



研究室紹介

UDC 061.62:539.261.27:548.7

菊 田 研 究 室

本研究室は X 線、電子線、中性子線などを用いて表面物理学および回折結晶学の研究を行なっている。研究室の発足は昭和46年で、職員の構成は筆者と寺田啓子、柳田博司の高技官である。そのほか、大学院生1名、研究生1名が在籍している。研究室の運営にあたっては、辻泰教授とその研究室の全面的な協力を得ている。研究活動の概略を以下に紹介する。(1)(2)のテーマは昨年までに一応の成果を得たので、現在は(3)~(6)の研究を重点的に進めている。

(1) X線ホログラフィを利用した X線顕微鏡の研究 X線には有効なレンズがないために、X線像の拡大は普通、難かしいが、X線ホログラフィの方法を用いれば可能である。X線によってホログラムを作成し、レーザー光で像の再生を行ない、拡大像を得るのであるが、このような試みはなかった。当研究室ではその基礎実験を行ってきた。はじめに、X線源として東大・原子核研究所の電子シンクロトロン(1.3 GeV)からの軌道放射光を利用し、60 Åの波長の軟X線によってレンズレス・フーリエ変換方式のX線ホログラムを撮影した。物体は薄膜に数 μmの幅のスリットを数本刻み込んだモデル的なものを用いた。He-Neレーザー光で再生し、200倍の拡大像を得た。一方、微小焦点のX線管を組み込んだホログラム撮影装置を製作した。電子線を電磁レンズ2段によって絞って、薄膜のターゲットにあて、直径2 μmの焦点のX線源をつくった。CKα線、Al Kα線による数 μmの大きさのせいや赤血球などのX線ホログラムをガボア方式で撮影し、数 μmの分解能の再生像を得た。

(2) 熱中性子線の完全に近い単結晶による動力学的回折現象の研究 中性子線は吸収をほとんど受けないので、X線や電子線では観測できない回折現象をしらべることができる。SiやGe単結晶のような完全に近い結晶における回折現象は、多重散乱を考慮した動力学的回折理論によって説明されるが、それによると、ブラッグ・ケースのイントリンシックな回折強度曲線のプロファイルは吸収が無視できる場合、シルクハット型になるはずであるが、実際、予期されるプロファイル(半幅幅~0.5秒)を観測し、反射率がほぼ100%であることを確かめた。また、動力学的回折に特有な wave fanの角度拡大の作用を利用して、楔形試料による中性子線の極微小な屈折角(10⁻⁷ラジアン)のオーダー)を測定することができた。この方法によって原理的には核散乱振幅を高精度で決定できる。さらに中性子干渉計を実現するための予備的な実験を行なった。本研究は物性研との共同研究であっ

て、東海村・原子力研究所の2号原子炉を使用した。

(3) 超精密 X線回折と X線励起電子による結晶表面構造の研究 比較的完全性の高い結晶の深さ 100 Å ぐらいまでの表面付近の構造、格子の乱れ、不純物原子の分布などを、X線の回折強度曲線の精密測定および結晶から放出される X線励起の光電子とオーージェ電子の収量の回折条件による変化の測定、エネルギー分析などからしらべている。このために、試料を 0.01 秒の精度で微小回転できるデイフラクトメータと 127° 円筒型の静電偏向型電子線エネルギー分析器を試作し、高真空槽中に設置した。微小角変位には金属円筒のねじれを利用している。最近、Si 単結晶から回折過程(数秒の角度範囲)で放出される K, L 光電子などの収量が鋭い山と谷をもつ変化を示すのを観測した。この現象は結晶中に生じる X線の定常波と原子面の配置の相対的關係による散乱断面積のちがいがから起こっている。

(4) 低速電子線回折(LEED)による結晶表面構造の研究

LEED 図形の幾何学的配置には結晶表面の数原子層の原子配列が反映しているので、LEED の装置は結晶の表面構造の研究に盛んに用いられている。しかし、回折現象の複雑さのために厳密な解析はまだ十分にされていない。本研究ではブラッグ角が 90° 付近(垂直入射・垂直反射)の回折現象をしらべることがを計画し、準備を進めている。このような極端な回折条件のもとでは、特異な現象が期待され、しかも複雑な現象のメカニズムが単純化されるので、回折の基礎過程を解明するのに適している。また、結晶表面の格子定数を上記の条件で求め、表面構造解析の手がかりにする。なお、この実験条件は従来の装置では満たされず、ここでは磁場を利用して電子線を偏向させる方法を使っている。

(5) X線の同時反射の研究 微小焦点の発散 X線を単結晶にあてた場合、結晶のうしろに置かれたフィルム上には、回折線が形づくる円錐の切口として擬似コッセル図形と呼ばれる曲線群が観察される。その曲線のいくつかの交点では、複数個の異なる格子面でブラッグ条件を満たしており、同時反射が生じている。その交点付近は、ボルマン効果がよく効き、吸収係数が異常に小さくなっており、また、微細構造をもっている。微細構造には原子の配置に関する位相の情報が含まれているが、まだ詳細にしらべられていない。

(6) X線の高次散乱の研究 最近、X線源の高出力化と半導体検出器によるデータ集積能力の増大によって、従来測定することがむずかしかった微小な強度の高次の散乱が問題にできるようになってきた。例えば、蛍光 X線は電気双極子遷移によるものが支配的であるが、電気四重極子遷移も数 % 含まれている。また、磁性体の磁気散乱の測定も興味ある課題である。(菊田惺志 記)