

京都大学	博士（工学）	氏名	Abbas Alshehabi
論文題目	Grazing X-Ray Analysis (斜X線分析)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、斜入射X線もしくは斜出射X線を用いた表面分析の新しい手法を提案し、その方法を実際の表面分析や表面物理過程の解析へ応用した結果をまとめたものであって、8章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、従来報告されている斜入射励起X線および斜出射発光X線分析法を、その最初の論文にまでさかのぼって、原理と応用を総合的にまとめたものであり、その解説の及ぶ手法は、第2章で論じるGE-XRF（斜出射蛍光X線分析）法、GE-EPSMA（垂直入射電子線励起斜出射電子プローブX線マイクロ分析）法、RHEED-TRAX（反射高エネルギー電子線回折-全反射角度X線分光）法である。斜出射法は1983年に最初に提案された論文に始まり、その後の発展が論じられている。第3章で新しい手法を提案するXRR（X線反射率測定）法についても論じられている。</p> <p>第2章はSEM-EDX（走査型電子顕微鏡エネルギー分散型X線分析）装置を用いて斜出射発光X線分光分析（GE-EPSMA）を簡易に行う方法を提案したものである。出射角度を変化させながらX線スペクトルを測定するために斜面を持つ試料台を用いることを提案した。従来は、試料のあおり角度を回転させるとともに、真空ベローズによってSEMの真空チャンバーに接続させた検出器を上下させなければならなかったが、斜面試料台を水平回転させるだけで、検出器を固定したまま測定する方法を提案したものである。金属試料表面の介在物分析へ応用した例も示されている。</p> <p>第3章は、ナノメートル厚みの多層薄膜試料の膜厚を測定する新しい装置の開発が報告されている。低出力（1W）X線管からの白色X線を多層薄膜試料に照射し、反射X線エネルギースペクトルを、エネルギー分散型X線検出器で測定することによって、多層膜によるX線の干渉縞を得る方法を新しく開発した。検出器の飽和を防ぐために低出力X線管を用いたが、1Wの低出力X線管でも分析に十分使用できることを示した。角度因子を含めた多層膜の中の多重反射を考慮した数値シミュレーションによって得られるエネルギースペクトルと、実測スペクトルとの比較によって多層薄膜のキャラクタリゼーションが可能であることを示したものである。この低出力X線管を用いる方法は、従来にない新しい手法であり、ナノメートル厚みを有する多層薄膜の新しい簡易分析法を提案したものである。</p> <p>第4章は、TRXPS（全反射X線光電子分光）法を、ハードディスク表面分析へ初めて応用したことにに関して論じられている。TRXPS法は、X線を試料表面へ、すれすれの角度で入射させ、X線光電子スペクトルを測定する方法である。TRXPS法によってフッ素保護層や磁性層などのハードディスク表面の多層膜構造分析が可能であることを示したものである。表面近傍の元素の深さに依存した化学状態変化についても論じられている。</p> <p>第5章は、TRXPS法を、ハードディスク表面の磨耗状態分析へ応用したものであり、表面の劣化を評価できる可能性を提案したものである。</p> <p>第6章は、反射電子線分光法に出現するプラズモン・サテライトをデコンボリュ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	Abbas Alshehabi
<p>ションによって解析し、これまで議論があったエクストリンシックな要因とイントリンシックな要因のどちらが主因かという問題に解答を与えたものである。イントリンシックな要因とは、固体中で電子空孔が発生したことによって一度に高次のプラズモンが生成するという考え方であり、一方エクストリンシックな要因とは固体中で高エネルギーの電子が進行するにつれて、平均自由行程を進むごとに、1つずつプラズモンを発生するというものである。従来、エクストリンシックな要因によってプラズモン・サテライトが出現すると言われてきたが、シャーリーのバックグラウンドを引いた後の高次のプラズモン・ピークの線幅の広がり、エクストリンシックな要因から予想される線幅に比べて有意に狭いことから、イントリンシックな要因が主となることを示したものである。従来の学説では、プラズモン・サテライトの主因はエクストリンシックなメカニズムによるものであり、イントリンシックなメカニズムの寄与はほとんどないと言われてきたが、この従来の学説を覆すものであり、表面定量分析の高精度化に大きく寄与するものである。</p> <p>第7章はTRXPS装置を用いて、Si表面に発生する表面プラズモンとバルク・プラズモンの角度依存性を実測した結果を示したものである。表面プラズモンとバルク・プラズモンの和は、観測方向によらず一定で、第6章で得られたイントリンシック・プラズモンがバルク・プラズモンの主因であり、表面プラズモンはエクストリンシックであると考察されている。</p> <p>第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、斜入射X線もしくは斜出射X線を用いた表面分析法の新しい手法の確立を目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 斜出射発光X線分光分析法を、広く普及したSEM-EDX（走査型電子顕微鏡エネルギー分散型X線分析）装置を用いて簡易に測定する方法を提案した。出射角度を変化させながらX線スペクトル測定するためには、従来は真空ベローズによってSEMの真空チャンバーに接続させた検出器を上下させなければならなかったが、斜面を持つ試料台を用いることによって、検出器は固定したまま、斜面試料台を回転させるだけで、X線出射角度を変化させる簡易測定法を提案した。この新しい方法によって、金属試料表面の介在物の分析を行った。

2. ナノメートル厚みの多層薄膜試料の膜厚を測定する新しい表面分析装置を開発した。低出力（1W）X線管からの白色X線を多層薄膜試料に照射し、反射X線エネルギースペクトルを、エネルギー分散型X線検出器で測定することによって、多層膜でのX線の干渉縞を得る方法である。数値シミュレーションとの比較によって多層薄膜のキャラクタリゼーションを行うことが可能であることも示した。

3. TRXPS（全反射X線光電子分光）法を、ハードディスク表面分析へ初めて応用した。フッ素保護層や磁性層などの多層膜構造を分析するとともに、表面磨耗状態を分析できる可能性を示した。

4. 反射電子線分光法に出現するプラズモン・サテライトをデコンボリューションによって解析し、これまでプラズモン・サテライトの生成メカニズムとして議論があったエクストリンシックな要因とイントリンシックな要因のどちらが主因かという問題に解答を与えた。従来、エクストリンシックな要因によってプラズモン・サテライトが出現すると言われてきたが、シャーリーのバックグラウンドを引いた後の高次のプラズモン・ピークの線幅の広がり小さいことから、イントリンシックな要因が主となることを示したものである。TRXPS実験により、Si表面に発生する表面プラズモンとバルク・プラズモンの角度依存性を実測し、イントリンシック・プラズモンがプラズモン・サテライトの主因であるとする説を裏付ける実験結果を得た。

以上のように本論文は、試料表面へX線を斜入射させるか、もしくは斜出射したX線を検出することを用いる表面分析法を開発した成果を報告したものである。またこれらの方法を表面分析に応用したり、表面の物理過程を解析することによって従来の学説を覆す成果を得たものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。