

## 応用物理学第3講座

(橋本研究室)

**概要** 工学部応用物理学第3講座(応用物性・放射線工学)は以前は篠田軍治名誉教授のご担当で、数々の成果があげられ、特にX線マイクロアナライザーの性能向上のための基礎的研究はよく知られている。同教授のご退官後数年間空席であったが、昭和47年6月より橋本初次郎教授がこの講座を担当することになった。

本講座の現在の研究員は橋本教授、志水隆一助教授、上田一之助手、遠藤久満助手、深田英作技官の5名の職員の他に大学院後期コース4名、前期コース3名、学部学生5名、研究生2名である。上田助手は目下ベルリンのマックスプランク協会フリッツハーバー研究所に留学中である。

### 研究分野・テーマー

本講座は電子線、X線、イオンを用いて結晶学ならびに固体物性に関する研究を行うと共にこれら研究機器の性能向上のための基礎研究を行っている。研究設備の一部が別図に掲げてある。

最近の電子顕微鏡はその観察中の試料の数ミクロンから数10オングストロームの領域の電子回折像が撮影できると共に分解能が高まり現在は2~3オングストロームの分解能をもつ位のものが現れるようになった。また加速電圧も超高圧のものが現れ通常100 kVのものが1 MeVになり、さらに3 MeVの値をもつものが阪大とフランスに設置されるまでになった。これは電子顕微鏡が単に拡大像を作るだけのものではなく、多方面において有用な研究機械であることが認められたからである。しかし、その得られた像の解釈は容易でなく、これを正しく行うには入射電子と試料固体との相互作用および像形成のメカニズムについての詳しい知識が必要である。これの研究について橋本教授のグループ

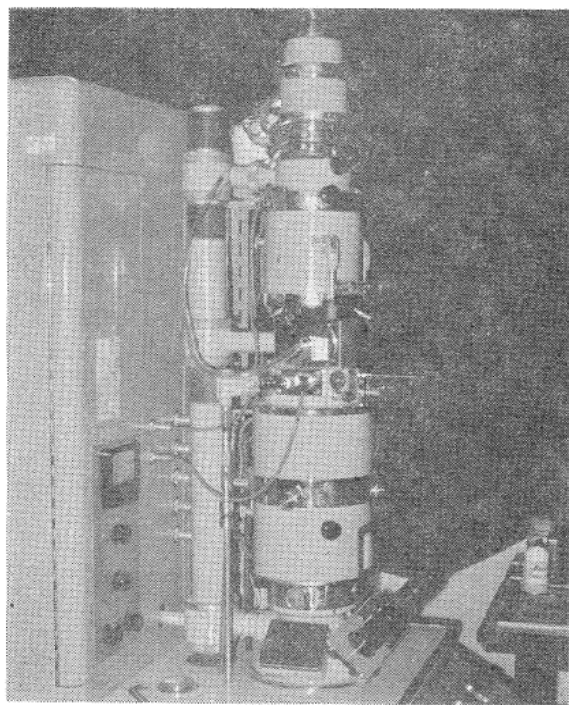
は常に世界の先進的立場にあって、その指針を与える研究を実施すると共に、これらの装置の開発も実施して来た。電子顕微鏡の性能の向上と共に、コントラスト解明の研究は一段と必要度を増すことが期待されるが、固体内電子の振舞と像形成のメカニズムを研究すると共に装置の性能向上に資する研究を実施することが本講座の一つの大きな研究目標になっている。

電子顕微鏡は現在原子レベルの解像力をもつに到っているが、このレベルでの結晶成長の過程の研究、特に酸化硫化などの化学反応によって生ずる金属酸化物硫化物の成長機構の研究を実施することももう一つのテーマとなっている。すなわち通常の透過型および走査型電子顕微鏡とX線顕微鏡を用いて数10オングストロームから数ミクロンレベルでの形態構造の研究を実施することと併行して原子1個1個を識別してその挙動を観察しつつ成長機構を研究することである。これには電子顕微鏡の真空内で化学変化を実際に起させる雰囲気を作り原子レベルでの観察を実施することである。

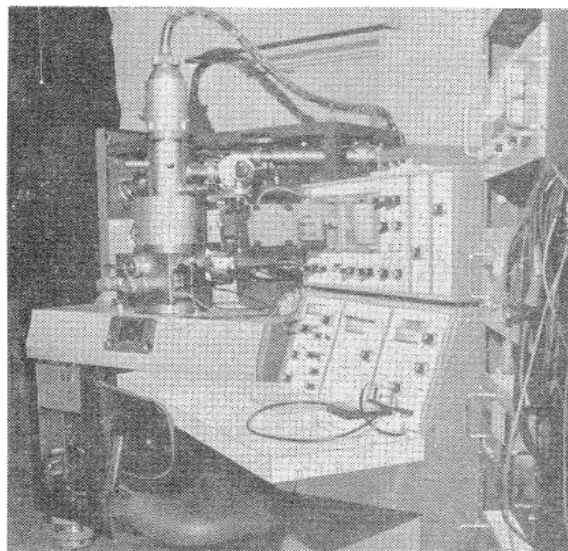
また電子陽子などの荷電粒子を固体表面に照射するとき生ずる光、X線、2次電子、オーグ電子、散乱電子、イオンの発生励起機構の研究はX線マイクロアナライザー、イオンマイクロアナライザー、走査電子顕微鏡などの分析機器としての性能向上と物性研究に重要である。これの研究も、もう一つの研究目標として志水助教授が中心になって実施している。

### 最近の成果と学会における活動

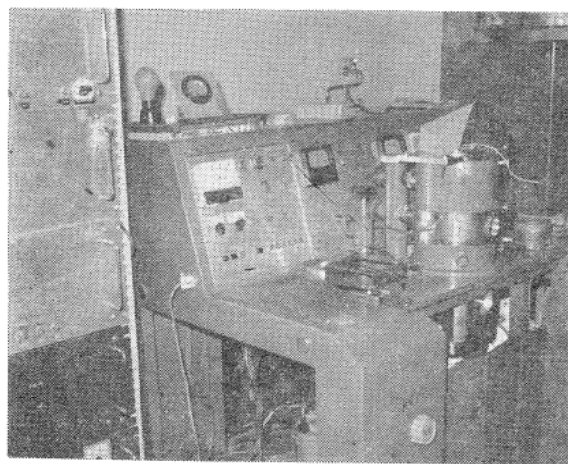
橋本教授らは電子顕微鏡の発達期の1953年に万能電子回折顕微鏡を製作し、電子回折像と電子顕微鏡像の関連がつけられる装置を完成して以来、像コントラストによる研究として、結晶のモアレ像を用いてディスロケーションの観察



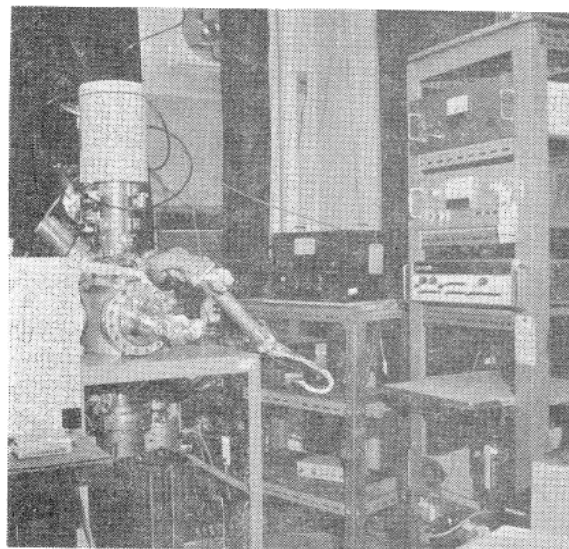
透過型電子顕微鏡



電界放射型走査電子顕微鏡



X線顕微鏡



イオンマイクロアナライザー



X線マイクロアナライザー



低速電子回折、オージェ電子分析装置

を実施したり (1957), 金属薄膜電顕像中に電子波の異常吸収効果を観察して積層欠陥等の格子欠陥の特性を明かにする方法を発表したり (1960年) 加速電圧の上昇と共に電子消衰距離と透過度がどのように変化するかを測定して超高圧電顕の将来の指針となるデーターを発表するなど (1964年) 世界にもよく知られているいくつかの先駆的観察研究を実施して来たが, その後も活発な研究をつづけ, 超高圧電子顕微鏡像撮影にはマルチビーム法によるのが有効であることを提案し (ストックホルム会議), またコントラスト理論と非弾性散乱電子についての新しい知見を発表し (オックスフォード会議), また結晶内における 100kV~300kV 電子の振舞とその軌道について電子回折の動力学理論による計算結果を示した (ツールズ会議). そして将来分解能がさらに向上すると結晶の電子顕微鏡像には, その中の原子が 1 個 1 個観察されるのみでなく, 原子核とそのまわりの電子雲の如き像もみえるようになることを示した.

一方, 結晶成長の研究においては 1957 年には電子顕微鏡内で高温ガスと反応して生ずる金属の酸化過程の連続観察ができる装置を作り, そのプロセスを映画にしたのをきっかけにして 300 Torr, 800°C のガスを電子顕微鏡内に導入して酸化タングステン酸化モリブデン等の成長を観察記録した. この研究は欧米の 10 数か国より招待をうけ各地で示されたが, この時液状酸化物が 700°C で形成されていることを認めた. この現象は後になってアメリカで観察され VL

S メカニズムと呼ばれるようになったが, 世界で最初の観察であった. その後さらに高分解能の装置を用いて 12~25 オングストロームの結晶格子縞が結晶の成長と共に次々と作られて行く所を観察した. そして最近トリウムやウラニウム等の重い原子 1 個 1 個の像を暗視野に輝く点として観察することに成功した (ストックホルム会議, 日本物理学会). これにより酸化トリウム結晶の中にあるトリウム原子の配列やトリウムピロメリテート分子内のトリウム原子の位置を明瞭に観察することに成功した. またこのような高分解能技術を駆使して, X 線研究で長年論争のあった長石の超格子構造についてかなり明瞭なモデルを提出した (ブリストル会議). また最近利用がのぞまれているイオンマイクロアナライザーの性能向上のための基礎研究として, 衝撃イオンの固体中における振舞をモンテカルロ法を用いて論じ, また背面散乱イオンの数, イオンのエネルギー分布, 角度分布を求めこの測定を行うための精密な装置を完成した.

その他 X 線顕微鏡の性能向上とこれを用いた研究も実施し, 超高圧電子顕微鏡を用いても透過し得ない厚い試料の物性の研究を行っている.

以上応理学第 3 講座は今後の電子線, X 線, イオンを用いる物性研究を念頭におき, これら研究機器の性能向上に資する研究を実施すると共に, 高度のオリジナリティーをもった夢の多い研究を実施し斯学に寄与しようとするものである.