

日立 HS-6 型 電子顕微鏡

Hitachi Electron Microscope, Type HS-6

菊池 嘉夫* 木村 博**
Yoshio Kikuchi Hiroichi Kimura

内 容 梗 概

電子顕微鏡の電子レンズの励磁に永久磁石を使用すれば励磁電源を必要とせず、装置が簡単になるとともに保守操作が容易になる。しかもその高度の安定性から高い分解能が期待できる。

日立 HS-6 型電子顕微鏡は収束、対物、中間、投射の4段のレンズで構成され、各レンズとも永久磁石で励磁されている。収束および中間レンズは3磁極レンズ、対物および投射レンズは普通の2磁極レンズを使用している。加速電圧は50kVで、25Åの分解能を常時得ることは容易である。直接倍率は2,000倍から20,000倍まで連続的に変化できる。対物レンズ可動絞りと制限視野絞りの使用により、明視野像のほか、暗視野像、制限視野回折像が得られ、試料を投射レンズの下に置くことにより高分解能電子回折像を得ることができる。本顕微鏡は多数枚撮りカメラ室を備え、36視野連続撮影が可能である。

1. 緒 言

電子顕微鏡などの電子レンズの励磁に永久磁石を使用することは比較的古くから行われている。永久磁石励磁方式の特長とする点は次のとおりである。

(1) 電子レンズの励磁にコイルおよびその安定電源、制御装置などを必要としない。このために取り扱いが容易になり、故障の起る確率が低い。また製作費が低廉ですむ。

(2) 永久磁石のもつ高度の安定性から、高い分解能が期待できる。

(3) 従来の電磁石方式におけるように、電源の開閉によるレンズ系のヒステリシスがない。ゆえに倍率の確度が高い。

(4) 電磁石方式におけるごとく、コイル電流によるエネルギー損失がない。

(5) 適当な設計によれば永久磁石の経年変化をまったく無視することができる。コイル励磁方式におけるごとく永年の使用の結果生ずる真空管の老朽劣化、標準電池の交換などの保守の面倒と経費を必要としない。

永久磁石励磁方式は上記のごとき特長を有するため、最近の磁石鋼の進歩とともに、電子顕微鏡の電子レンズの励磁に漸次使用される傾向にあり、すでに二、三の型式⁽¹⁾⁻⁽³⁾が発表されている。日立 HM-2型⁽⁴⁾および HM-3型卓上用顕微鏡は永久磁石による並列2段励磁方式のもので、操作がきわめて容易な特長がある。しかし広範囲の倍率変化が困難であり、使用目的によつてはさらに高度のものが望まれる。

日立 HS-6型は永久磁石励磁方式による多目的電子顕微鏡として実用化された世界最初の HS-4型⁽⁵⁾を改良し

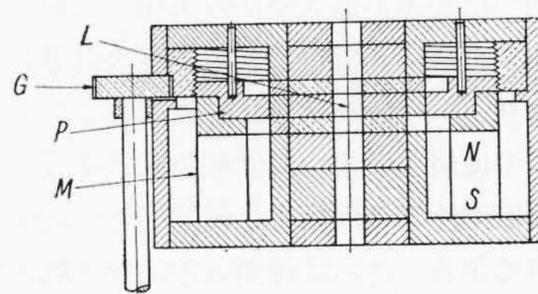
たもので、収束および中間レンズとして並列励磁3磁極レンズを使用し、対物および投射レンズとして2磁極レンズを使用している。本電子レンズ系の構成によれば、広範囲の倍率変化、制限視野電子回折、反射および透過の高分解能回折などが可能である。また本顕微鏡は対物レンズ励磁用永久磁石の漏洩パーミアンスを変化させ、安定な磁氣的電子線集束に成功している。

さらに各部機構についても現在の HU-10型高性能電子顕微鏡の試料室、鏡筒、カメラ室などの機構をそのまま取り入れており、高圧電源は完全防電撃型で、取り扱いが簡便でなんらの危険もない。以下永久磁石励磁電子光学系についてその概要を述べるとともに HS-6型電子顕微鏡の構造の概要を説明する。

2. 永久磁石励磁電子光学系

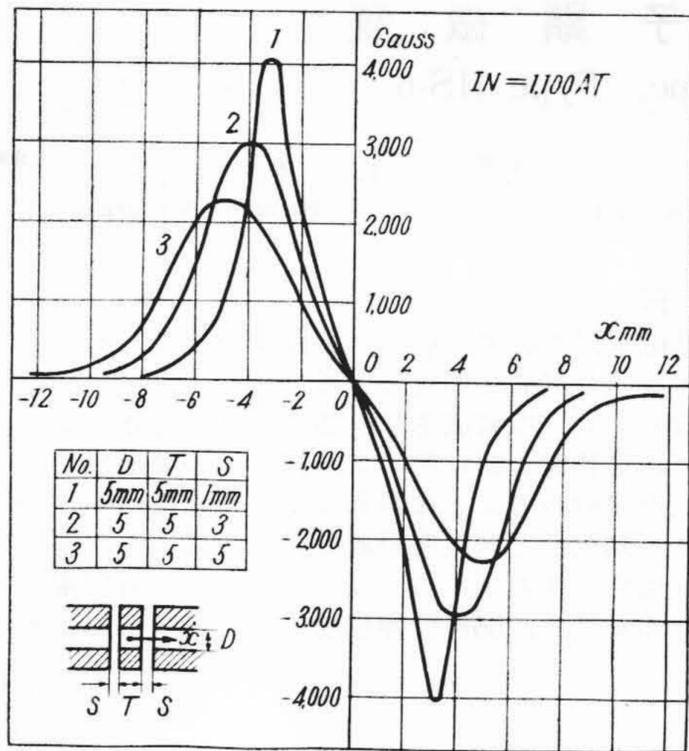
2.1 3磁極レンズ

HS-6型電子顕微鏡では並列励磁方式の3磁極レンズを収束および中間レンズとして使用している。3磁極レンズとは、第1図に示すように3個の磁極と2個の間隙からなる電子レンズであつて、単独に1個の電子レンズとして使用してもなんら外部に漏洩磁場を与えない特長がある。第2図はその磁場分布の測定の一例で、磁場分

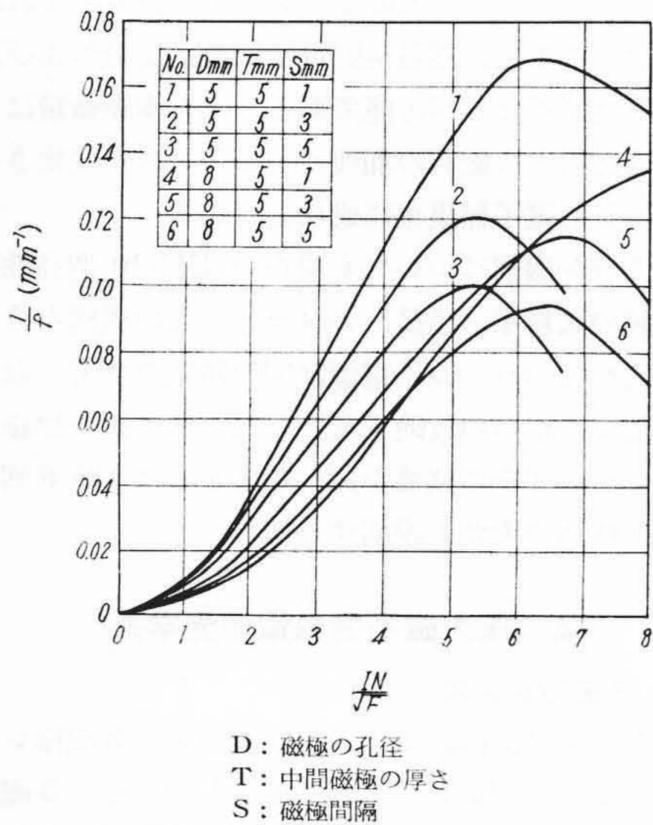


L: 3磁極レンズ G: 歯車
P: 可動磁極 M: 永久磁石
第1図 3磁極レンズの構造

* 日立製作所多賀工場
** 日立製作所中央研究所

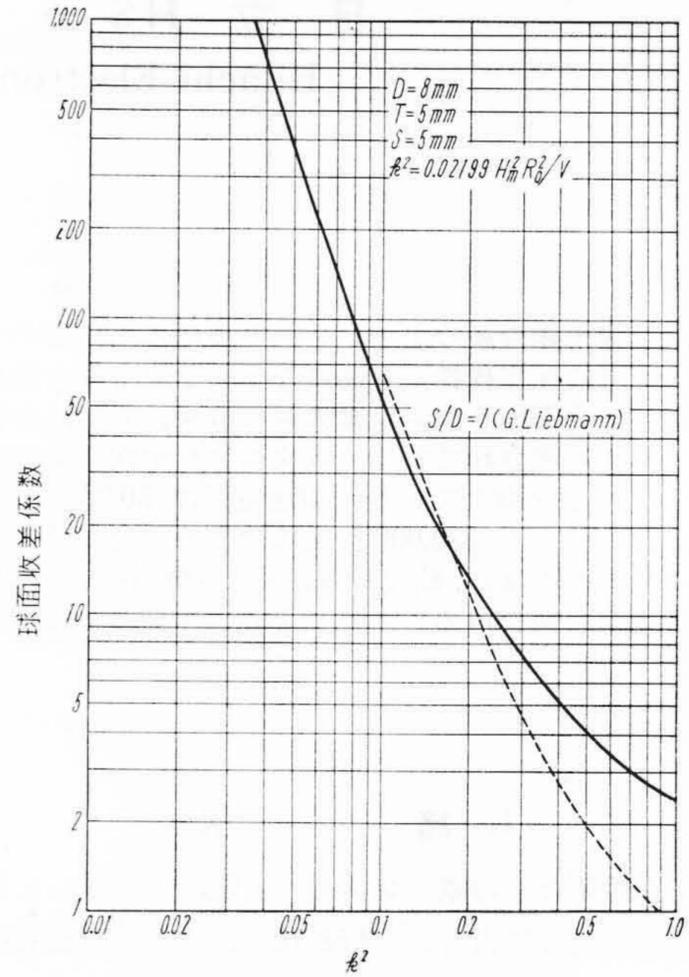


第2図 3磁極レンズの磁場分布

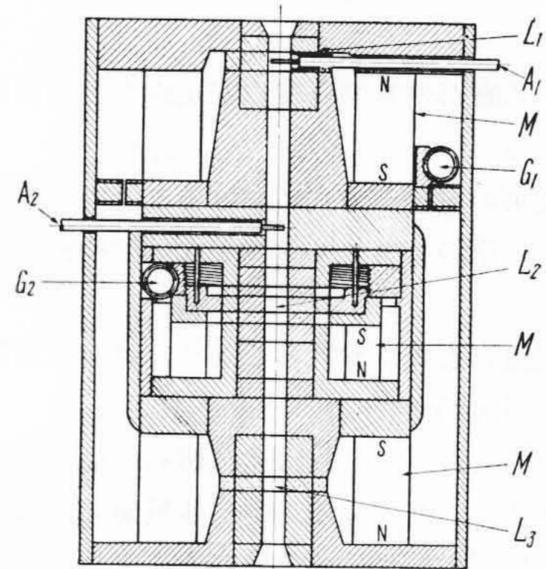


第3図 屈折力と励磁アンペアターンの関係

布は中央部分で急激に変化し、もはや二つの鐘形に近似して考えることはできない。第3図はこのようなレンズの屈折力と励磁アンペアターンの関係を示したもので、細かい金網の投影像の拡大率から実測した値は、磁場分布の測定結果を基にして電子軌道を逐次計算して算出した値とかなりよい一致を示した。この電子レンズを中間レンズとして使用する場合、回転色収差係数は常に0であり、また倍率色収差係数も比較的小さい起磁力で0にとることができる。さらに球面収差係数は第4図に示すように、われわれの計算によれば普通の2磁極からなる電子レンズと同じ程度である。図中点線は G. Liebmann の与えた2磁極レンズのもので、実線はわれわれの計算



(単位はレンズ孔半径)
第4図 3磁極レンズの球面収差係数



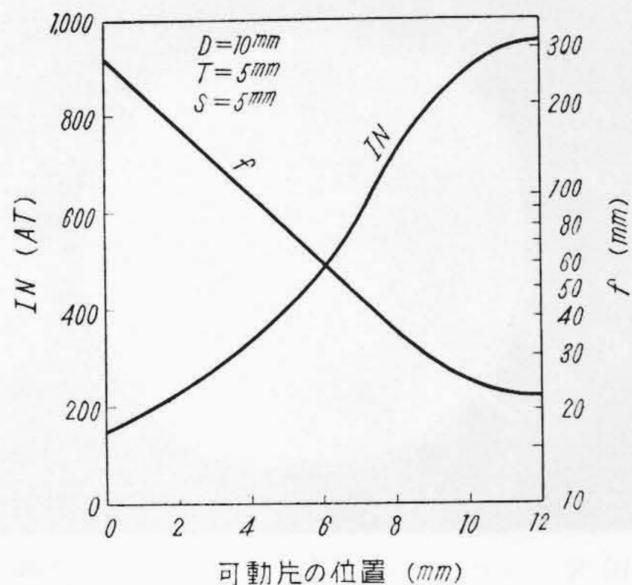
L₁: 対物レンズ L₂: 中間レンズ L₃: 投射レンズ
A₁: 対物絞り A₂: 制限視野絞り M: 永久磁石
G₁: 焦点調節用歯車 G₂: 倍率変換用歯車

第5図 電子レンズ系の断面図

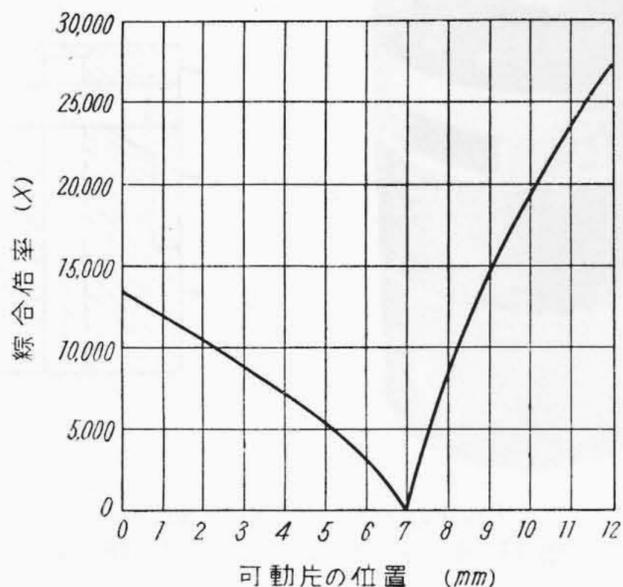
した3磁極レンズの球面収差係数を示す。

2.2 内磁型3段電子光学系

前記の3磁極レンズを中間レンズとして使用し、対物および投射レンズをそれぞれ1個の円筒永久磁石で励磁し、第5図のごとく3段レンズ系を構成せしめた。この永久磁石はたがいに同性の極を結ぶごとく配置され、外側の漏洩磁束は外部円筒により完全に遮蔽されている。対物および投射レンズに加わる永久磁石の起磁力はそれぞれ約2,200 ATである。



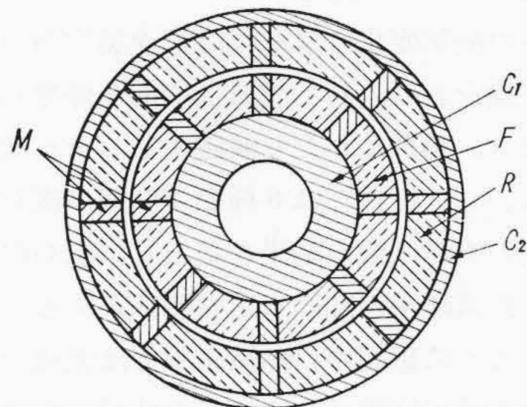
第6図 可動片の位置と焦点距離および起磁力の関係



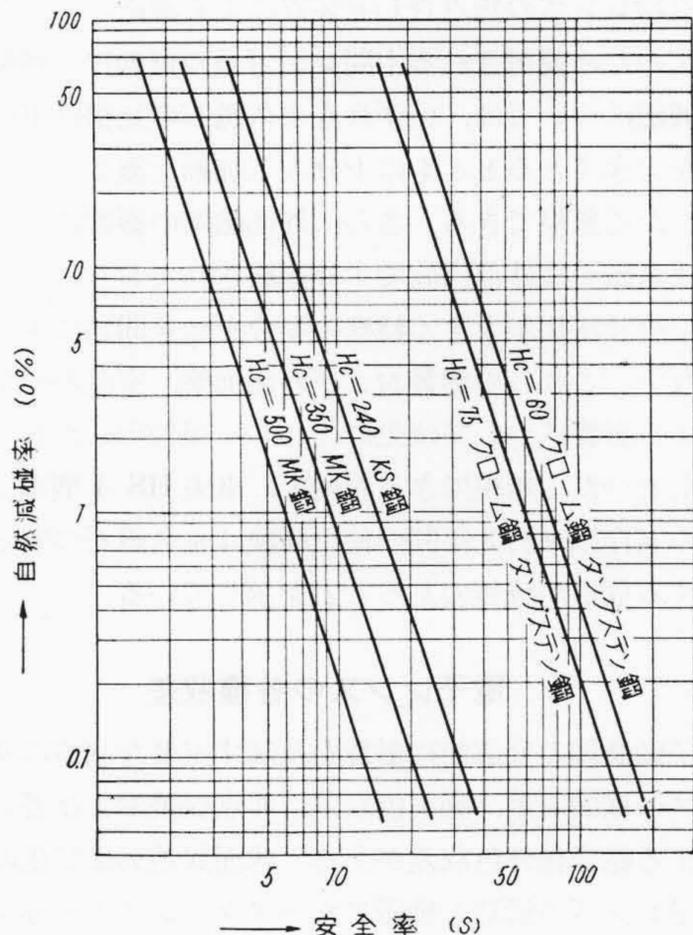
第7図 可動片の位置と総合倍率の関係

さて、中間レンズ系は収束レンズ系と同様な構造で第5図にみられるごとく、永久磁石の1磁極から電子レンズの中央磁極に至る極気回路のリング状の一部分が可動になっており、外側から歯車機構によつて上下に動かされる。可動片の上部への移動により永久磁石の漏洩パーミアンスは漸次大となり、永久磁石の動作点は減磁曲線上の点から小ヒステリシス環線に沿つて移動し、両端の起磁力は小さくなる。同時に永久磁石の1磁極から電子レンズの中央磁極に至る磁気回路が開かれるので、この電子レンズの焦点距離はきわめて広範囲に変化できる。

第6図は可動片の位置と焦点距離ならびに電子レンズに起磁力の関係の実測値を示したものである。中間レンズ系は対物レンズに対し正しく光軸を一致させるよう外部より調整可能であり、一度調整すればふたたび触れる必要はない。中間レンズの焦点距離の変化にともなつて3段レンズ系の総合倍率は第7図のごとく変化する。この場合対物および投射レンズの焦点距離はまったく変化しない。第7図より、可動片が約7mmの位置にあるとき電子回折像の撮影ができることは明らかである。倍率



C₁: 内部継鉄 C₂: 外部円筒
F: 固定環 R: 可動環 M: 磁性体片
第8図 磁氣的焦点合せ装置



第9図 安全率と自然減磁率の関係

変化の操作は小型電動機によつて行われる。

2.3 磁氣的焦点合わせおよび磁石鋼の特性

対物レンズの焦点合わせには励磁磁石の漏洩パーミアンスを機械的に変化する方法がとられている。第8図に示すごとく、非磁性体からなる2個の同心円環中に放射状に数本の磁性体棒を挿入したものを対物レンズの内部継鉄と外部遮蔽円筒の間に配置し、その磁性体棒がたがい一致するかくい違ふかにより永久磁石の減磁曲線上の動作点をわずかに移動させ、対物レンズにかかる起磁力を変化させた。本顕微鏡では焦点距離を約250 μ の範囲に微細かつ安定に変化できる。この駆動は小型電動機によつて行つている。各電子レンズの励磁用磁石は最近の最優秀磁石を使用しており、残留磁気 $Br=12,000\sim 13,000$ G, 抗磁力 $Hc=550\sim 650$ Oe, エネルギー積

BHmax=4~5×10⁶である。

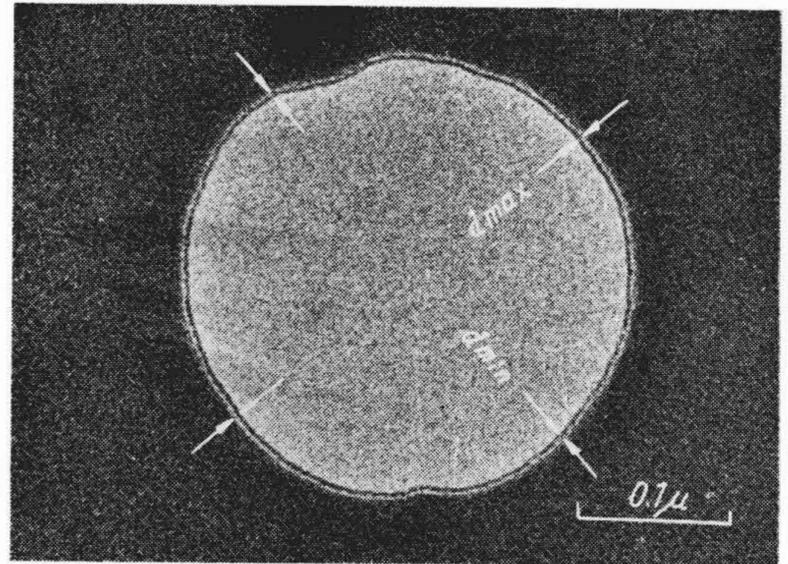
永久磁石の経年変化に対しては日立製作所の計器製作の長年の経験を取り入れて設計上の安全係数を十分大きくとっており、長期にわたり減磁するおそれはまつたくない。すなわち辻田氏⁽⁶⁾は6種類400個の磁石について平均4年間の寿命試験の結果を基とし、磁石の設計上の安全率と自然減磁率の間に一定の関係があることを見出している。ここに磁石の自然減磁率とは究極の減磁量と最初の磁束の比で定義される。この結果から設計上の安全率と抗磁力の関係を第9図のごとく与えることができる。HS-6型電子顕微鏡では設計上の安全率は15以上で、第9図から自然減磁率は0.05%以下と推定できる。また対物レンズの焦点合わせ装置による減磁、および倍率変化のため使用される中間レンズ系の可動片の移動による減磁については、いずれも永久磁石の見掛け上の寸法比を大きくとるとともに十分人工加齢を施しているためまつたく無視できる。さらに外部磁場の影響についても、永久磁石は外部円筒で十分遮蔽されており、かつ見掛け上の寸法比が大きく特殊の場合を除き問題にする必要はない。これらの影響および外部衝撃、室温の変化などによる影響については先にくわしく報告⁽⁷⁾したが、いずれもまつたく無視できる程度で、事実HS-4型電子顕微鏡の試作以来約3年間の使用経験は永久磁石の安定性に対する危惧が皆無であることを示している。

3. 電子レンズの各種収差

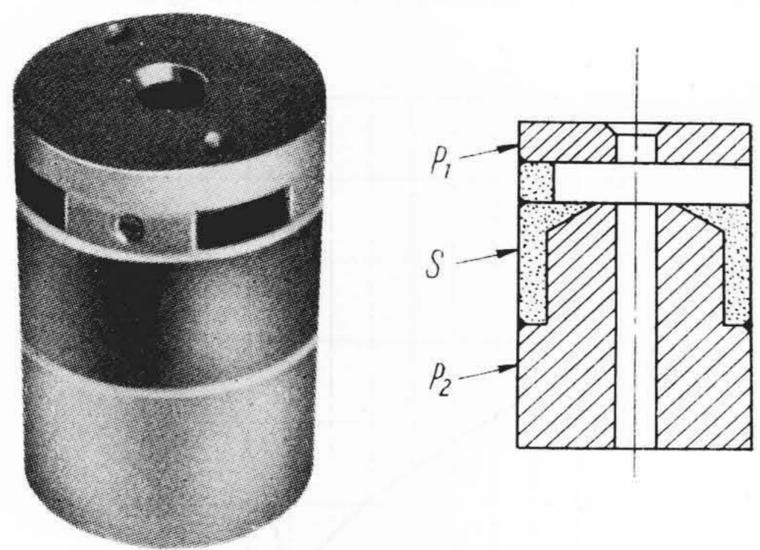
電子顕微鏡の分解能に影響を及ぼす重要な収差に対物レンズの球面収差、軸上色収差、非点収差および各レンズによる総合軸外色収差がある。球面収差および色収差は電子レンズの構造と励磁アンペアターンにより与えられる。

永久磁石励磁方式における励磁アンペアターンは、あまり大きくとると経済的に不利なので、性能とのかねあい決定されるべきであり、本レンズ系ではほぼ $\frac{IN}{\sqrt{E}} \cong 10$ で使用している。ここにINは励磁アンペアターン、Eは加速電圧である。Glaserの式からこれを計算すれば、球面収差係数 $Co/a \cong 4$ 、軸上色収差係数 $Co/a \cong 2$ になる(aはレンズ磁場の半減幅)。中間レンズに3磁極レンズを使用しているため回転色収差はつねにほぼ0であり、総合軸外色収差としては倍率色収差しか生じない。永久磁石励磁のため、コイル励磁方式のように励磁電流の変動に基づく色収差をまつたく考慮する必要がないことも本レンズ系の大きい特長である。

対物レンズの非点隔差は、第10図のようにコロジオン膜孔を試料に、レンズの焦点を少しずつ変化させ、コンターフリンジ(contour fringe)の写真を撮ることにより次式から求めることができる。



第10図 コロジオン膜孔による非点収差の測定



P₁, P₂: 軟鉄 S: 非磁性体
第11図 電子レンズの構成

$$\Delta f_A = \frac{1}{3.2 \lambda} (d_{\max}^2 - d_{\min}^2) \dots \dots \dots (1)$$

λ: 電子線の波長

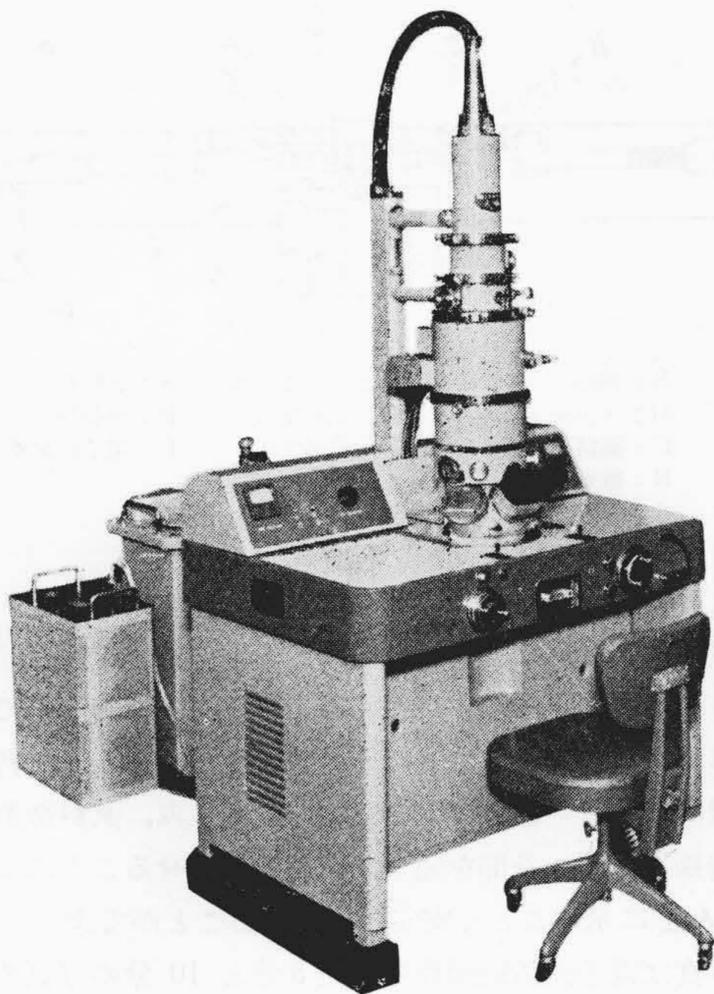
第10図の場合 λ 50 kV=0.055 Å, d_{max}=37 Å, d_{min}=30 Åであるから Δf_A=0.3 μとなる。対物レンズの非点収差による錯乱円の大きさを20 Åまで許すとすれば、電子線の開き角 α₀=5×10⁻³ rad の場合に許容される非点隔差 Δf_Aは

$$\Delta f_A = \frac{20 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-3}} = 0.4 \mu \dots \dots \dots (2)$$

となる。

従来欧米などで製作されている対物レンズは、いずれも上下磁極を非磁性体の隔離片に対して自由に取りはずすことができる。このような構造では使用中に上下磁極中心軸の不一致、平行度のくずれを生じ、非点収差補正装置なしには非点隔差を小さくできないのが普通で、大体非点隔差2 μ程度といわれている。

本顕微鏡で使用中の対物レンズは、第11図のごとく上下磁極が非磁性体隔離片と一体に接着されている。このため工作精度をきわめて高くすることができ、非点隔差0.4 μ程度の対物レンズの製作はさほど困難でない。



第12図 日立 HS-6 型電子顕微鏡

電子レンズの磁極の孔の真円度は楕円の長軸と短軸の差を 0.3μ 以下に、相対向する磁極の傾斜を 1×10^{-4} rad 以下に、相対向する磁極孔の軸の偏心を 1μ 以下に工作している。またレンズの素材についても、炭素の含有量を 0.02% 以下におさえるとともに磁氣的異方性について特に考慮している。

4. HS-6 型電子顕微鏡

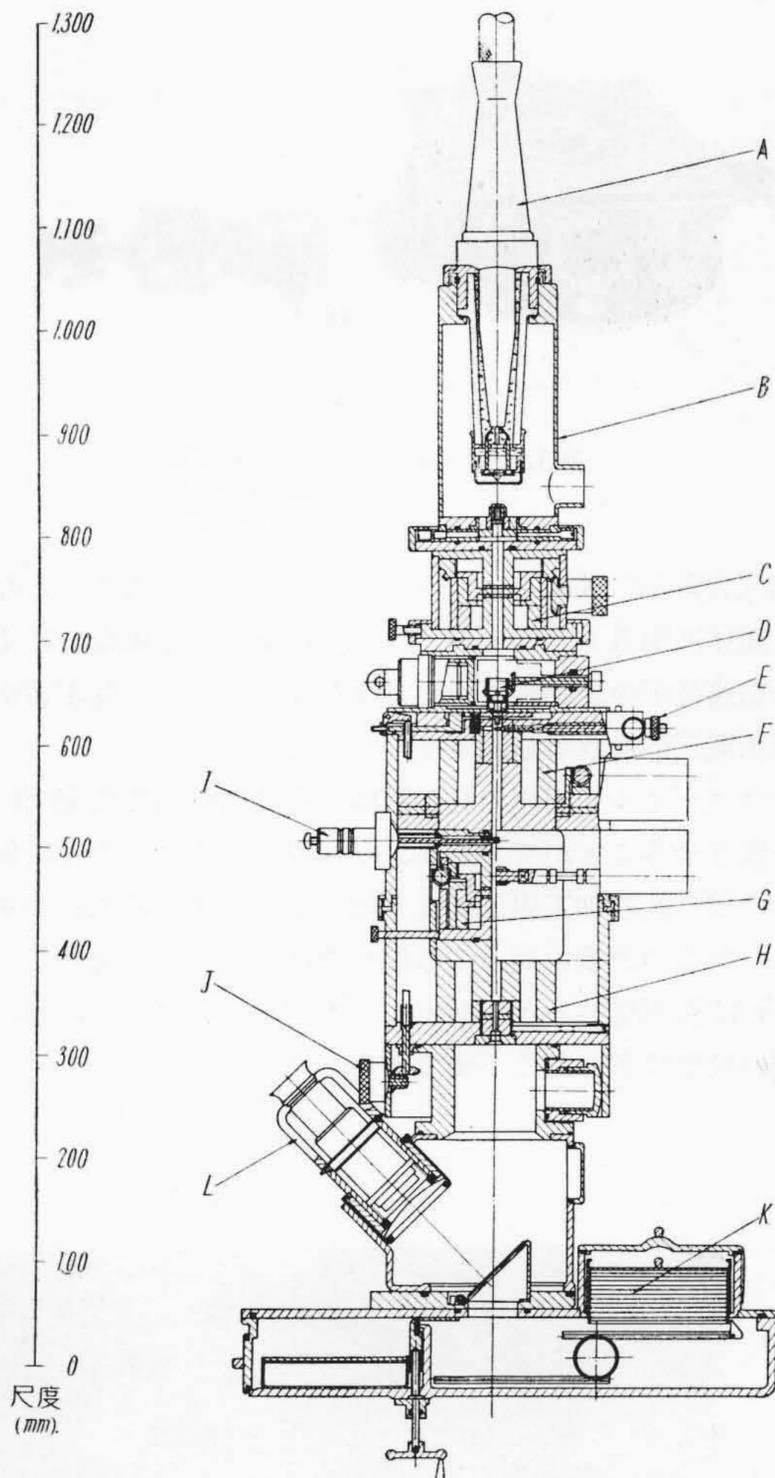
4.1 構造大要

HS-6 型の設計にあたっては HS-1 型以来の普及型の長所に HU-10 型で使用している高性能化のための各部機構をとり入れ、常時高分解能を発揮できることを期した。普及型の条件として

- (1) 高度の電子顕微鏡技術者でなくとも操作が簡単にできること。
- (2) 数多くの試料を迅速に観察し、写真撮影が容易にできること。
- (3) 保守、点検が容易で、保守が面倒でないこと。
- (4) 据付、調整が簡単で、設置場所について特殊の条件を要しないこと。

4.2 電子銃

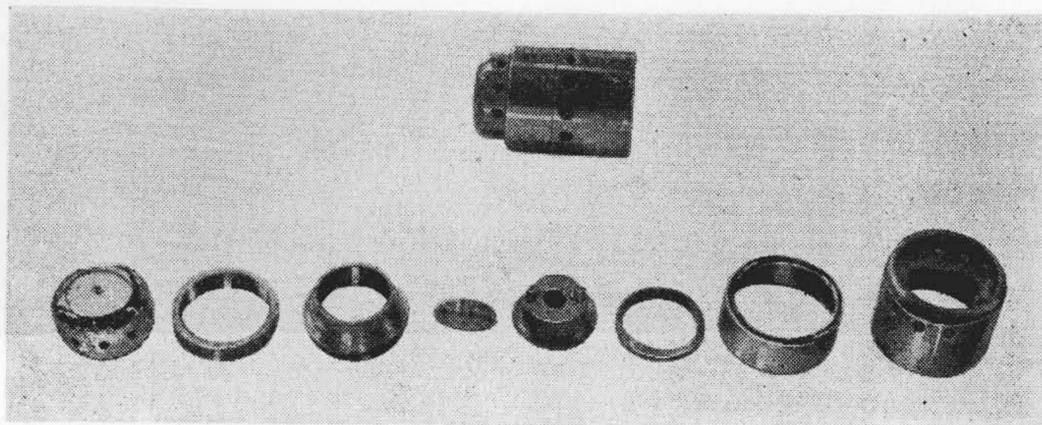
HS-6 型の電子銃は日立大型電子顕微鏡の電子銃と共通な構造にした。第14図



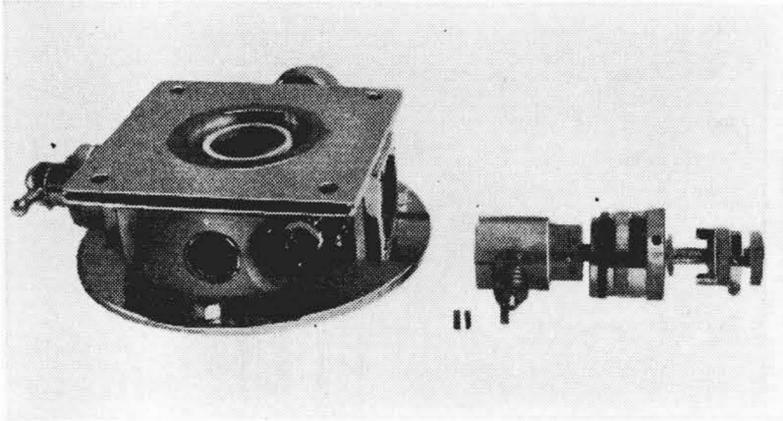
- | | | |
|------------|----------|------------|
| A: ケーブルヘッド | E: 対物絞り | I: 制限視野絞り |
| B: 電子銃 | F: 対物レンズ | J: 試料微動ツマミ |
| C: 収束レンズ | G: 中間レンズ | K: カメラ室 |
| D: 試料室 | H: 投射レンズ | L: 終像拡大鏡 |

第13図 HS-6 型鏡体断面

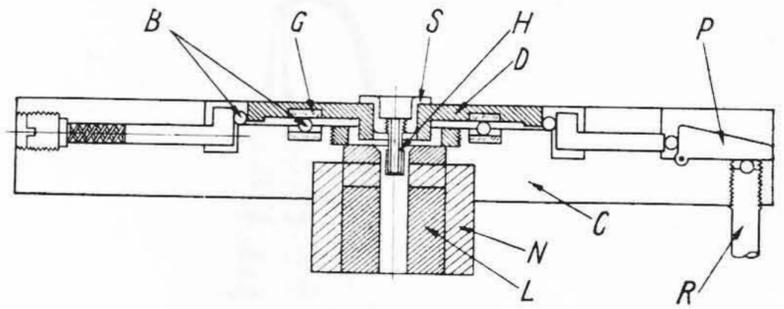
にウェーネルトの部分を示したが、HU-10 型で好評を得たフィラメントをそのまま使用したので断線交換時の明るさの調整を行う必要がない。電子加速電圧 50 kV は



第14図 ウェーネルト円筒



第 15 図 試料室外観



B: 鋼球 G: 硬質ガラス S: 試料台
 H: メッシュホルダ D: 試料受皿 P: 可動片
 C: 磁路 N: 非磁性体 L: 電子レンズ
 R: 微動軸

第 17 図 試料微動機構図

発生装置から X 線ケーブルによつて、空中に出ることなく鏡体に導入されるので、塵埃、湿気および風などによる加速電圧の変動がまったく生じないし、また使用者が高圧電圧に触れる危険もまったくない。

ウェーネルト円筒の孔と陽極の孔は機械工作で完全に一致させることができるが、陽極絞りを入れた場合に個々の絞り孔の加工誤差により軸が多少くずれる恐れがあるのでこの誤差を補正する絞り調整装置を取り付けた。これは初調整のときに補正し一度調整すればよく、その後の調整はまったく不要である。

4.3 試料室

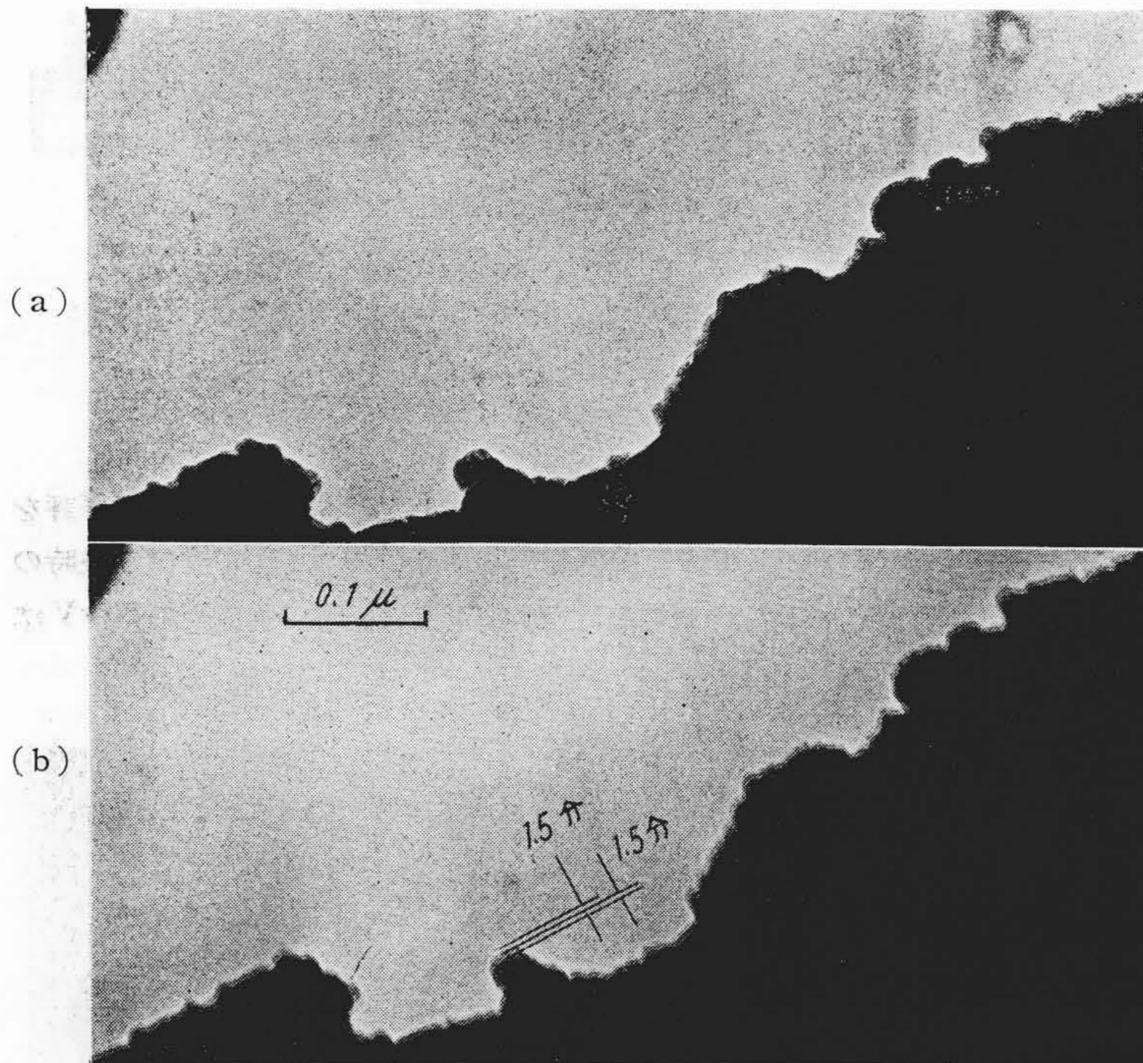
試料室の機構は全面的に HU-10 型の方式を採用している。第 15 図に示すごとくエアロック式であるので、鏡体に空気を入れることなく試料を交換できる。試料微動機構は 3 対の硬質ガラスで鋼球をはさみ、試料微動軸を特殊工作し、各部を完全に金属接触させることにより第 16 図に示すごとく安定な像をうることができた。この写真は電子顕微鏡操作開始後 5 分と 10 分の写真であり、ともに 1.5 分間隔で 3 回シャッタを切つたもので、これをみると微動装置が摩擦なく着実に操作できることがわかる。第 17 図⁽⁶⁾にこの機構を示す。

4.4 電子光学系

本顕微鏡は収束レンズ、対物レンズ、中間レンズ、投射レンズから構成されている。第 18 図に本装置による電子光学系の種々の使用状態を示した。収束レンズの焦点距離を変化して明るさを調節し、中間レンズの焦点距離を変化して広範囲に倍率を変えることができる。

4.4.1 電子顕微鏡像

中間レンズの永久磁石を可動鉄リングで短絡したり開放したりして倍率を変化させる。中間レンズの縮小倍率側で中間、投射両レンズのひずみ像収差がたがいに打ち消しあうので、低倍率には中間レンズを縮小側で使用した方がよい。高倍率では中間レンズを拡大に使用するが、約 3,000 倍以下でひずみ像収差が 5% 以下になるから、中間レンズを拡大に使用して最高倍率を得ることができる。制限視野

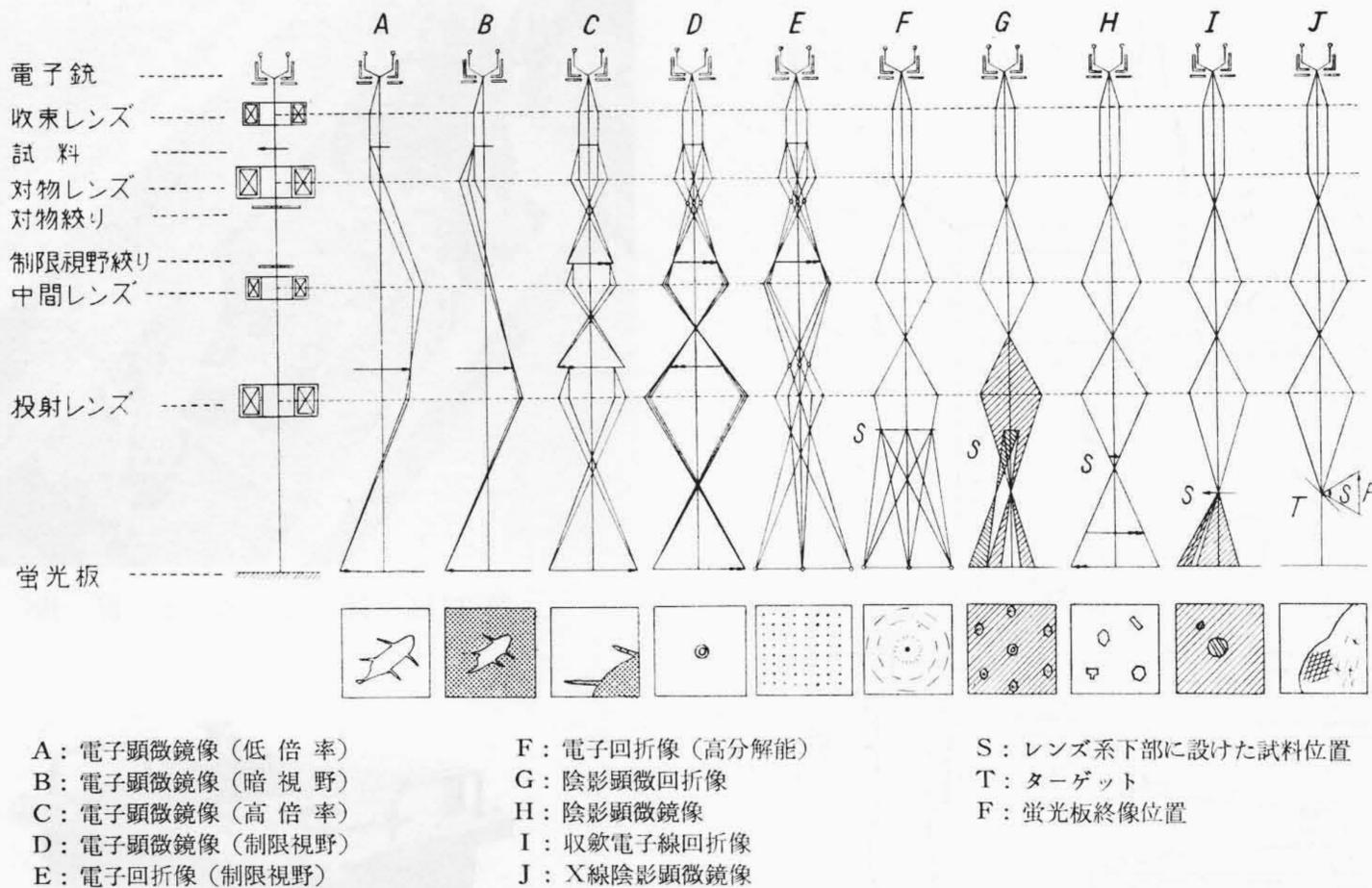


(シートメッシュの縁でこの程度であるとシートメッシュの熱による影響が微動の流れか区別できない)

(a) は観察 10 分後

(b) は観察 5 分後

第 16 図 シートメッシュの縁を試料として三重露出せる写真



第18図 電子光学系図

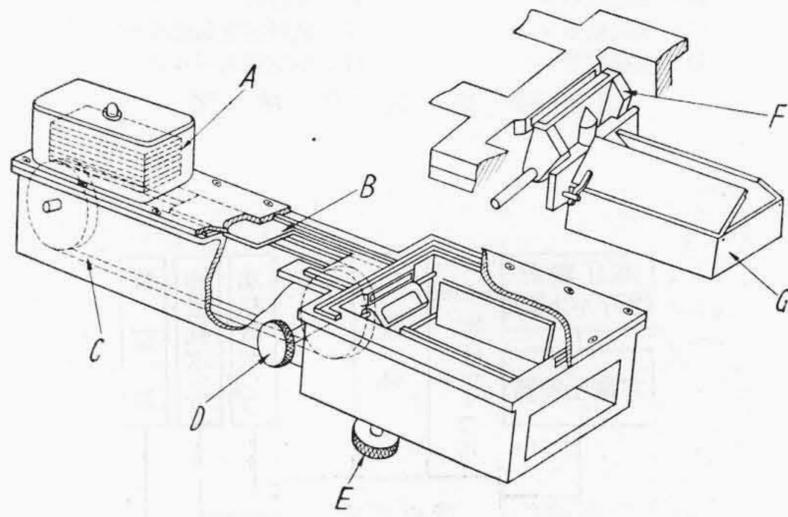
絞りは簡単に操作できるから、任意の視野をとらえいわゆる制限視野像が得られる。また真空中にある対物絞りを外部から除去、挿入でき、絞りの種類が3種あつて交換できるから暗視野像が容易に得られ、明視野像に対してはコントラストを変えて観察できる。

4.4.2 電子回折像

電子顕微鏡の試料位置における回折像をうることも、また視野を制限してその部分の電子回折像をうることもできる。またレンズ系部分のすぐ下に回折試料ホルダを挿入すれば高分解能回折を行うことができるし、この試料ホルダを使つて収斂電子線回折、陰影顕微鏡回折も行うことができる。これは電子顕微鏡のみとしてでなく、電子回折装置としても使用できることで、このように普及型が多目的に応用されることになり、HS-6型の大きな特長とするところである。

4.5 観察撮影機構

これらの機構はHU-10型とまったく同様である。すなわち3方向から6cm×6cm角の終像を両眼でのぞくことができる。正面の窓は2.6倍のルーペとなつており、ピント合わせの場合はさらに10倍のルーペを併用することもできる。またガラスはX線防禦を考慮して、いずれも鉛ガラスを使用している。カメラ室は第19図に示すごとく高能率撮影を実現するため多数枚撮りとしている。乾板はキャビネ1/3判18枚を一時に挿入できる。連続撮影もまた途中で露出ずみの乾板を任意枚数だけ取り出すこともできる。



A: 乾板挿入箱
 B: 乾板
 C: 乾板送り装置
 D: 乾板送りツマミ
 E: 空気遮断用ハンドル
 F: 空気遮断板
 G: 乾板取出箱

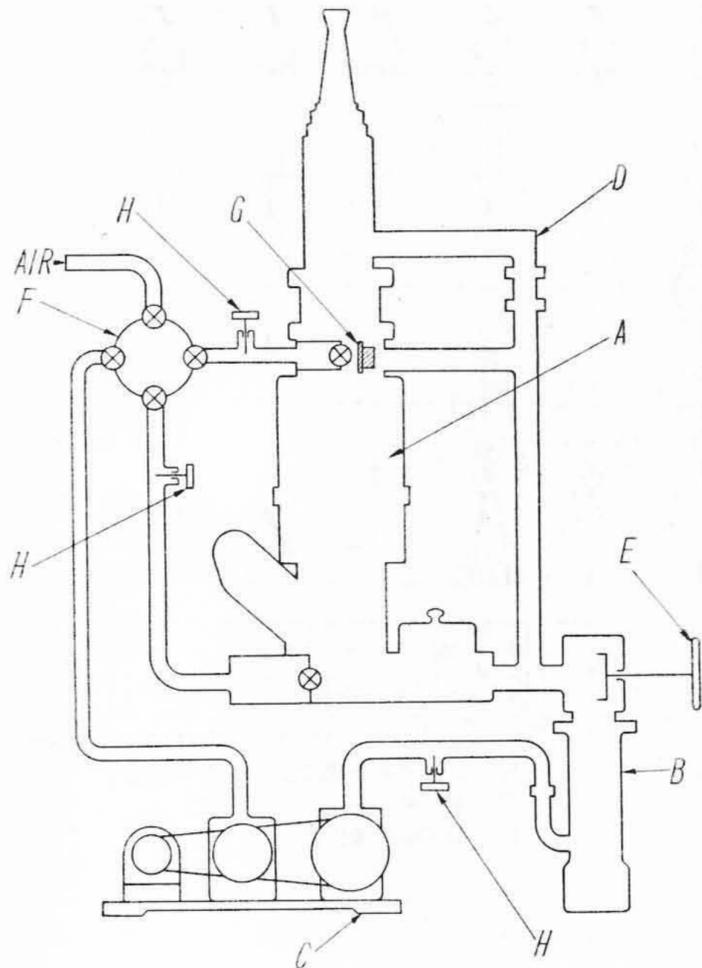
第19図 カメラ室

4.6 真空排気系

第20図に真空排気系統図を示した。これによりわかるように、油回転ポンプを2台使用して鏡体とカメラ室および試料室の予備室をそれぞれ排気する。油拡散ポンプはシリコン油を用いたもので、高温で大気中にさらしても劣化することはない。排気バルブ機構は主バルブと3個の通路をもつ星型バルブと3個のリークバルブより構成される。これらの排気系はすべて安全かつ確実に操作できるようきわめて単純な機構にしてある。

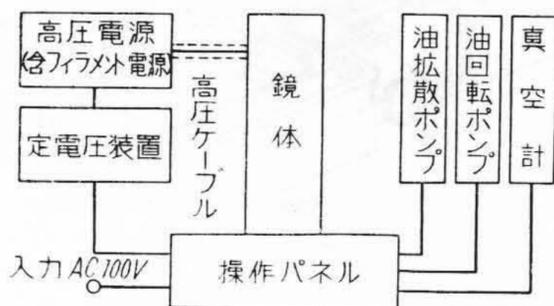
4.7 電源

第21図に総合配線系統図、第22図に操作盤配線写真を示す。おもな部分は加速電圧発生装置、加速電圧を



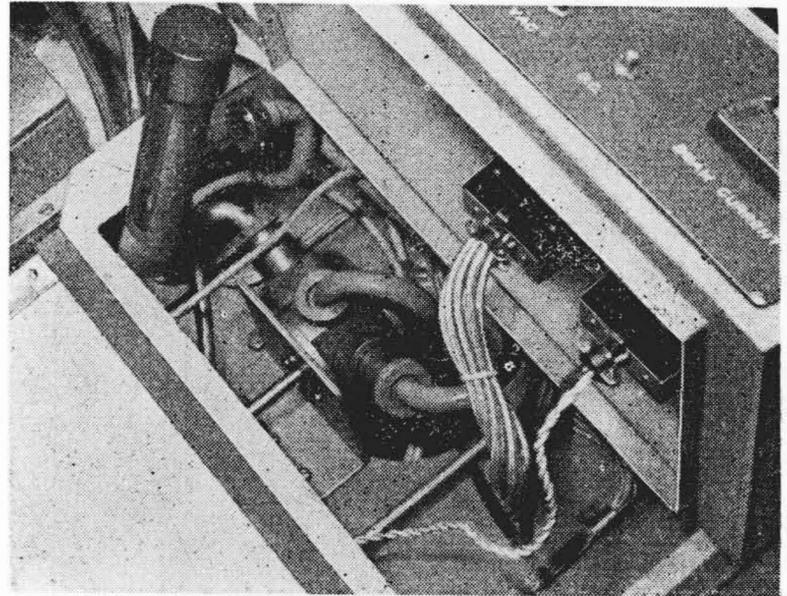
- A: 鏡体
- B: 油拡散ポンプ
- C: 油回転ポンプ
- D: 主排気管
- E: 真空遮断用主バルブ
- F: 星型真空バルブ
- G: 試料室空気遮断板
- H: 空気道入バルブ

第20図 排気系統図

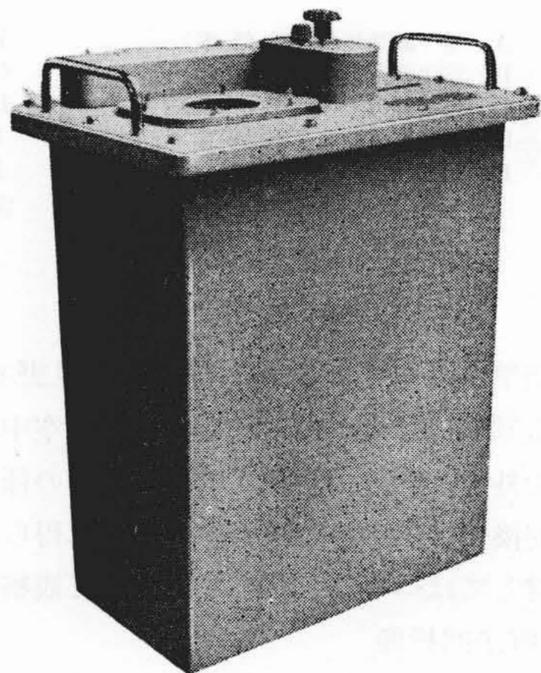


第21図 総合配線系統図

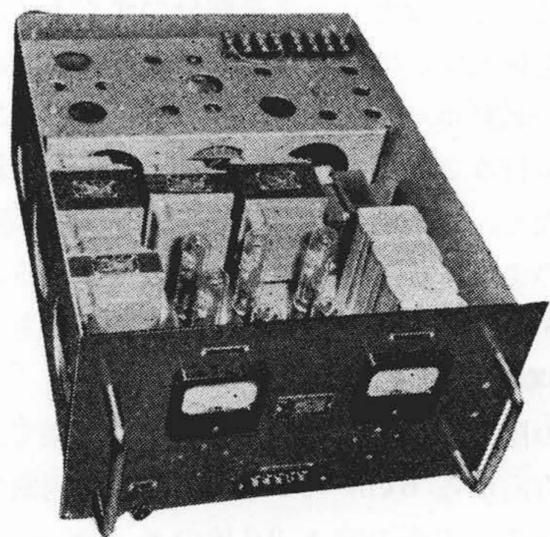
安定させる精密電圧安定装置，真空計，およびこれらの装置を切入するスイッチ類を設けた操作盤からなっている。加速電圧50kV発生装置は完全に油浸で，湿度，塵埃にまったく影響されない。また電圧安定装置は大型電子顕微鏡と同じものを使用した。これらは長年にわたり使用してきたもので，故障発生の確率がきわめて少なく，また性能も安定している。第23図と第24図に装置を示す。HS-6型は普及を目的とし，このような安定した電源を取り付け，なお永久磁石励磁のレンズ系を使用したところに本機の最大特長である平均性能の向上がみられた。第22図に示すごとく機内の配線はきわめて簡単で，点検が容易にでき，故障発見が簡単にできる。



第22図 排気系と配線



第23図 EM-50 C型高圧発生装置

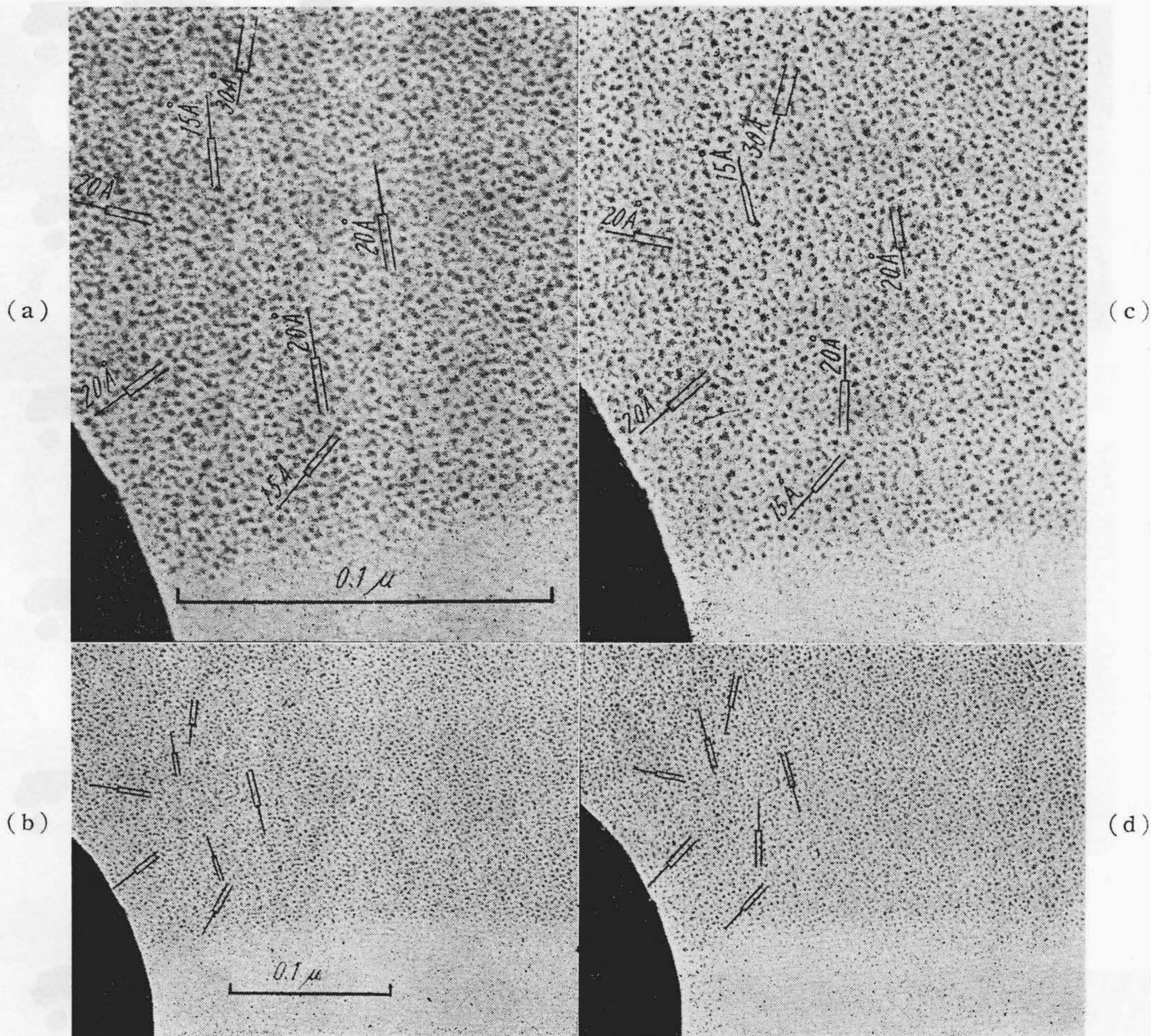


第24図 HA-3型電圧安定装置

5. HS-6型電子顕微鏡の性能

5.1 倍率と分解能

普及型の倍率は使用頻度の高い倍率によつて決められる。例外は種々あるが，ふつう医学および生物学におい



(aとb, およびcとdはそれぞれ同一乾板の同一視野を撮ったもので, 微粒子の対応をしらべた)

第25図 白金—イリジウムの蒸着粒子

て, 細胞, 核, および繊維は $10\mu\sim 1\mu$, 細菌は $1\mu\sim 100\text{m}\mu$, ヴィールスは $100\text{m}\mu\sim 10\text{m}\mu$, 蛋白の結晶および有機分子は $10\text{m}\mu\sim 1\text{m}\mu$ の大きさをもつ⁽⁷⁾といわれる。

本顕微鏡の倍率範囲は第7図に示すごとくである。第25図は直接倍率 25,000 倍で撮影した白金イリジウムの蒸着粒子の写真で, これより分解能は常時 25\AA に到達し, 最高は 15\AA を示している。次に写真引伸倍率の決定であるが, 得られた像の分解能が低いとか, 各種の収差が大きいとか, コントラストが悪いとかすると, 正しいピントにおいて方向性のボケが生じたり, 全体がかすんだりして容易に引き伸ばせない。第26図は得られた乾板を10倍から30倍に引き伸ばして検討したものである。これでわかるように10倍の引き伸ばしは完全に保証されている。第27図は低倍率と高倍率において倍率測定用の試料を撮影した例である。高倍率はもちろん低倍率においても必ずみ像収差はきわめて小さく, 無視できる。

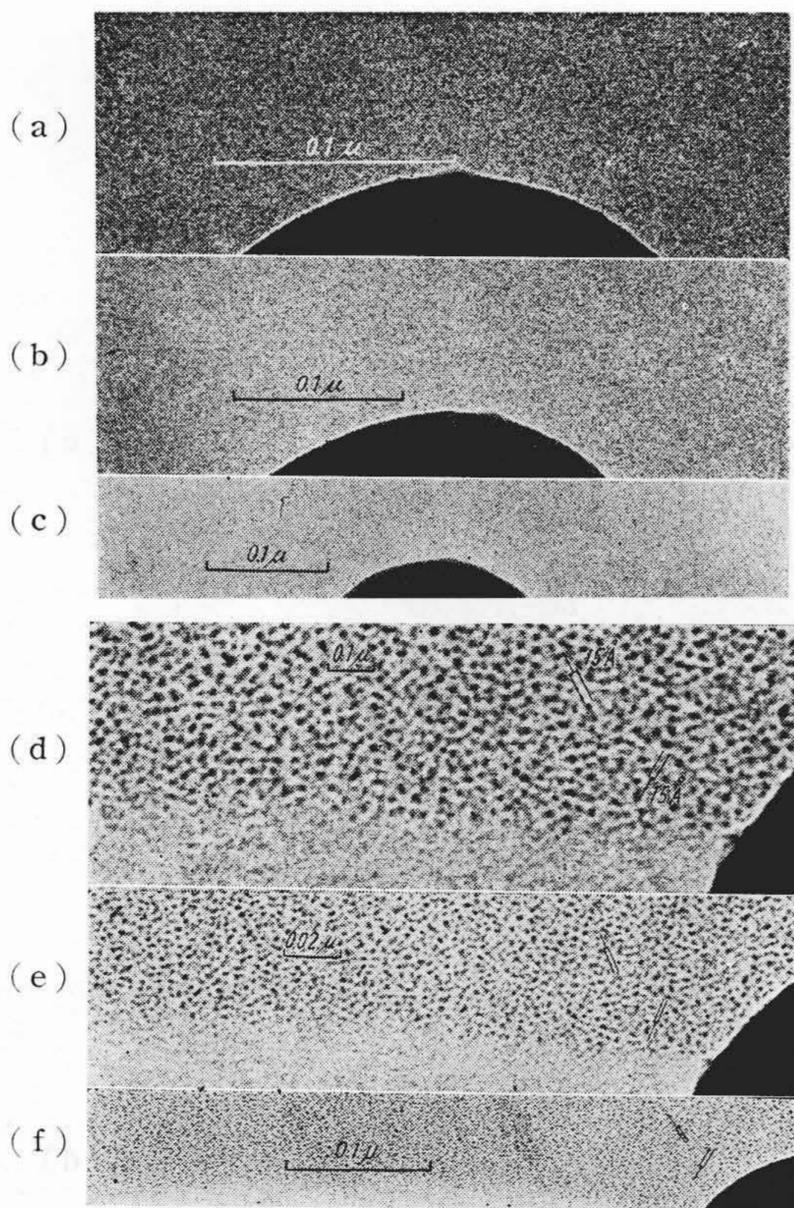
5.2 ピント調整

第28図は過焦点から正焦点さらに不足焦点へとピントを少しずつ変えて撮った写真である。試料はカーボンブラックを用い, 故意に支持膜の破れを視野に入れたもので, 撮影乾板の順序と焦点変化の順序はまったく一致していた。このように多数の焦点を変えた写真が着実にえられることから HS-6 型の平均性能が高いことがわかる。

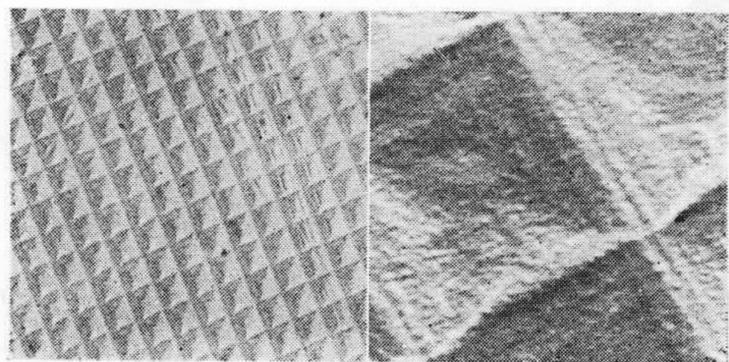
またこの一連の写真は HS-6 型のレンズ型の非点収差がきわめて少ないことを示し, この磁路設計が正確でレンズ工作に誤差がきわめて少ないことを裏書きしている。

5.3 電源の安定度

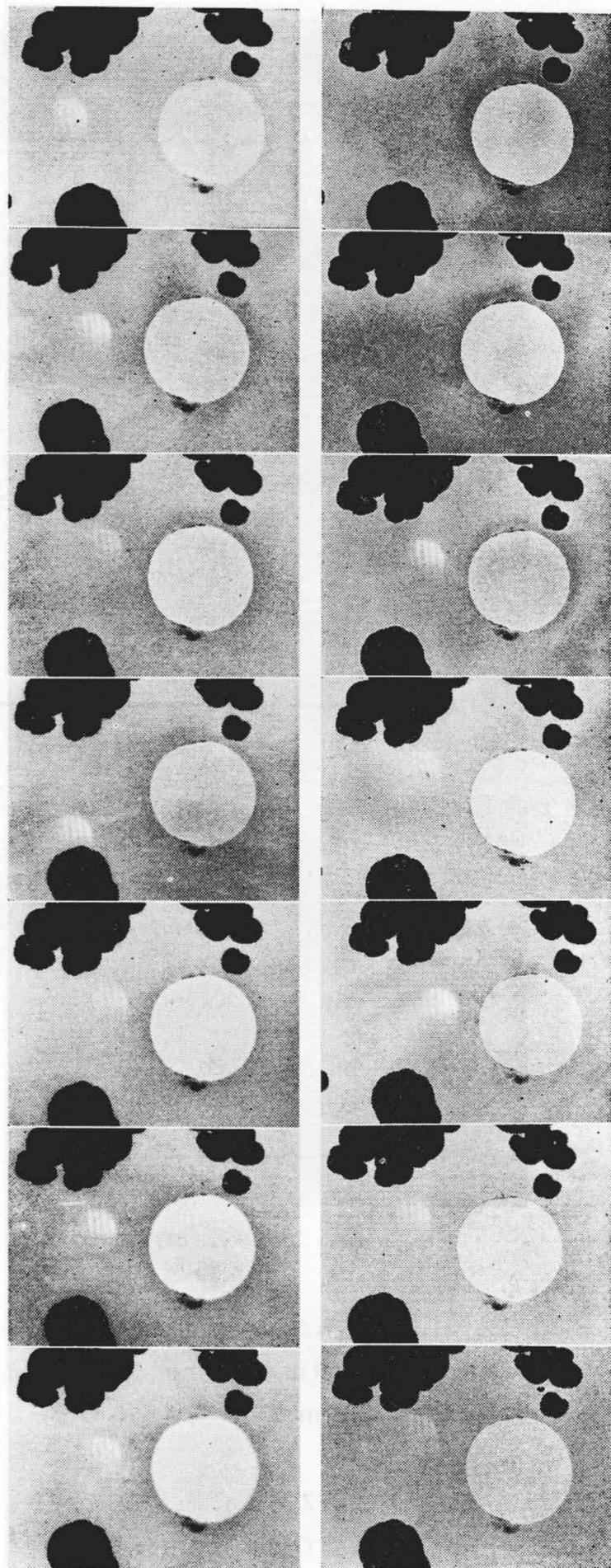
電子レンズの励磁に永久磁石を使用しているので電源の変動については電子加速電圧のみ考慮すればよい。油浸型の高電圧発生装置を用い, X線ケーブルで高電圧を気中に出すことなく電子銃の中に導入できるので, 高圧



(a~cはカーボン粒子の縁, d~fは Pt-Ir 蒸着粒子)
第 26 図 同視野拡大比較



(a) (b)
(a: 低倍率 B: 高倍率 格子間隔は1/960 mm)
第 27 図 倍率測定用試料の撮影例



(試料はカーボンブラックと膜孔)
第 28 図 焦点連続変化撮影

側より生ずる変動はまつたくない。大型電子顕微鏡において好成績を収めた経験のある電圧安定装置を用い、大型高性能電子顕微鏡なみに電源電圧の安定を行つた。

ふつうの安定度の測定は、入力電圧を変えて出力電圧を読み取り、入力電圧対出力電圧の曲線の傾斜により安定度を算出するが、この方法は実際の動作とは相当の違いを生ずるので、今の場合には自記記録装置を取り付けて変動電圧を実際に測定した。その結果を第 29 図に示す。これにより加速電圧の安定度は 10^{-5} 程度に十分入

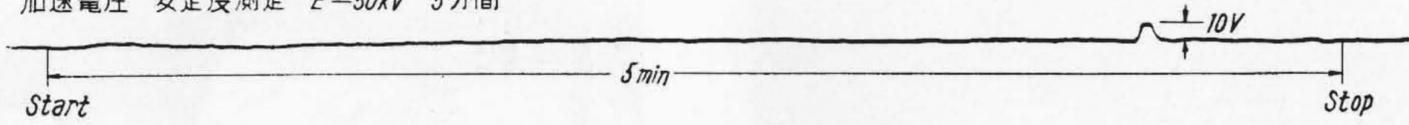
つていることがわかる。

5.4 電子顕微鏡像および電子回折像
第 30 ~ 37 図に撮影例を示す。

6. 結 言

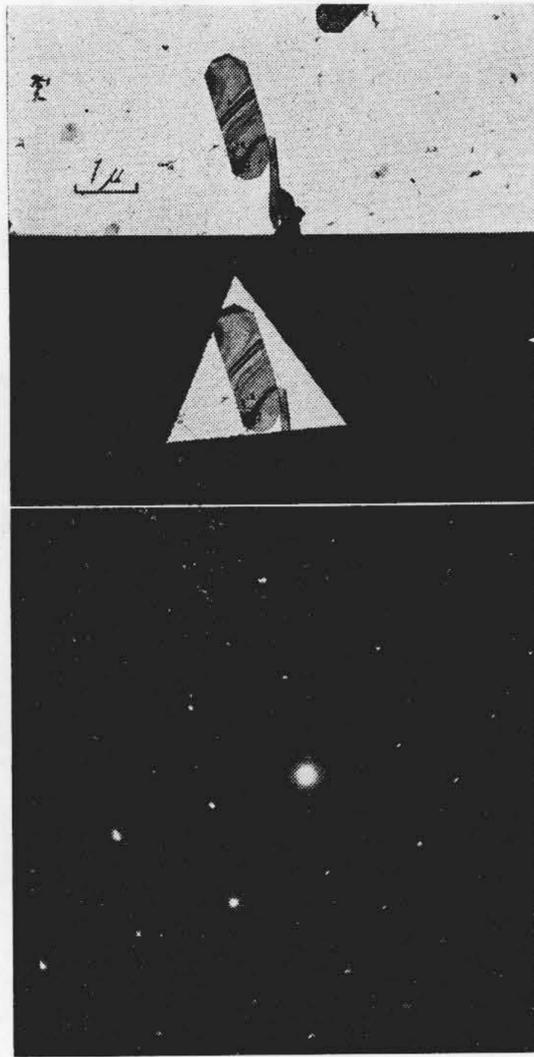
HS-6 型電子顕微鏡は上述のごとくであるが、おもな特長および性能をあげれば次のとおりである。

加速電圧 安定度測定 $E=50kV$ 5分間

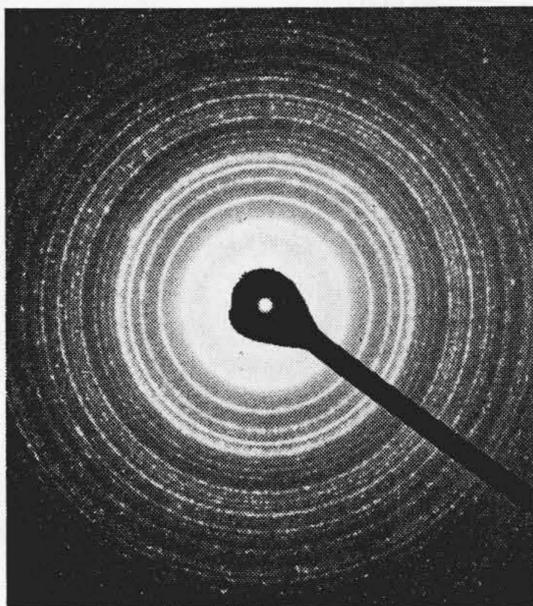


(5分間のドリフトの自記記録)

第29図 加速電圧の安定度



(a: 全視野像 b: 制限視野像 c: 同所の電子回折像)
第30図 酸化モリブデンの制限視野電子回折像

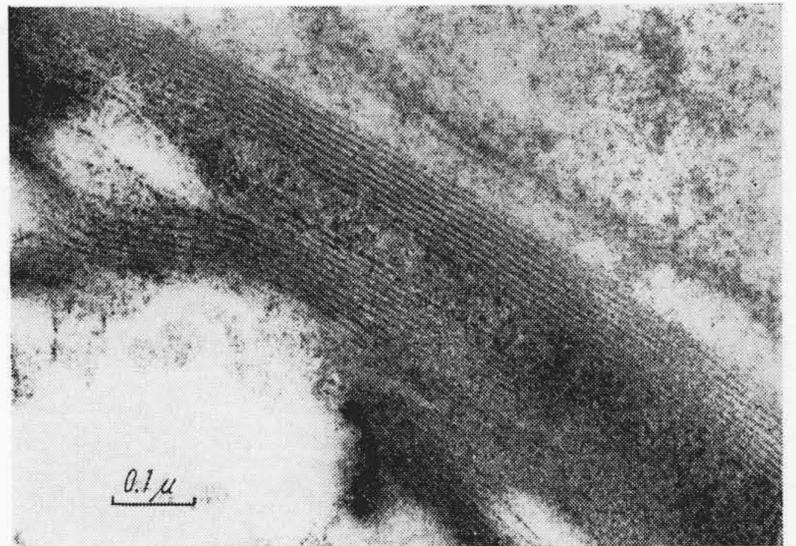


(高分解能)

第31図 酸化マグネシウムの電子回折像



第32図 細菌 (試料は京都大学医学部提供)



第33図 人体神経繊維

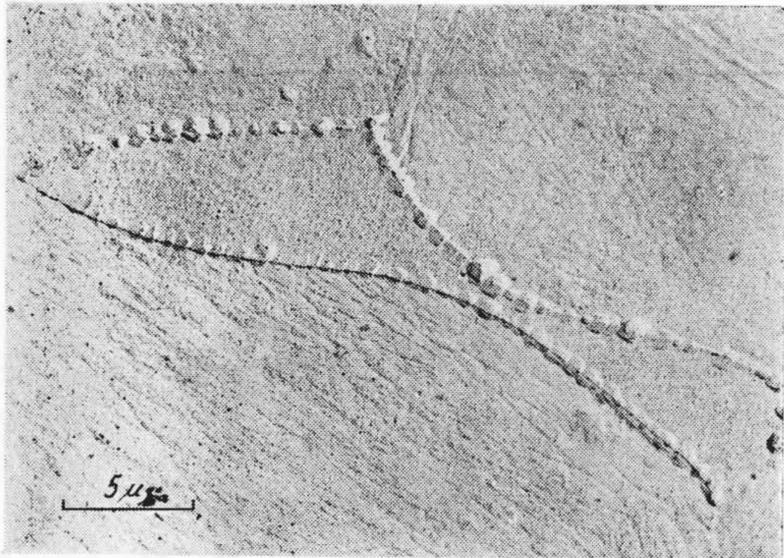


第34図 鋼のパーライト組織

6.1 特長

(1) 永久磁石励磁電子光学系を使用し、広範囲に倍率を変化しうるとともに電子回折装置としても十分性能の高い像が得られる。

(2) 永久磁石を用いた磁気回路を十分余裕をもつて設計したので寿命に関する心配がまったくない。永久磁石の高安定磁界と、電子加速電圧の高安定度



第35図 不 銹 鋼



第36図 碍 子 表 面

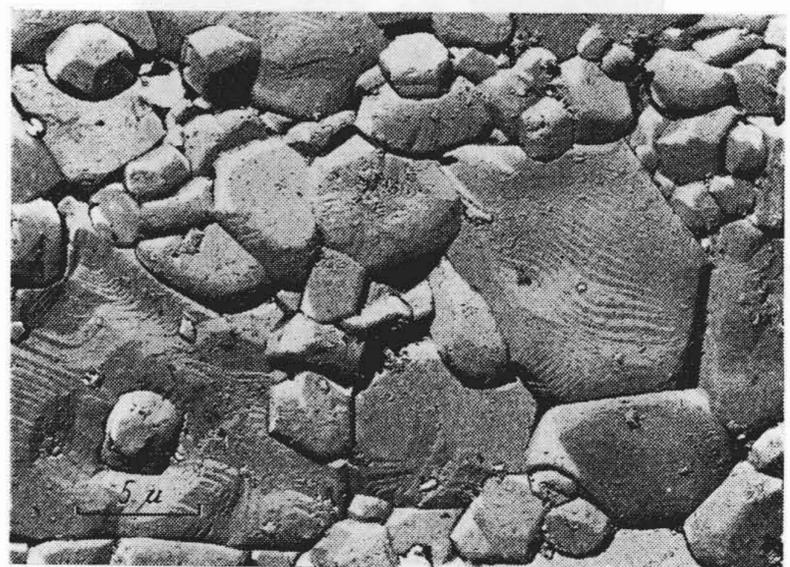
によりえられた電子顕微鏡の分解能は常時 25 Å である。

- (3) 3磁極中間レンズと対物レンズ，投射レンズの極性を考慮することにより回転色収差を0にした。このためピント合わせ，倍率変化は光学顕微鏡と同様に像の回転を与えることなくできる。
- (4) 真空操作は簡単になり，排気速度の向上により操作時間が短縮された。
- (5) 電源がきわめて簡素になり，保守，点検が容易で故障の起る確率が従来のものに比べて1/2以下になった。また電力の点からも，経費が在来のものより少なくてすむ。
- (6) 据付，調整が簡単でいかなる場所でも据付ができる。

6.2 性能仕様

分解能.....	25 Å
加速電圧.....	50 kV
電子光学的倍率.....	2,000~20,000 倍
写真引伸倍率.....	10 倍
乾板.....	キャビネ 1/3 判 36 視野撮り
電源.....	AC 100V, 1.2kW
寸法 本体	1,100 (幅), 700 (奥), 1,800 (高)
電源	700 (幅), 500 (奥), 700 (高)

以上の特長および性能をもつ HS-6 型電子顕微鏡は高度の操作技術を習得せず簡単に取り扱い扱える。分解能の高い像が容易に確実に撮影できるし，観察中の視野の一部を制限して回折像を得，その物質を知ることできる。このように日立 HS-6 型電子顕微鏡は，普及型とし



第37図 特 殊 磁 器

て当をえたもので，工場の試験室，病院などの数多い試料をすみやかに処理できるものと信ずる。

本機はすでに数台納品し，この機会にその概要を述べ諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

終りに臨み，日立製作所中央研究所および多賀工場の関係者各位に対し深く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) Reisner, Dornfeld: J. A. P. 21, 1131 (1950)
- (2) B. v. Borries: Z. Wiss Mikro. Techn. 60, 329 (1952)
- (3) K. Müller: Z. Wiss Mikro. Techn. 63, 303 (1957)
- (4) 木村，藤岡：日立評論 36, 1519 (1945)
- (5) 木村，菊池：日立評論 38, 1043 (1956)
- (6) 辻田：日立評論 30, 114 (1948)
- (7) 木村：日立評論 39, 329 (1957)