	(主査) 教授 志水 隆一		
	教授 興地 斐男	教授 一岡 芳樹	教授 南 茂夫

## 論文内容の要旨

本論文は、現在、表面ならびに界面の物性研究において最も広く用いられている電子分光法の基礎となっている keV 以下のエネルギー領域において、電子と固体との相互作用についての理論と実験両面からの研究成果をまとめたもので 9 章よりなっている。

第 1 章では、先ず電子分光法の基本原理と、その歴史的な発展について簡単に概説し、本研究の主要課題と位置づけについて記している。

第 2 章では、モンテカルロ・シミュレーションのモデルの基礎となる電子と原子との弾性散乱の理論的取扱いを述べて、本研究で採用した部分波展開法による弾性散乱微分断面積についての数値計算の有効性を、実験結果との比較により確かめている。次に、電子と原子、自由電子ガス及び固体との非弾性散乱理論について簡単に述べ、Penn が提案した誘電関数の  $q$ -依存性を導入することにより、遷移金属を含む各種金属についての励起関数、エネルギー損失分布、散乱角度分布、阻止能及び非弾性散乱平均自由行程を計算し、実験との比較によりこの理論の有効性を確かめている。

第 3 章では、第 2 章で導出した理論計算をもとにした新しいモンテカルロ・シミュレーションについて述べ、実際の計算手順についての説明を行っている。さらに、二次電子によるカスケード形成についてのシミュレーションも組み込まれることになるので、より現実 に即したシミュレーションが可能になることを指摘している。

第 4 章では、オージェ電子分光法 (AES) による表面化学組成の定量分析を実現する上で不可欠な、背面散乱電子によるオージェ電子生成確率を与える背面散乱補正因子についての系統的な計算結果を示しそれに基づく定量補正因子の universal formula を導いている。さらに、この補正因子を用いた Au-

Cu標準試料のオージェ定量分析結果を示して、定量分析精度が著しく向上したことを述べている。

第5章では、本モンテカルロ・シミュレーションにより二次電子のエネルギー分布についての正確な知見が得られることを実験との比較より確かめ、さらに高分解能SEM像についてのシミュレーションを行い、高分解能SEM像形成についての新しい知見について述べている。

第6章では、オージェ電子やX線励起光電子などの脱出過程における弾性散乱の寄与について定量的な検討を試み、脱出過程における非弾性散乱と弾性散乱の寄与についてのシミュレーション結果に基づき、弾性散乱の寄与によって見かけ上脱出深さの値が小さくなることを見だし、新たな補正を提案している。

第7章では、数百eVのエネルギー領域における金試料からの反射電子の角度分布が、孤立金原子による弾性散乱微分断面積に対応する特異なlobeを伴うことを理論計算より示し、さらに、角度分解型エネルギーアナライザーを用いた実験装置による検証実験について述べている。その結果、予想通り、得られた反射電子の角度分布のlobeが上記弾性散乱微分断面積のlobeとよい一致を示すことを確認し、低速電子線の場合の特異なバックグラウンド形成について注意を喚起している。

第8章では、以上の結果を総括し、主な成果をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

電子分光法は表面ならびに界面の物性研究において現在最も広く用いられている研究手段である。特にkeV以下の領域における電子のエネルギースペクトルには、様々な素励起ならびに散乱過程についての情報が含まれており、もたらされる知見も多岐にわたっている。従って得られたスペクトルから正確な知見を引き出すには、このような電子と固体との相互作用についての理解が不可欠である。本研究はこのような要請にこたえるために、電子の固体内散乱と励起過程について新しいモンテカルロ・シミュレーションを開発し、実験との比較検討を行ってその有用性を確かめたもので、主な成果は次のようなものである。

- (1) 部分波展開法による弾性散乱微分断面積の数値計算プログラムを作成し、一連の元素について系統的な計算を行い、データベース構築を行っている。
- (2) 非弾性散乱について、分散関係を考慮した理論的な取り扱いを提案し、放射光実験による光学誘電関数のデータベースに基づき、非弾性散乱平均自由行程、励起関数、電子阻止能などについて詳細な計算を行い、実験結果との比較からその有用性を確かめている。
- (3) 上記の理論計算に基づく電子の固体内散乱と励起過程について、より一般的なモンテカルロ・シミュレーションコードを開発し、オージェ定量分析のための背面散乱補正因子について系統的計算を行い、補正因子についてのデータベースを構築している。さらに高分解能SEMの像形成についても、一連の計算結果に基づき従来の見解を大幅に修正する新しい解釈を提起している。
- (4) オージェ電子やX線励起光電子などの脱出過程における弾性散乱の寄与について一連のモンテカルロ・シミュレーションを行い、従来の非弾性散乱のみを考慮した脱出深さの評価の修正が必要であることを定量的に議論し、今後の定量補正への重要な示唆を与えている。

なお、これらのうち(3)の背面散乱補正因子は表面組成定量分析の国際標準化の一環に取り入れられ広く用いられている。

以上のように本研究は、電子分光法を用いた表面定量分析に関して基礎的なデータベースの構築を行い、定量精度の向上への新たな展望をひらいたもので、表面工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。