

氏名	木下 明将		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	理 学		
学位授与番号	博甲第 2041号		
学位授与の日付	平成12年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Si-L _{2,3} 線を利用した金属silicide/Si接合系試料の定量分析		
論文審査委員	教授 岩見基弘	教授 中村快三	教授 澤田昭勝

学位論文内容の要旨

従来行われていた EPMA(Electron Probe Micro Analysis)による定量分析法は内殻電子励起により発生する特性X線の強度比 k -ratio (標準試料と分析試料から得られる特性X線の強度比) を利用したものであった。しかし、特性X線強度のみを利用して分析を行うと試料を構成している元素の種類のみ情報しか得ることができないため、少ない元素数で構成された複雑な系の分析には対応できない。そこで、本研究ではその情報源として Si-L_{2,3} 線のスペクトル形状に注目し、この特性X線を利用して定量分析する方法を考案した。

薄膜/基板系試料の定量分析は特性X線の深さ方向分布(発生関数)の情報を得ることによって可能となる。この発生関数は複雑な系にも対処できる汎用性の高い MCS を利用する方法を用いて算出した。また、MCS は *Murata et al.* により考案された Hybrid Model を利用して行っている。

本論文では、Si-L_{2,3} 線スペクトル形状と強度、及び MCS を用いた薄膜接合系の新しい定量分析法の開発・改良・応用の研究の成果について述べている。

分析の第一段階として、もっとも単純な系である silicide(薄膜)/Si(基板)接合系試料の silicide 膜厚の導出を行った。

第二段階として、Metal/Si 系試料の低温界面反応初期過程に現れる Metal(薄膜)/silicide(薄膜)/Si(基板)接合系試料の各膜厚の決定を試みた。

第三段階として、Metal/Si 系試料の反応中期過程以後に現れる silicide(薄膜)/silicide(薄膜)/Si(基板)接合系試料の膜厚導出を行った。

上記の膜厚評価では、数 10 nm の値を 10%程度で決定することができる。

また、この手法の応用の一つとして、silicide(薄膜)/Si(基板)接合系試料を測定して得られる混合 Si-L_{2,3} 線スペクトルから、薄膜部分を構成している silicide の Si-L_{2,3} 線スペクトルを抽出する方法を考案した。

これらの研究から Si-L_{2,3} 線スペクトルの形状と強度の SXES 測定と MCS の結合により silicide(薄膜)/Si(基板)多層接合系試料を非破壊かつ定量的に分析ができることを明らかにし、また既存の手法との併用により、さらに複雑な系への応用の可能性を示した。

論文審査結果の要旨

本研究では、軟 X 線放出分光法 (SXES: Soft X-ray Emission Spectroscopy) と Monte Carlo Simulation (MCS) を組み合わせることにより、遷移金属 (シリサイドを含む: 薄膜)/Si (基板) 接合系について、その定量解析を試みている。

従来、薄膜/基板接合系試料の定量解析 (薄膜の膜厚導出) には、電子プローブマイクロアナリシス (EPMA : Electron Probe Micro Analysis) がよく用いられてきた。この手法では標準試料と分析試料から得られる特性 X 線強度の比を用いることで、分析試料の膜厚を定量解析する。しかし、特性 X 線強度のみを利用して解析を行うため、試料を構成している元素の種類のみ情報しか得ることができず、少ない元素数で構成された複雑な系の分析には適用できない。例えば、NiSi (薄膜)/NiSi₂ (薄膜)/Si (基板) 接合系試料の場合には、従来の信号強度のみに依存する EPMA の手法では NiSi と NiSi₂ を区別することができず、未知の薄膜を構成する物質の相や膜厚の解析が不可能となる。

このような複雑な薄膜接合系を定量解析するためには、新しい情報源が必要である。そこで、本研究では、その情報源として、薄膜接合系試料から放出される Si-L_{2,3} 線のスペクトル形状が、Si のさまざまな化学結合状態により、変化することに注目している。即ち、Si L_{2,3} 放出軟 X 線は、遷移金属として Ni を取り上げた場合、Si, NiSi₂, NiSi, Ni₂Si のそれぞれに対して、異なるスペクトル形状を与えることに注目している。その結果、例えば、NiSi (薄膜) /NiSi₂ (薄膜)/Si (基板) 接合系試料を測定して得られた Si-L_{2,3} 放出軟 X 線スペクトルでは、各層から得られる信号がそれぞれの相に固有の形状を持つため 2 元素で構成されながら、Si, NiSi, 及び NiSi₂ の信号強度とスペクトル形状に関する 6 種類という多くの情報が含まれている。本研究では、このような特徴を利用することにより、Si-L_{2,3} 放出軟 X 線スペクトルの形状と強度の測定と、MCS の組み合わせによる、新しいに薄膜接合系の定量解析法を提案し、遷移金属 (薄膜) /Si (基板) 接合系のいくつかにそれを適用し、その有用性を示している。

具体的には、(1) シリサイド(薄膜)/Si(基板)接合系である CoSi₂/Si 系と NiSi/Si 系試料、(2) 遷移金属(薄膜)/シリサイド(薄膜)/Si(基板)接合系である Ni(薄膜)/NiSi₂(薄膜)/Si(基板)接合系試料、(3) シリサイド-1(薄膜)/シリサイド-2(薄膜)/Si(基板)接合系の NiSi(薄膜)/NiSi₂(薄膜)/Si(基板)試料について定量解析を試み、シリサイド相の同定、及び、数 10nm の膜厚の導出を約 10% の精度で実現することに成功している。

また、この手法の応用の一つとして、シリサイド(薄膜)/Si(基板)接合系試料を測定して得られる混合 Si-L_{2,3} 放出軟 X 線スペクトルから、薄膜部分を構成している未知のシリサイド相の Si-L_{2,3} 放出軟 X 線スペクトルを抽出する方法を考案している。

以上のように、遷移金属 (及びそのシリサイド) と Si からなる接合系の Si-L_{2,3} 放出軟 X 線スペクトルの形状と強度の SXES 測定と MCS を組み合わせることにより、多層接合系試料を非破壊的かつ定量的に解析できることを明らかにし、また、さらに複雑な系への応用の可能性を示しており、博士の学位に値すると判断した。