

HU-12 形 高性能電子顕微鏡の諸特性

The Hitachi HU-12 High Performance Electron Microscope

赤堀 宏* 窪添 守起** 小笹 進***
Hiroshi Akahori Morioki Kubozoe Susumu Ozasa

要 旨

高性能電子顕微鏡として HU-12 形を試作した。試作目標を完全な磁気回路による性能向上と、自動化による簡易操作においた。結果として、加速電圧は 25 kV から 125 kV までの 5 段切換、倍率は 1,000 倍から 50 万倍までズームレンズ方式によって焦点、明るさとも一定のまま変換が可能であり、点分解能で 3 Å を保証することができた。操作方面では排気装置、カメラ装置の完全自動化を行ない、ビームモニタ、ワブラ式焦点合せ、撮影条件の自動記録などによって操作者の技術的負担を軽減させた。

1. 緒 言

新形高性能電子顕微鏡として HU-12 形を試作したのでその概要を報告する。HU-11 形高性能電子顕微鏡は 1960 年に発売されすでに 10 年を経過している。以来、市場からの要求に応じて幾たびか改良が施され、11A から始まって 11E に至っている。HU-11 形は分解能においては幾たびか世界記録を更新し高性能機として広く世界に認められてきた。従来、高性能電子顕微鏡は性能重点にかたより、操作者の熟練にたよる傾向があった。HU-11 形も操作性については必ずしも満足とはいえなかったもので、今回の試作においては操作性の向上に特に重点をおいた。これはひいてはその装置の性能をじゅうぶんに発揮することにつながる。電子顕微鏡には軸合せという操作がある。これはコンデンサレンズから投射レンズに至る各レンズの電子光学的中心を合わせる操作で、予備的操作であるにもかかわらず電子顕微鏡の性能を発揮させるためには最もたいせつなものである。軸合せをむずかしくしている原因は、電子レンズの光学的中心が必ずしも機械的中心と一致しないこと、特に磁界レンズの場合には各レンズ間の磁気干渉や漏えい磁束の不均一が電子線に対して偏向磁場を作り、この偏向磁場の強さや方向がレンズの励磁力に応じて変化することなどによる。これは最近のように加速電圧の範囲、倍率の範囲が広がるにつれて大きくクローズアップされてきたもので、応用分野の拡大に適合させるためには改善されなければならない問題であった。電子顕微鏡の操作性を含めた性能の良否は、この軸合せが簡単に、かつ正確に行なえるかどうかということにかかっている。すなわち、電子レンズの光学軸の位置判定が容易であることと、各レンズの光学軸が合わせやすく、電子レンズの励磁力を変えても合わせた各レンズ間の光学軸に狂いを生じないことが必要である。これはたとえば倍率変換の際の像の移動や、照射電子線スポットの動きなどにも関係している。よってわれわれは試作に先だて、漏えい磁束の少ない磁気回路と、偏向磁場の補正可能なレンズの組合せについて研究を行なった。軸調整操作と試料観察操作は目的が異なるわけであるから、これらの調整装置を機能別に分離配置して暗室内での操作を容易にし、写真撮影上必要な事項を自動的にフィルム上に記録させることも操作者の疲労軽減に大きく役だつものである。補助的操作、たとえば真空排気操作、写真撮影操作もシーケンス制御による自動化にすることによって操作者の注意力、労力を省き、主力を本来の試料観察に集中できるようにした。

本試作機で得られた主要性能は下記のとおりである。

* 日立製作所那珂工場 工学博士

** 日立製作所那珂工場

*** 日立製作所中央研究所

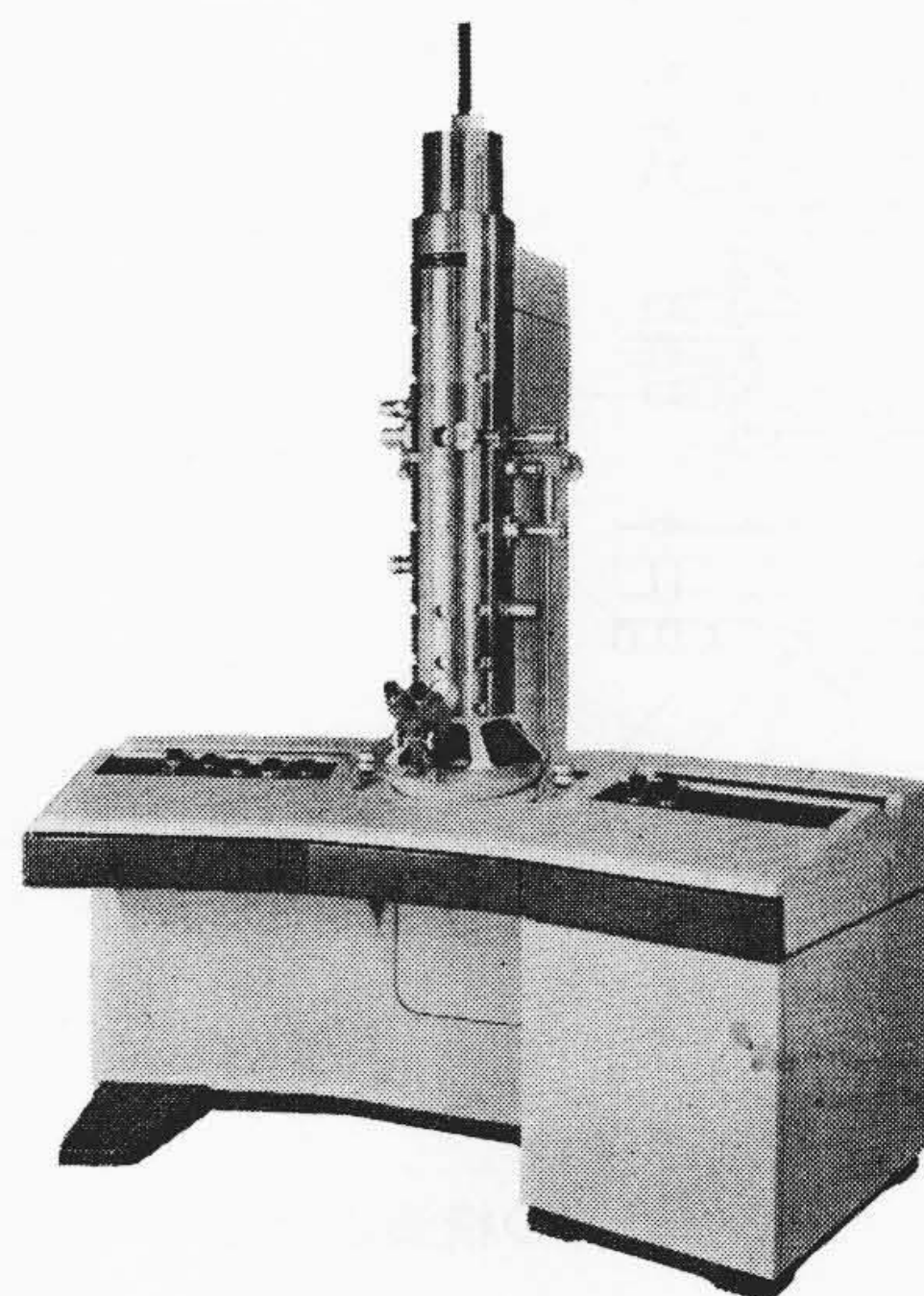


図 1 HU-12 形高性能電子顕微鏡

加 速 電 圧 25, 50, 75, 100, 125 kV 5 段変換

倍 率 範 囲 1,000~500,000 倍 ズーム式倍率変換

分 解 能 3 Å 点間隔, 2 Å 格子像,

電子回折分解能指数およびカメラ長

制限視野回折 5×10^{-6} , 100~2,000 mm

高分解能回折 1×10^{-6} , 395 mm, 505 mm

高 分 散 回 折 2×10^{-6} , 500~5,000 mm

真 空 度 $< 5 \times 10^{-6}$ Torr. 全自動排気装置

以下、レンズ系統の改良点を中心に HU-12 形の諸特性について述べる。

2. HU-12 形の構成

HU-12 形の構成を大別すると鏡体、排気系、電気系に分けることができる。図 1 は鏡体、排気系および操作盤を含む顕微鏡本体部で、このほかに電力を供給する電源部がある。鏡体は 1 本の磁気遮蔽(しゃへい)円筒の中にレンズ系を収納する形をとり、機械的軸調整は半固定とし、日常操作はすべて電磁的に行なうようにしてある。電子顕微鏡は暗室の中で操作されるという特殊な事情がある。しかもけい光スクリーン上の電子像はあまり鮮明でないので、必然的に目は一点を凝視する形となり、両手は卓上の各種調整機類を盲捜的に捕えて操作することになる。UH-12 形では誤操作を避けるため、操作卓上には必要以外の調整機類を置かないようにし、軸調整を含む補助的操作盤は引出し式にして操作卓内に収納されている。操作卓は操作者の操作活動を容易にするため、従来の左右対称両そで式をやめ、非対称片そで式にしてある⁽¹⁾。

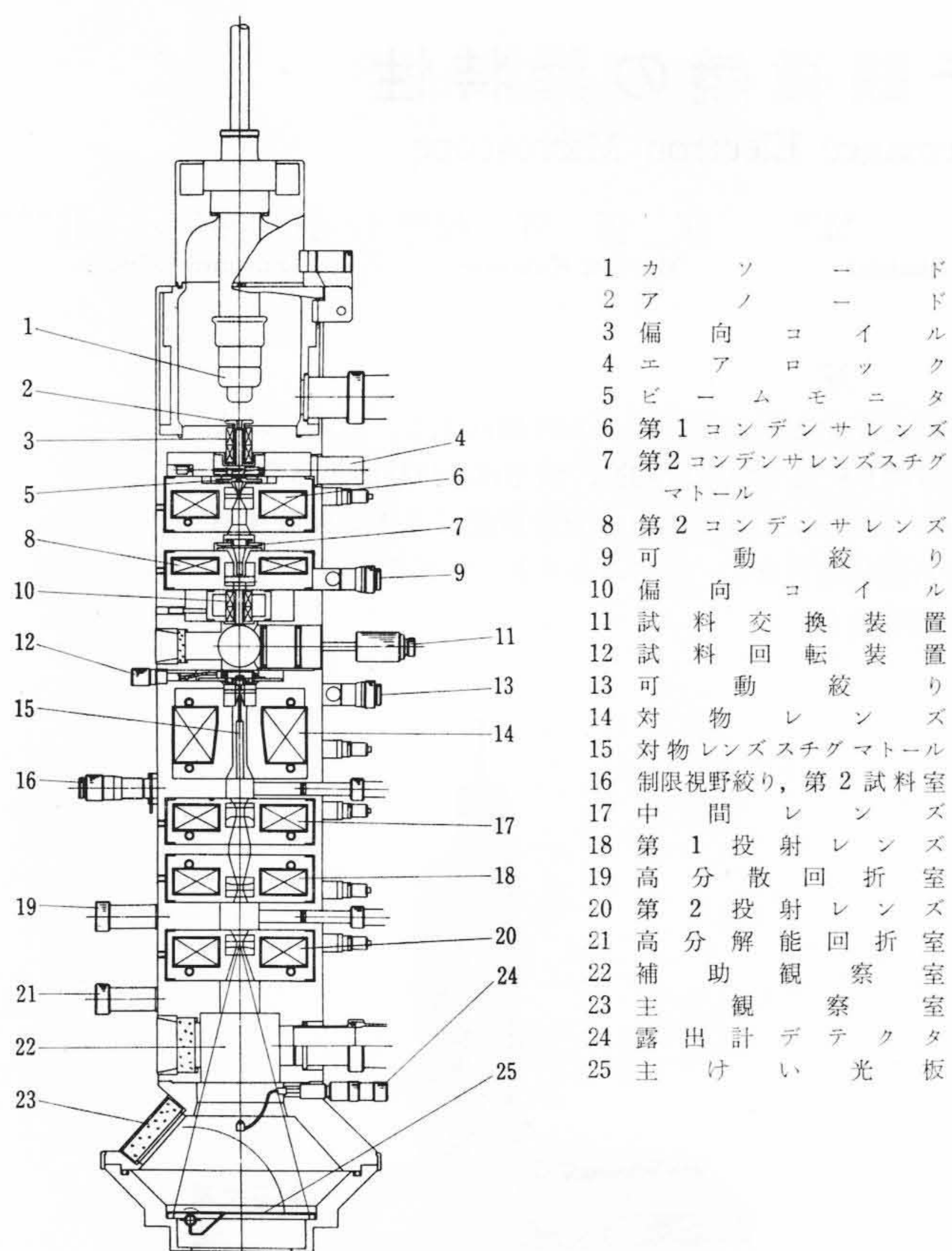


図2 鏡体断面図

3. 鏡体の構造と特性

鏡体は電子銃、収束レンズ、試料室、結像レンズ、観察記録装置から成り立っている。図2は鏡体の断面図である。

3.1 電子銃

電子銃は1段加速である。加速電圧は25 kV から125 kV までは5段階に切り換えるようにしてある。25 kV, 50 kV は主としてコントラストの得難い生物切片試料などに、100 kV, 125 kV は結晶、金属はくなど電子線の透過力を要求する試料に利用される。電子銃としては125 kV が安定に印加できることが必要であるが、カソードとアノードの間隔を125 kV に適した間隔に固定したのでは25 kV, 50 kV での電界強度が不足し、じゅうぶん明るい電子銃が得られない。本機では加速電圧の変換に連動してアノードを上下させ、各加速電圧での電界強度を等しくし、電子銃での電子線の収れん作用をよくしてある。図3 Aはウェネルト円筒とアノード間を25 mm に固定し、25 kV, 50 kV, 100 kV での試料上のスポットサイズを撮影したものである。放射電子線量が等しくなるようにウェネルト円筒に印加するバイアス電圧を調節しているから試料上の電子流密度は面積に逆比例する。図3 Bは25 kV のとき7 mm, 50 kV のとき15 mm, 100 kV のとき25 mm に連動変換させた場合で、試料上のスポットサイズはほぼ一定である。したがってどの加速電圧においても常に明るい像が得られる。電子銃部での収れん作用は電子線の干渉性にも影響するから、アノード上下は各加速電圧で輝度の高い、干渉性の良い電子線を得るために有効である。図4は試料支持膜の小孔を不足焦点で撮影したときのフレネルフリッジに現われる干渉縞(しま)である。ポイントフィラメントを使用し、加速電圧100 kV で撮影したもので60本以上の干渉縞が撮影されている。

電子銃の軸調整は、電子線を2段の偏向コイルによってコンデンサレンズに対して傾斜および水平方向に調整されるが、第1コンデ

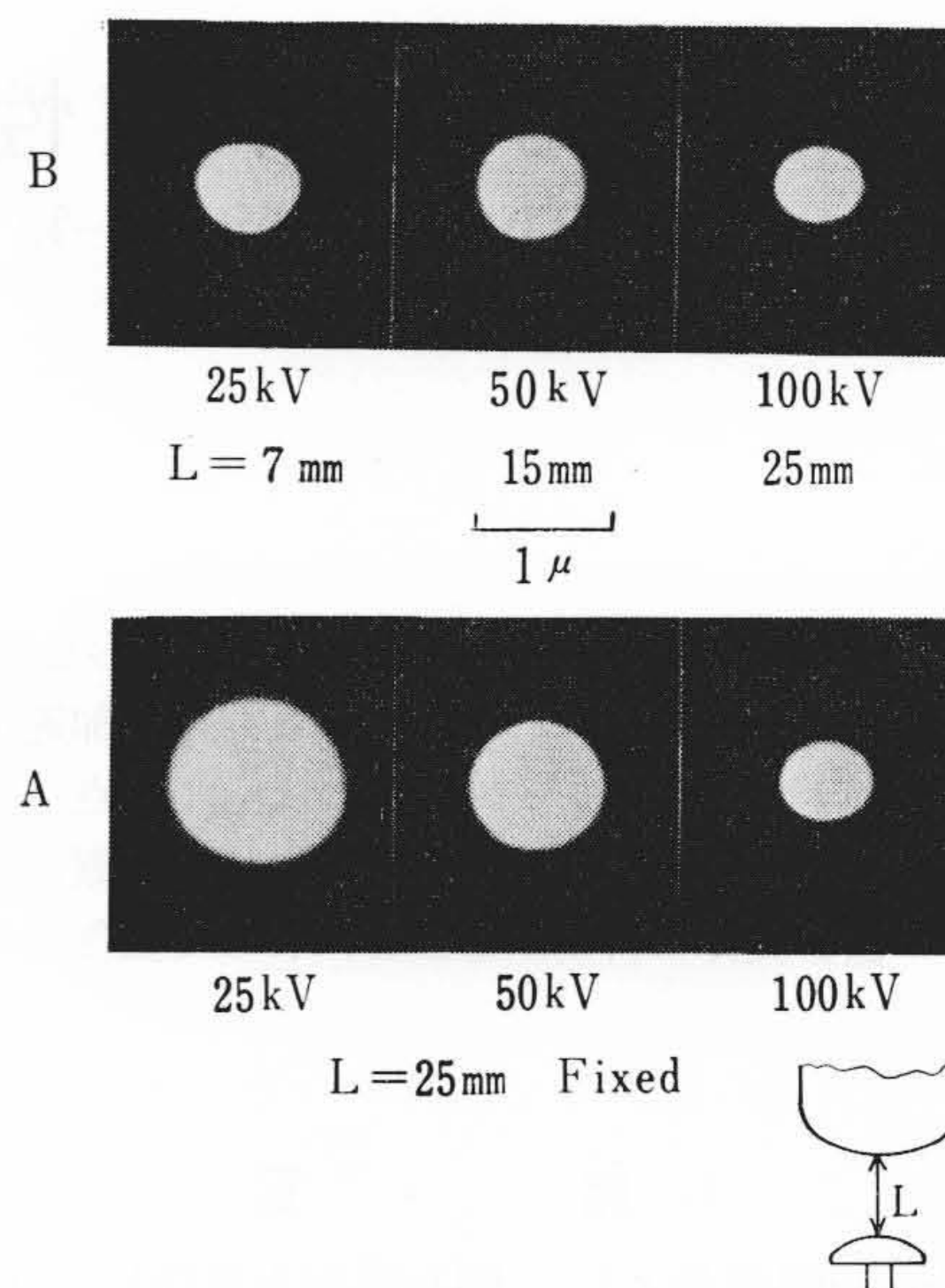
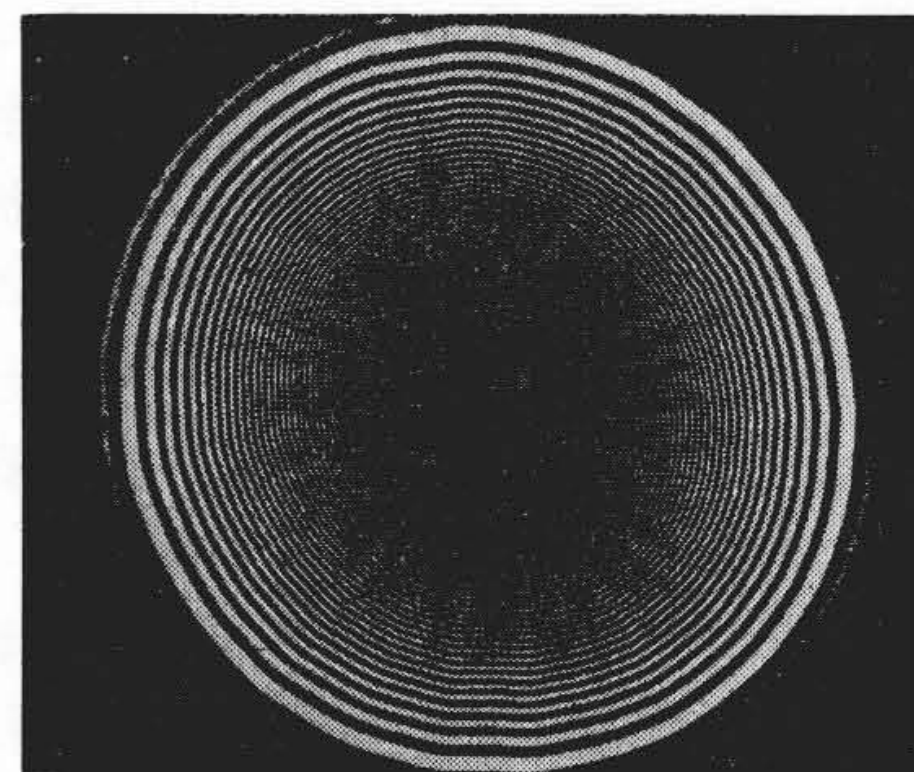


図3 アノードポジショニングの効果



加速電圧 100 kV
撮影倍率 10,000X
 $\Delta f = -2$ mm, 3分間露出

図4 電子線の干渉性を示すフレネル縞

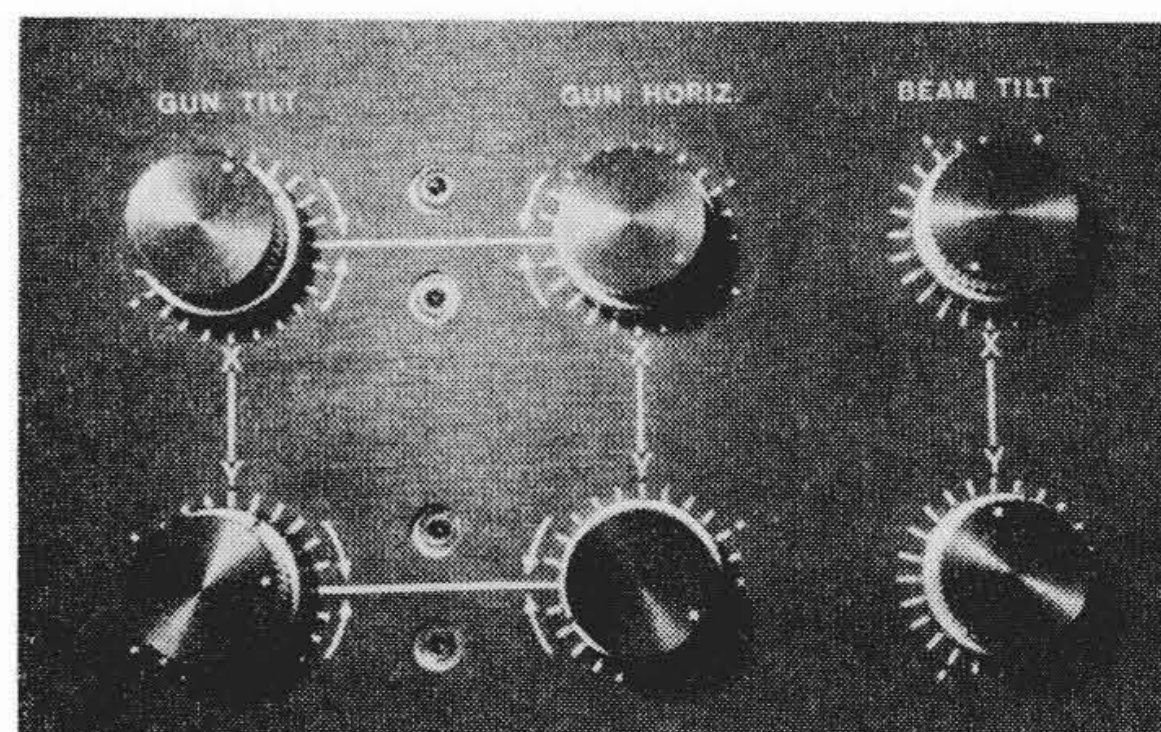
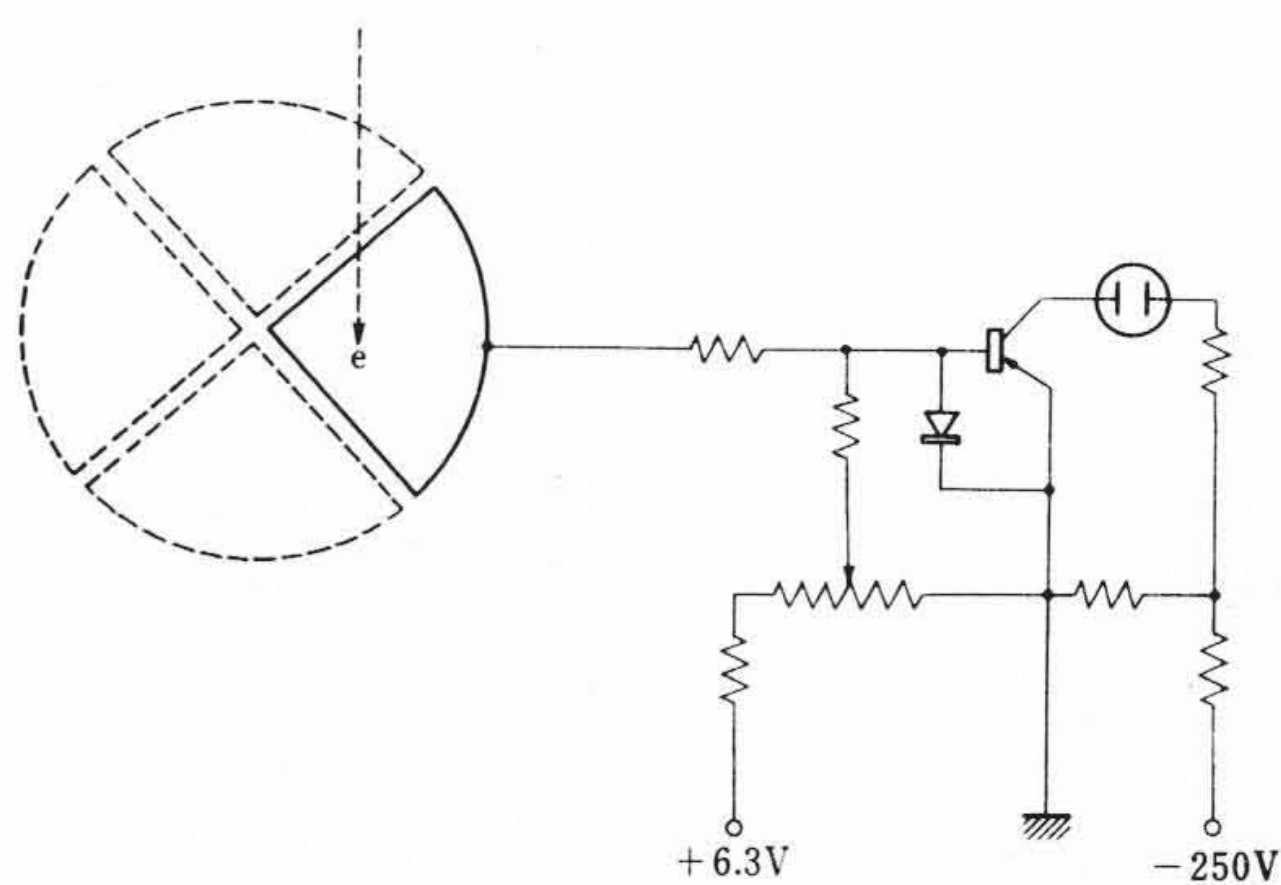


図5 ビームモニタの原理と軸調整操作盤

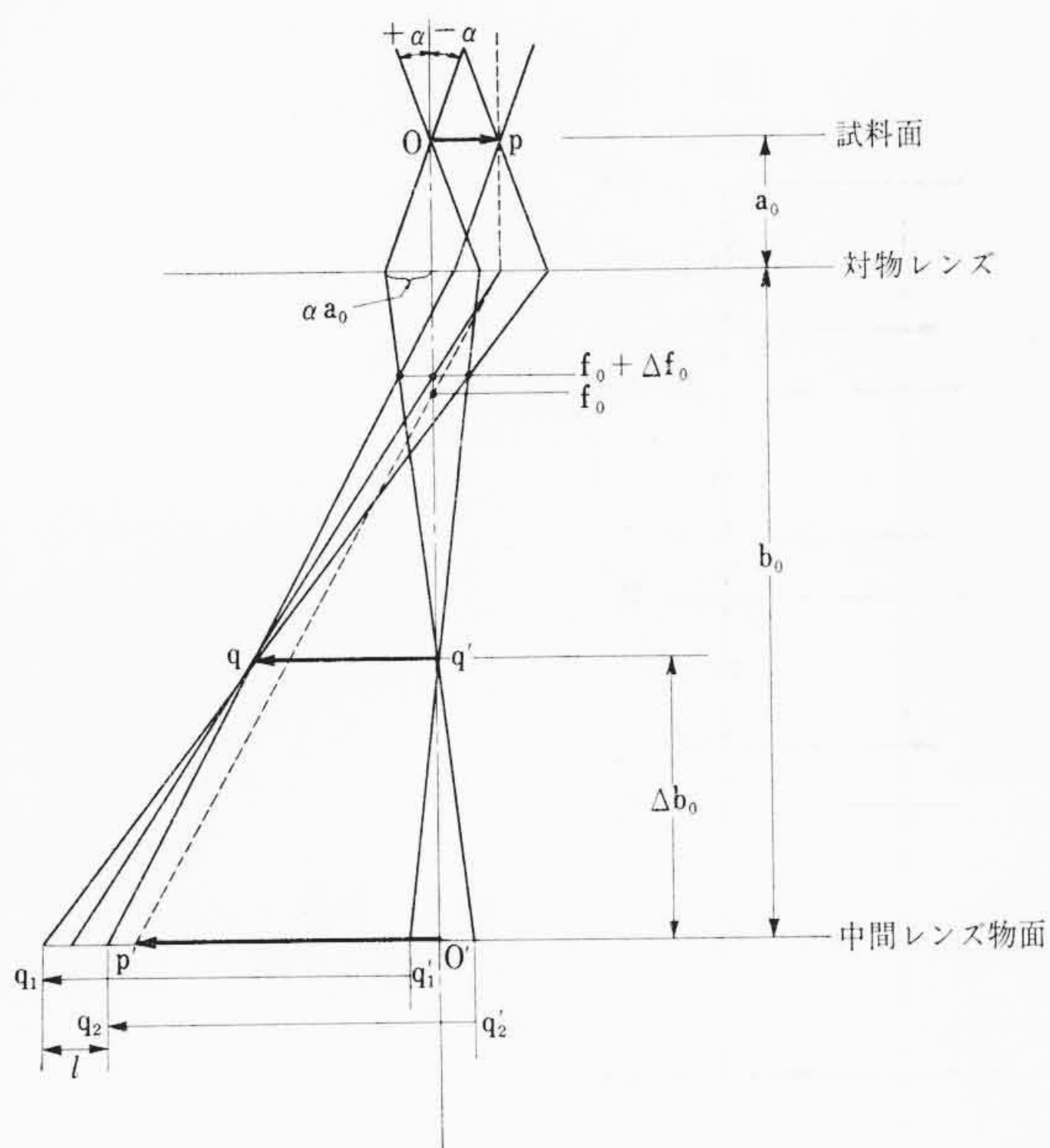


図6 ワブラーの原理説明図

ンサレンズの上にビームモニタ装置があり、もし電子銃からの電子線が曲がって発射されると、その方向を示すパイロットランプが点灯するようになっている。図5はビームモニタの原理を示したものである。

3.2 コンデンサレンズ部

コンデンサレンズは2段収束式で、試料上での電子線径（スポットサイズ）を $1\mu\text{m}\phi$ から $20\mu\text{m}\phi$ まで5段階に変換できるようにしてある。各段間をつなぐ連続調節器があり、これを使用することによってヘアピンフィラメントの場合のスポットサイズを $0.5\mu\text{m}\phi$ から $50\mu\text{m}\phi$ の間に自由に調節することができる。

スポットサイズの変換は第1コンデンサレンズの励磁電流を変えることにより行なわれるが、このとき第1コンデンサレンズの作るクロスオーバーが正しく第2コンデンサレンズの光学軸上を移動するように、第1コンデンサレンズと第2コンデンサレンズを機械的に軸調整することが必要である。これによって、スポットサイズ変換はもちろん、加速電圧を切り換えても電子線は正しく試料を照射する。

第2コンデンサレンズの下、試料室の上部に2段偏向式電磁コイルがある。これは照射系と結像レンズ系との軸調整に使用される以外に、試料に入射する電子線を傾けて暗視野像観察に利用される。本機には明視野像から暗視野像への切換装置が組み込まれていて、暗視野像での第2コンデンサステグマトールの調節、電子線の照射位置調節が全く独立に行なわれる。電子線の最大傾斜角は ± 3 度である。

この2段偏向コイルに交番電流を流せば、その電流量に応じて試料への電子線の入射方向が交番的に変わり、目の残像によってあたかも照射角のきわめて大きい電子線で試料を照射したことに相当する。対物レンズで試料に焦点を合わせるときは照射角が大きいほど、対物レンズの焦点深度が浅くなって焦点が合わせやすくなる。通常の電子顕微鏡の場合、試料照射角はコンデンサレンズの絞りと、絞りから試料までの距離で決まるから、コンデンサレンズで電子線を試料上に取れんさせた場合でも 10^{-3}rad 程度である。このような小さい角度では低倍率の場合は焦点合わせがむずかしい。偏向コイルに交番電流を流して強制的に入射角を大きくし、焦点を合わせやすくする方法をワブラー式焦点合わせと呼んでいる。図6はワブラーの原理を示したものである。試料面の物体を $\overline{op}$ とし、焦点距離 f_0 のとき中間レンズの物面に対物レンズでの像 $\overline{o'p'}$ ができるとする

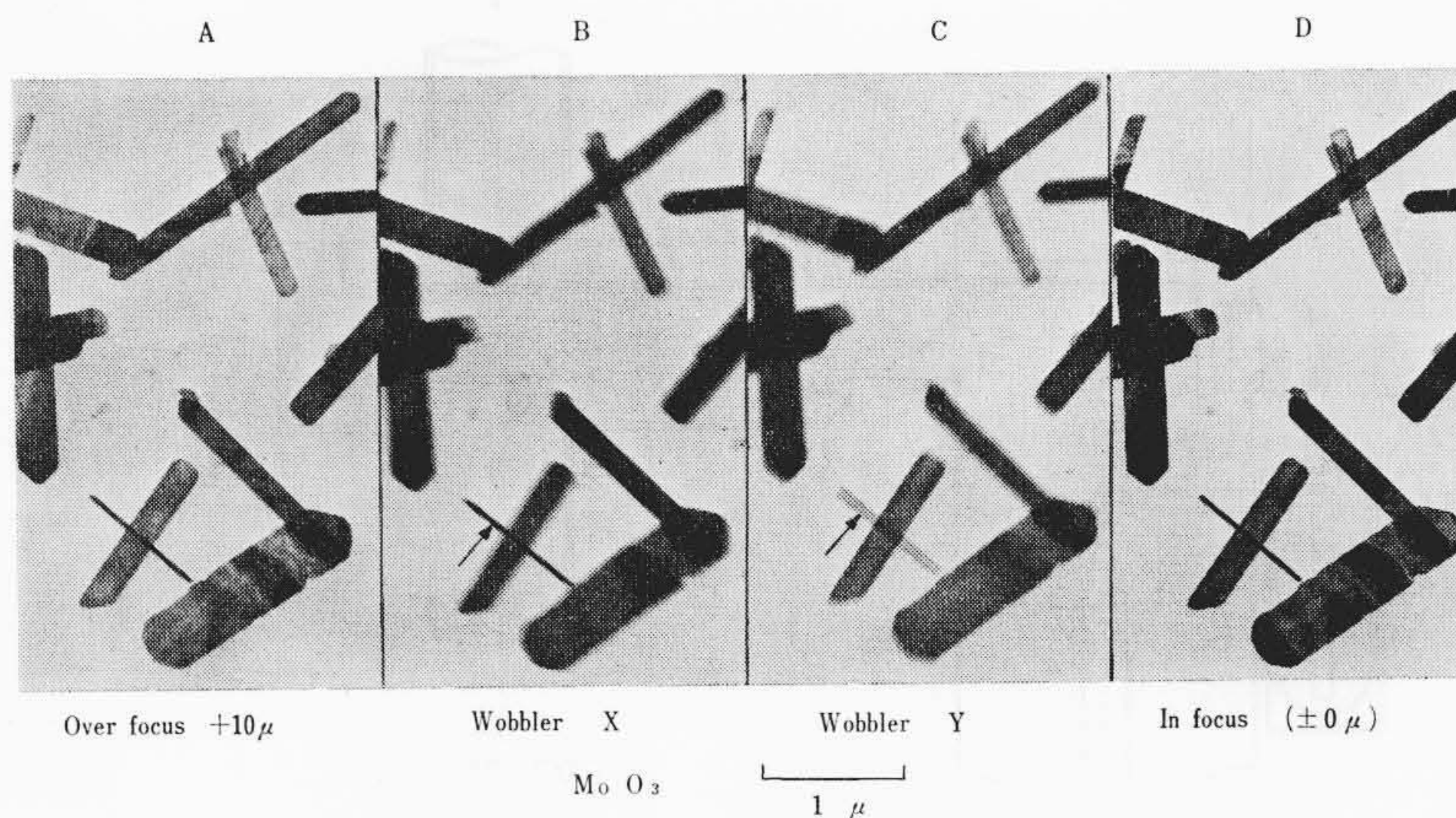


図7 ワブラー効果

と、電子線を光軸に対して $\pm\alpha$ 傾けた場合でも f_0 が正焦点であれば $\overline{o'p'}$ に像を結ぶ。今、 Δf_0 だけ過焦点になった場合を考えると $\overline{op}$ は $\overline{qq'}$ に像を結び、中間レンズの物面での像は $+\alpha$ のときは $\overline{q_1q_1'}$ に、 $-\alpha$ のときは $\overline{q_2q_2'}$ に像が移動する。この像の移動量 l は、

$$\begin{aligned} l &= 2\alpha a_0 \frac{\Delta b_0}{b_0 - \Delta b_0} \div 2\alpha a_0 \frac{\Delta b_0}{b_0} \\ &= 2\alpha \frac{a_0 b_0}{f_0^2} \Delta f_0 \div 2M_0 \alpha \Delta f_0 \\ \therefore \begin{cases} \Delta b_0 \ll b_0 \\ \Delta b_0 = \frac{b_0^2}{f_0^2} \Delta f_0 \\ a_0 \div f_0 \\ M_0 = \frac{b_0}{a_0} \dots \dots \text{対物レンズ倍率} \end{cases} \end{aligned}$$

となるから終像スクリーン上での像の移動量 L は中間レンズ以下の倍率が加わり、総合倍率を M_T とすると、

$$L = 2\alpha M_T \Delta f_0$$

となる。 α は通常 0.5 度ないし 1 度であるから、ワブラーを使用しないときに比べ L は 100 倍以上に拡大されることになる。ワブラーの効果を示す写真は図7に示すとおりである。Aは $10\mu\text{m}$ 過焦点の像で一見焦点が合っているように見えるが、これにワブラーを働かせるとBあるいはCのように像がぼける。このぼけが最小になるように対物レンズで焦点を合わせ、ワブラーをやめて写真をとればDのような焦点の像が得られる。BとCでは像のぼけ方向が 90 度異なっているが、これは矢印で示した試料のように、像の移動方向と一致している試料は判別しにくいので、電子線を振らす方向を 90 度切り換えどのような試料にも応じられるようにしたものである。

3.3 試料室

HU-12の試料ステージには試料回転装置が取り付けられており、像を観察しながら試料を回転することができるので、フィルムのサイズに合わせて撮影すべき構図を作ることができる。試料ステージを対物レンズ磁路上面に広い面積で密着させ、レンズ励磁コイルの水冷を利用して常に熱的平衡を保たせている。

電子顕微鏡の性能を阻害するものに試料コンタミネーションがある。本装置においては図8に示すように試料室の後方排気管にコールドトラップを設けて排気装置やカメラから流入しようとする有機ガスを捕集し、さらに試料の直下に液体空気によって冷却されたコールドフィンガをそう入して試料近辺に浮遊する有機ガスを取り除いている。これによってコンタミネーションはほぼ完全に防止される。

HU-12では対物レンズ部と中間レンズ部の間に第2試料室を設

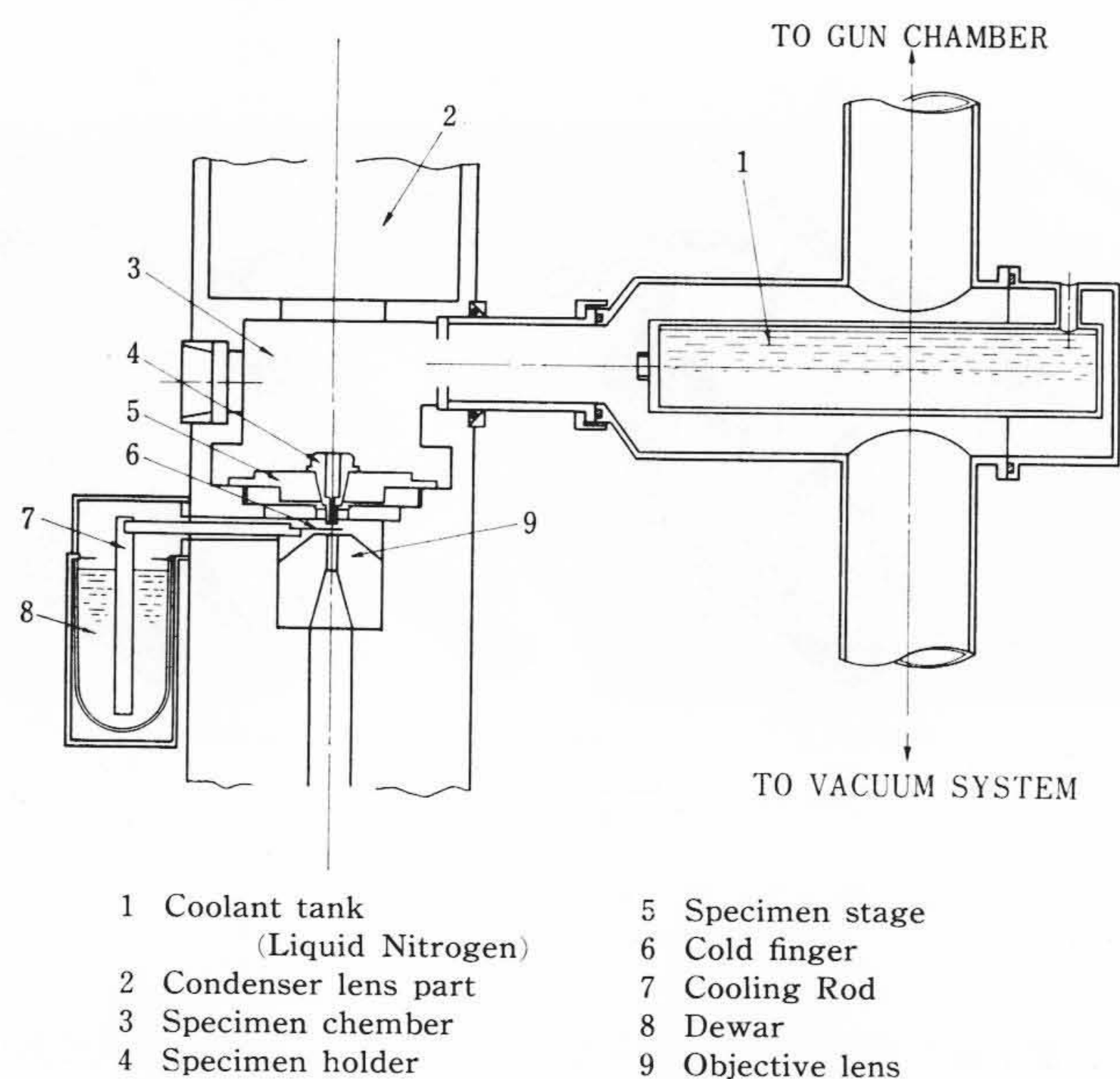


図8 試料汚染防止装置

け、100倍から5,000倍の極低倍率観察を可能にしている。試料交換はエアロックによって迅速に行なわれる。なお、上下試料室とも同時に6個の試料が装着できる。

3.4 結像レンズ系

結像レンズは対物、中間、第1投射および第2投射レンズの4段拡大方式が採用されている。3段レンズ系の場合には倍率変換は主として中間レンズで行なわれるが、投射レンズの拡大率を固定した場合の変換比(最高倍率:最低倍率)は20倍が限度であり、投射レンズの拡大率を変化させても100倍が限度であるから最低倍率を1,000倍に定めると最高倍率は10万倍となる。しかも軸外色収差、ひずみ像収差、湾曲収差を厳密に考えるとこの範囲も容易ではない。HU-11ではこれを補うために投射レンズポールピースを交換して倍率範囲を拡張している。4段レンズ系の場合は中間レンズと第1投射レンズおよび第2投射レンズの組合せによって倍率を変えることになるが、同一倍率を得るためのレンズの組合せ方が幾とおりも考えられることになり、各レンズを自由に変換できるようにしておく、場合によっては収差の大きい組合せで使う可能性も出てくる。これを避けるためHU-12では各レンズの収差特性を計算し、全倍率を35段に分割して各段における軸外色収差、ひずみ像収差、湾曲収差が最小になる組合せによってのみ像を結ばせるようにしてある。

電子顕微鏡の場合、倍率を変えることは倍率を変えるレンズの物面の位置を変えることである。これは対物レンズの結像面が変化したことになるから、試料位置が一定ならば対物レンズの焦点距離を変えてやらなければ焦点がずれたことになる。HU-12では倍率をステップ式に変換させるついでに、同じ変換装置を利用して対物レンズの焦点電流を制御し、倍率変換に伴う焦点変化を自動的に正焦点位置に補正するようにしてある(これをズームレンズ式倍率変換と命名した)。この場合焦点の変わり方が単純なほど、対物レンズ電流の制御も簡単になる。図9の記号をもとに各レンズで倍率を変えた場合の対物レンズの物面の移動(焦点変化)を計算してみると、

$$\frac{1}{a_0} + \frac{1}{b_0} = \frac{1}{f_0}, \quad \frac{1}{a_I} + \frac{1}{b_I} = \frac{1}{f_I},$$

$$\frac{1}{a_{p1}} + \frac{1}{b_{p1}} = \frac{1}{f_{p1}}, \quad \frac{1}{a_{p2}} + \frac{1}{b_{p2}} = \frac{1}{f_{p2}} \dots \dots (1)$$

$$a_I + b_0 = u, \quad a_{p1} + b_I = v, \quad a_{p2} + b_{p1} = w \dots \dots (2)$$

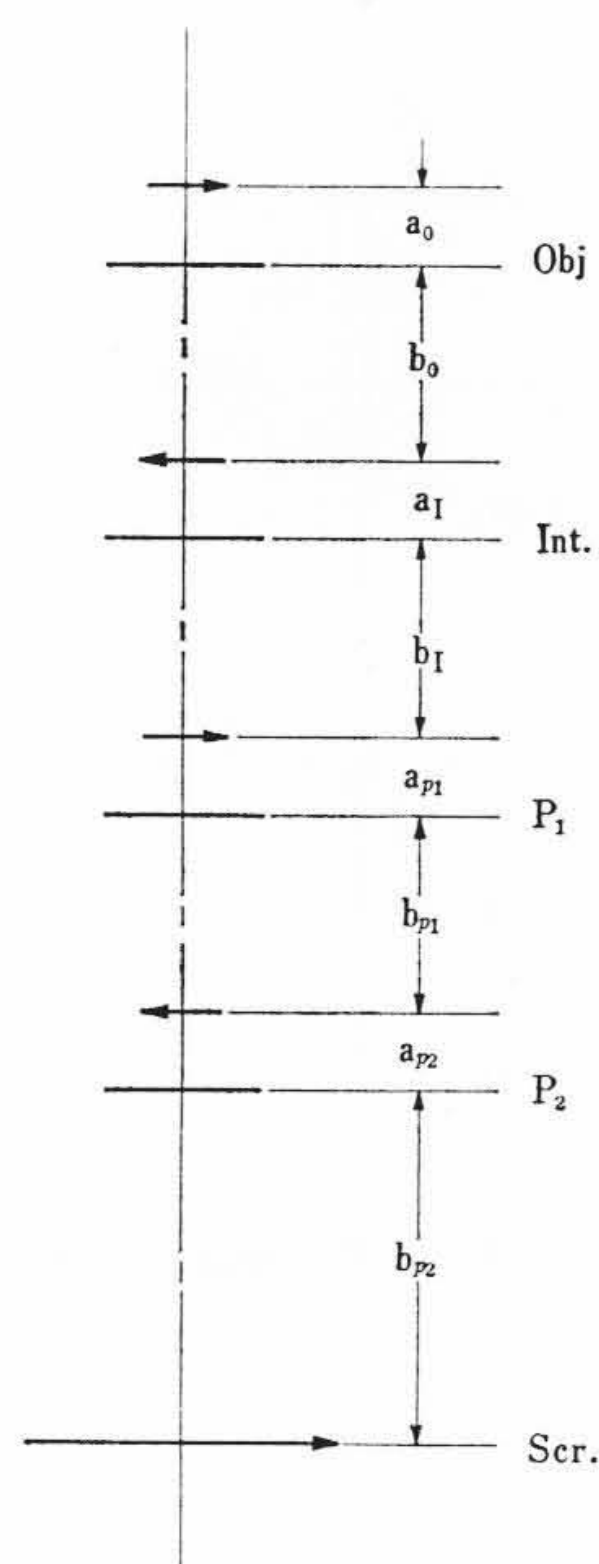


図9 結像レンズの構成と記号

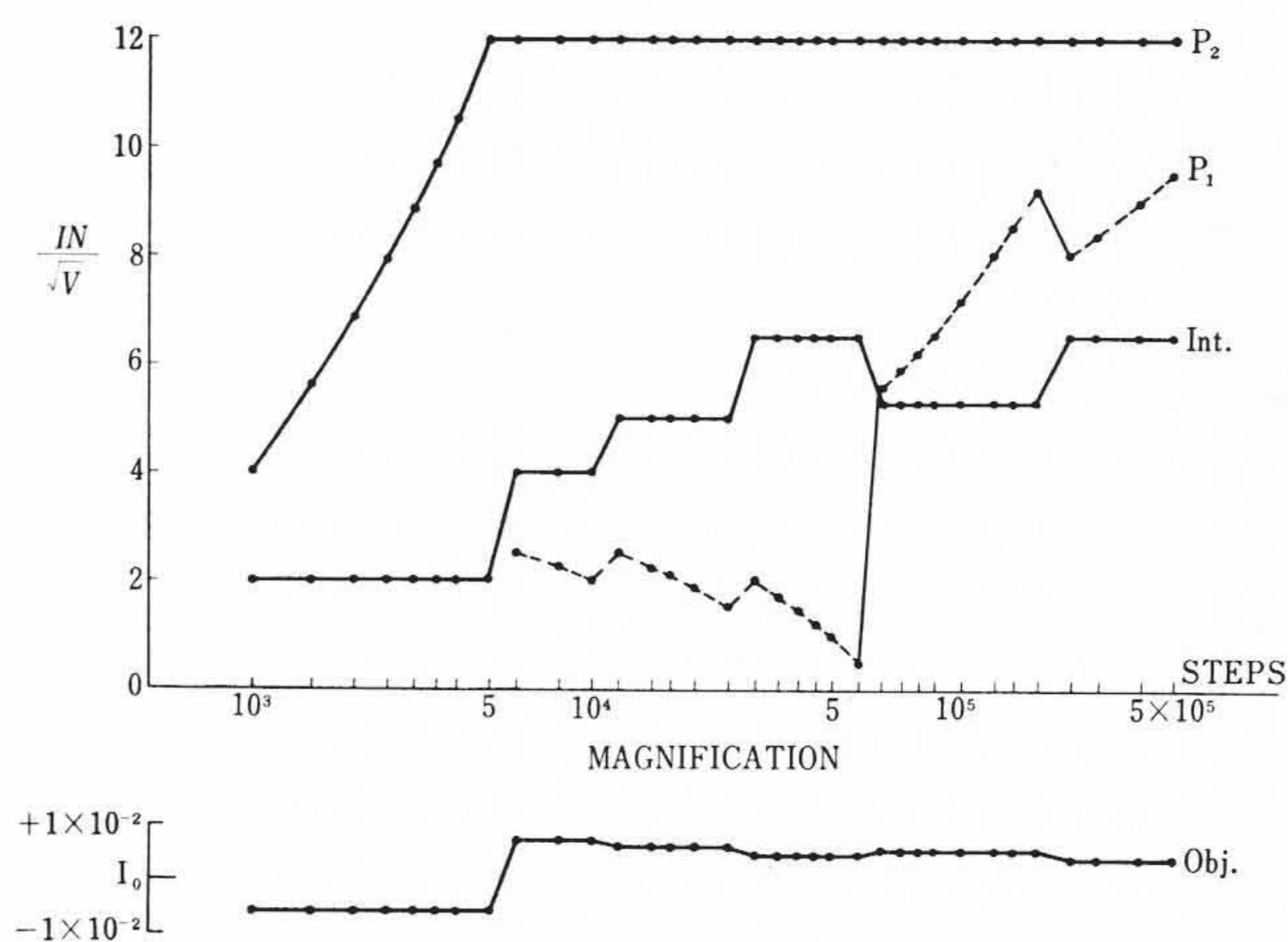


図10 倍率に対する各レンズの励磁力

であるから総合倍率 M_T は、

$$M_T = M_0 \cdot M_I \cdot M_{p1} \cdot M_{p2} = \frac{b_0}{a_0} \cdot \frac{b_I}{a_I} \cdot \frac{b_{p1}}{a_{p1}} \cdot \frac{b_{p2}}{a_{p2}} \dots (3)$$

ここで中間レンズのみで倍率を変えた場合と第1投射レンズのみで倍率を変えた場合における対物レンズの物面の位置の変化する割合を計算すると、(途中の計算は省略)次式が得られる。

$$\frac{(\Delta f_0)_{p1}}{(\Delta f_0)_I} = \frac{1}{1 - \frac{(2f_2)_{p1}}{u}} \cdot \frac{1}{(M_{p1})_{fI}} \dots \dots (4)$$

ゆえに $f_I \ll u$ ならば

$$\frac{(\Delta f_0)_{p1}}{(\Delta f_0)_I} = \frac{1}{(M_{p1})_{fI}} \dots \dots (5)$$

となり、同一倍率範囲を変換した場合の対物レンズの物面の変化は中間レンズで倍率を変えた場合より、第1投射レンズで変えたときのほうが第1投射レンズの倍率分だけ小さくなる。さらに第2投射レンズで倍率を変えたときは、第1投射と第2投射の合計倍率分だけ小さくなる。この関係をズーム方式に取り入れると、中間レンズで大幅な倍率変換を行なわせると同時に、これに対する対物レンズの焦点補正を行ない、その間の倍率を第1または第2投射レンズで小刻みに変換させることによって常に焦点の合った像を観察することができる。図10はHU-12における倍率に対する各レンズの励磁

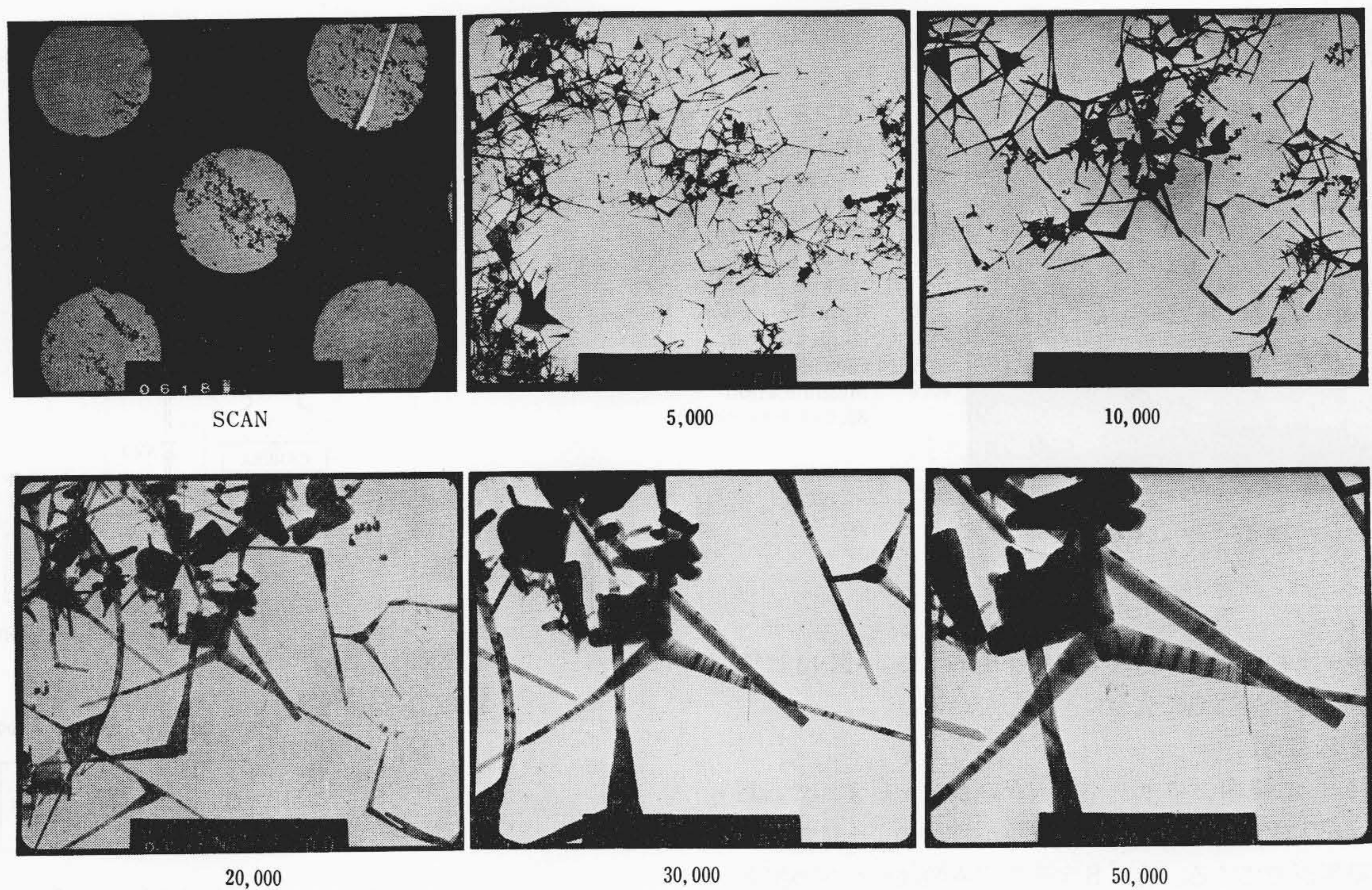


図 11 ズームレンズによる倍率変換例

力の組合せを示すものである。図 11 はズーム方式による倍率変換例である。まず「SCAN」のボタンを押して目標の視野を求めて終像スクリーンの中央に置き、「ZOOM」のボタンを押す。適当な倍率で一度焦点を合わせておけば、あとは倍率変換ダイヤルで倍率を変換させてもほぼ焦点の合った像が観察できる。HU-12 ではさらに第 2 コンデンサの励磁電流も倍率変換に連動させて、ほぼ一定の明るさで全倍率を観察できるようにしてある。

電子顕微鏡の性能を示す分解能は対物レンズによって決定づけられる。本機の対物レンズの諸常数は下表に示すとおりである。

	高分解能 (HR)	高コントラスト(HC)
励磁力 $IN/\sqrt{E}$	16.4	10.4
焦点距離 f_0 (mm)	1.9	3.1
球面収差 C_s (mm)	1.7	3.5
色収差 C_c (mm)	1.3	2.2
理論分解能 d_m (Å)	2.4	2.9
開き角 α_{opt} (rad)	9×10^{-3}	8×10^{-3}

表中の理論分解能 d_m 、最適開き角 α_{opt} は schertzer の式 $\alpha_m=0.5(C_s \lambda^3)^{1/4}$ 、 $\alpha_{opt}=1.4(\lambda/C_s)^{1/4}$ によって求めたもので 125 kV のときの値である⁽²⁾。
対物レンズの固有非点隔差としては $0.5 \mu\text{m}$ 以内のものを使用し、さらにスチグマツールによって $0.05 \mu\text{m}$ 以下に補正することができる。対物レンズのスチグマツールは電氣的軸調整が可能であるから非点補正中も像の移動がない。

HU-11 でしばしば問題になった点として、(a) 焦点調節および倍率変換時の照射スポットの動き、(b) 倍率中心の移動、(c) 電圧、電流中心の不一致があげられていた。焦点合わせや倍率変換のときの照射スポットの移動は主として対物レンズまたは中間レンズからの漏えい磁場が、第 2 コンデンサレンズと試料間に偏向磁界を作ることによるものであるから、まず漏えい磁束を少なくすることと、電子線に対して偏向磁界を作らないようにすることである。倍率中心や電流中心、電圧中心の移動は、対物レンズと中間レンズの光学的軸中心が一致しないか、漏えい磁場がこの電子光学軸を移動させる

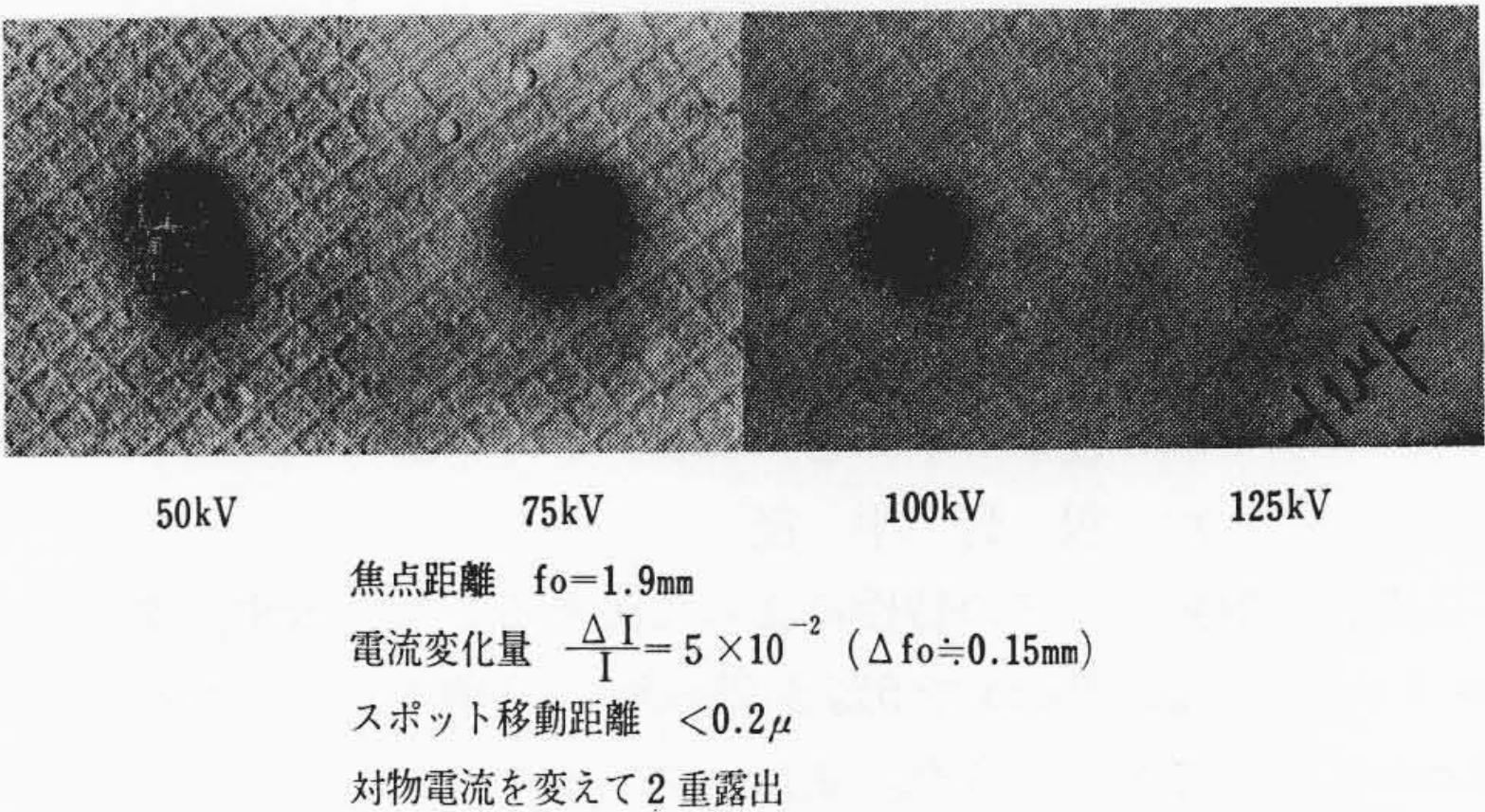


図 12 対物電流化に対するスポット移動

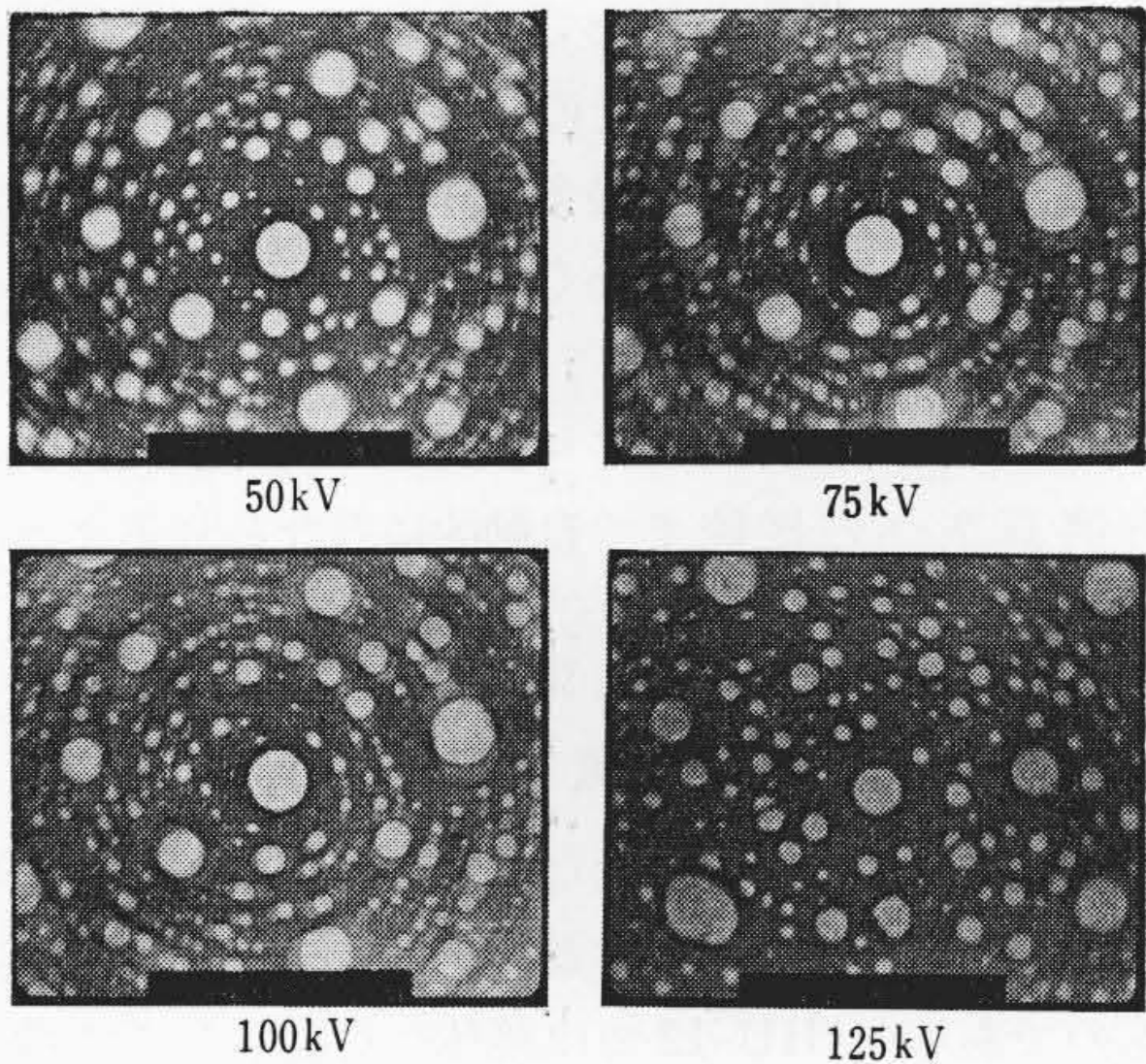


図 13 電圧中心、電流中心重畳写真

ことによると考えられる。以上の諸現象は理論よりも実験的な構造決定によるべきものが多いので、試作の段階で幾とおりかの磁気回路を製作して漏えい磁場の少ない、また、互いに磁気干渉の少ない構造を見いだすことにしている。四段レンズ系にして各レンズの受け持つ倍率変換範囲を少なくしたことも大きい効果をもたらしている。図 12 は正焦点付近で対物レンズの励磁電流を 5 % 変化させた

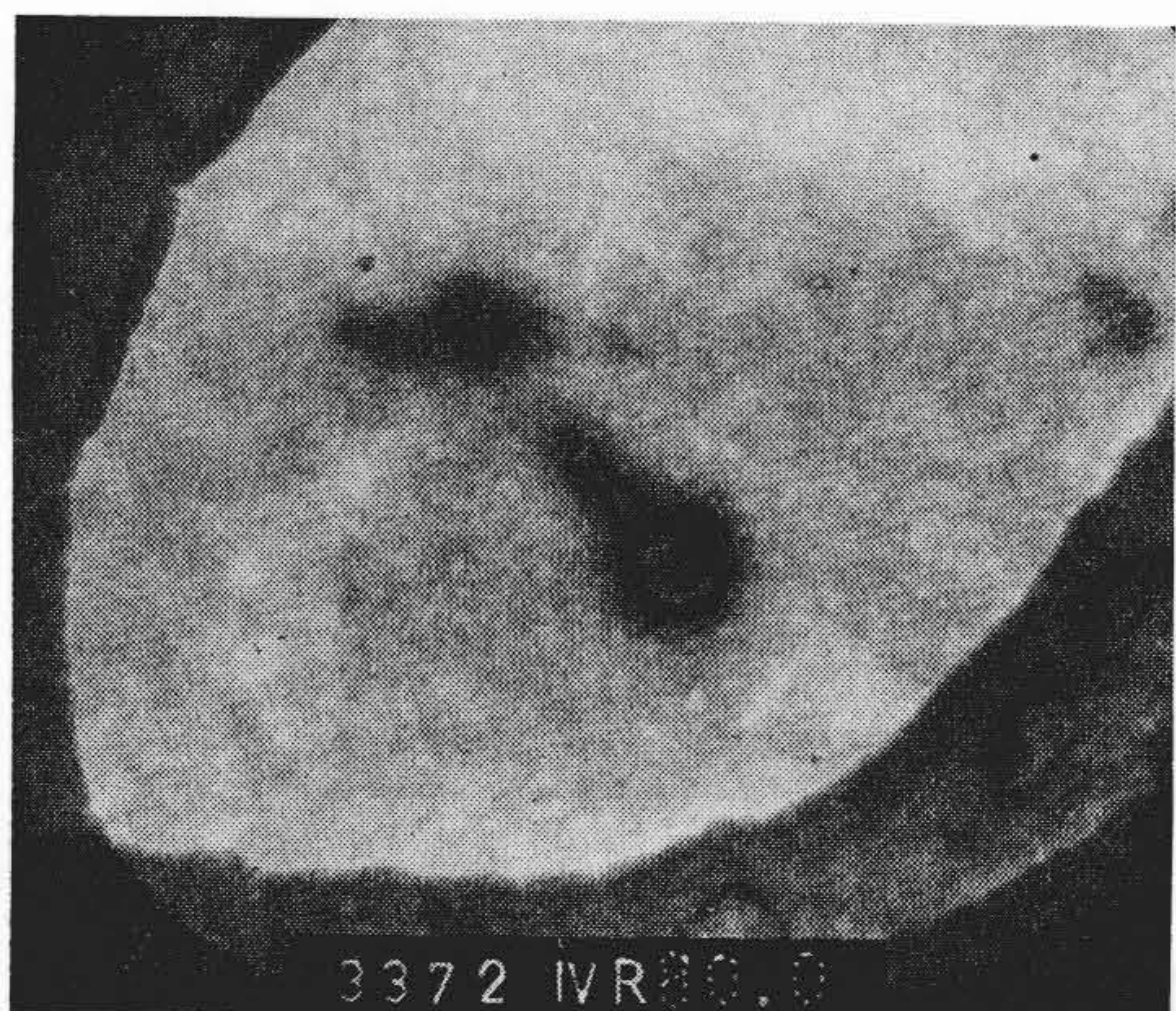


図14 フィルムマーキング

3372	Film No.
I	25 kV
II	50 kV
III	75 kV
IV	100 kV
V	125 kV
R	High Resolution
C	High Contrast
A	Accessories
80.0	Magnification
	80.0×1,000=80,000

ときの照射スポットの移動でほとんど移動を認めない。図13は電圧中心と電流中心の重畳写真で完全に一致している。

3.5 観察記録装置

市場の要求として終像スクリーンは大きいことを望まれていたが、スクリーンを大きくすればひずみ像収差が目立つようになるのでおのずから限界がでてくる。特にS字形ひずみ像はレンズの組合せによって除くことは不可能である。LiebmanによればS字ひずみ量(δ)は次式によって求められる。

$$\delta = C_{sp} \left(\frac{2f}{D} \right)^2 \left(\frac{r^3}{l^2} \right)$$

ただし、 C_{sp} : S字ひずみ常数

f : 投射レンズ焦点距離

D : レンズの穴径

l : 投射レンズとスクリーンの距離

r : 視野半径

この式は投射レンズの特性によって決まることを示す。本機では $r=5\text{ cm}$ で1%, 9 cm で5% が得られ、終像スクリーンの直径を 18 cm にすることができた。また、フィルム上でも1枚どり視野面積 $7.5\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ 内のひずみ量は1% 以内である。

記録装置としてのカメラはシャッターレバーによってフィルムを自動的に送るとともに、撮影条件をフィルムの一隅に自動的に記録させるようにしてある。図14はその一例を示したものである。これによって撮影ごとにノートに記録する必要がなくなり、また記録のためにライトを点灯する必要もなくなるので目の疲労がなく、長時間操作が容易になった。

フィルム交換の排気操作もエアロックから空気注入、あるいは予備排気から高真空への接続まで自動的にこなされるようになってい

4. 排気装置

清浄な真空は電子銃での放電をなくし、試料のコンタミネーションを少なくするためにたいへん重要である。図15は排気系系統図を示したものである。HU-12では鏡体へ接続される主排気管には大口径のステンレススチールパイプを用い、要所に大容量の液体空気コールドトラップを設け、試料室での真空度を $5 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ 以下に保つようにしてある。真空計にはピラニーゲージ3個を要所に取り付け真空度を検知してバルブを開閉させる。鏡体はペンニングゲージによって高い真空度まで測定すると同時に、電子銃に印加する高電圧の完全装置用検知器として利用している。

排気系の動作は主排気、予備排気とも排気操作のプログラムに従って組まれたシーケンスを、目的のスイッチにより on, off するだ

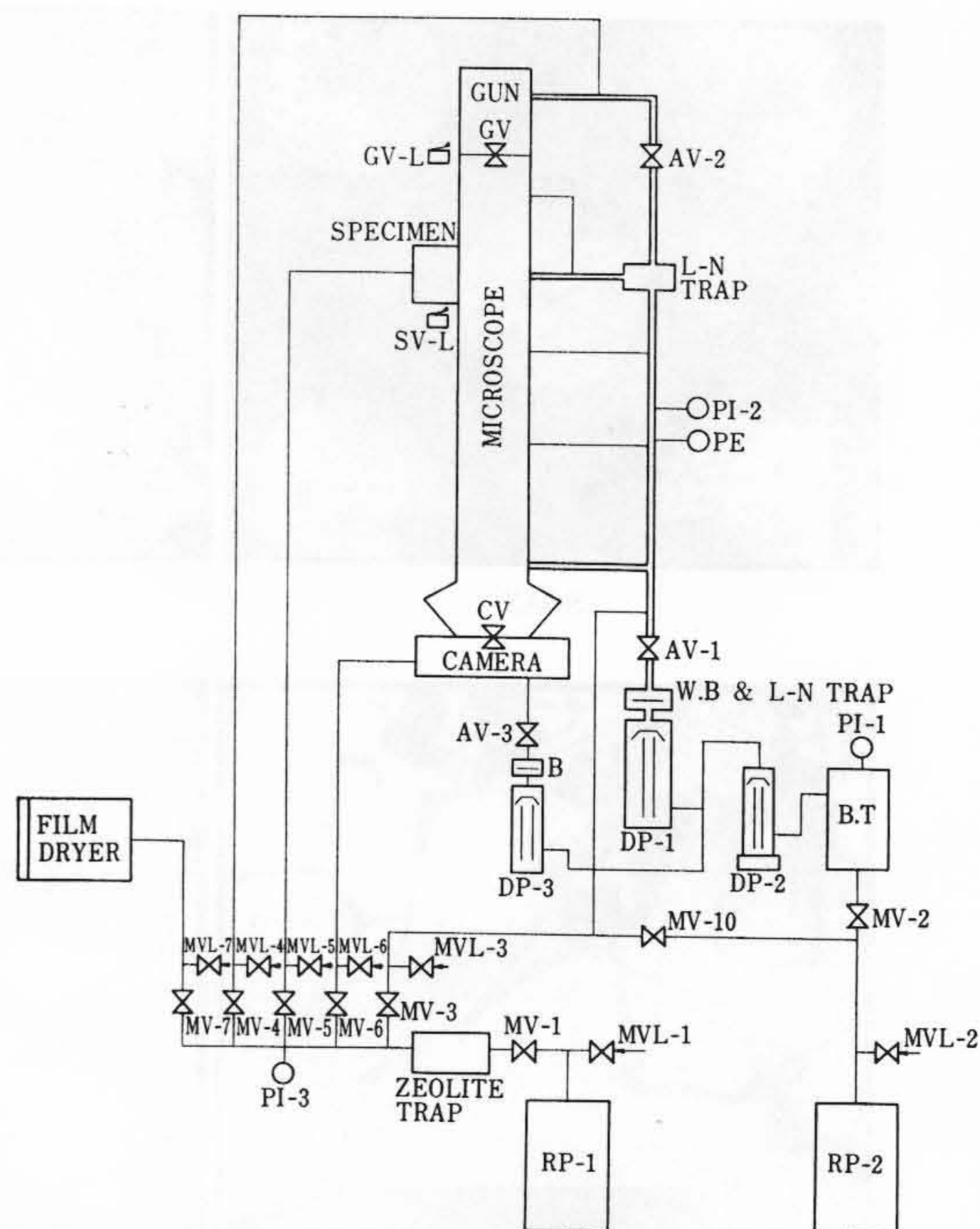
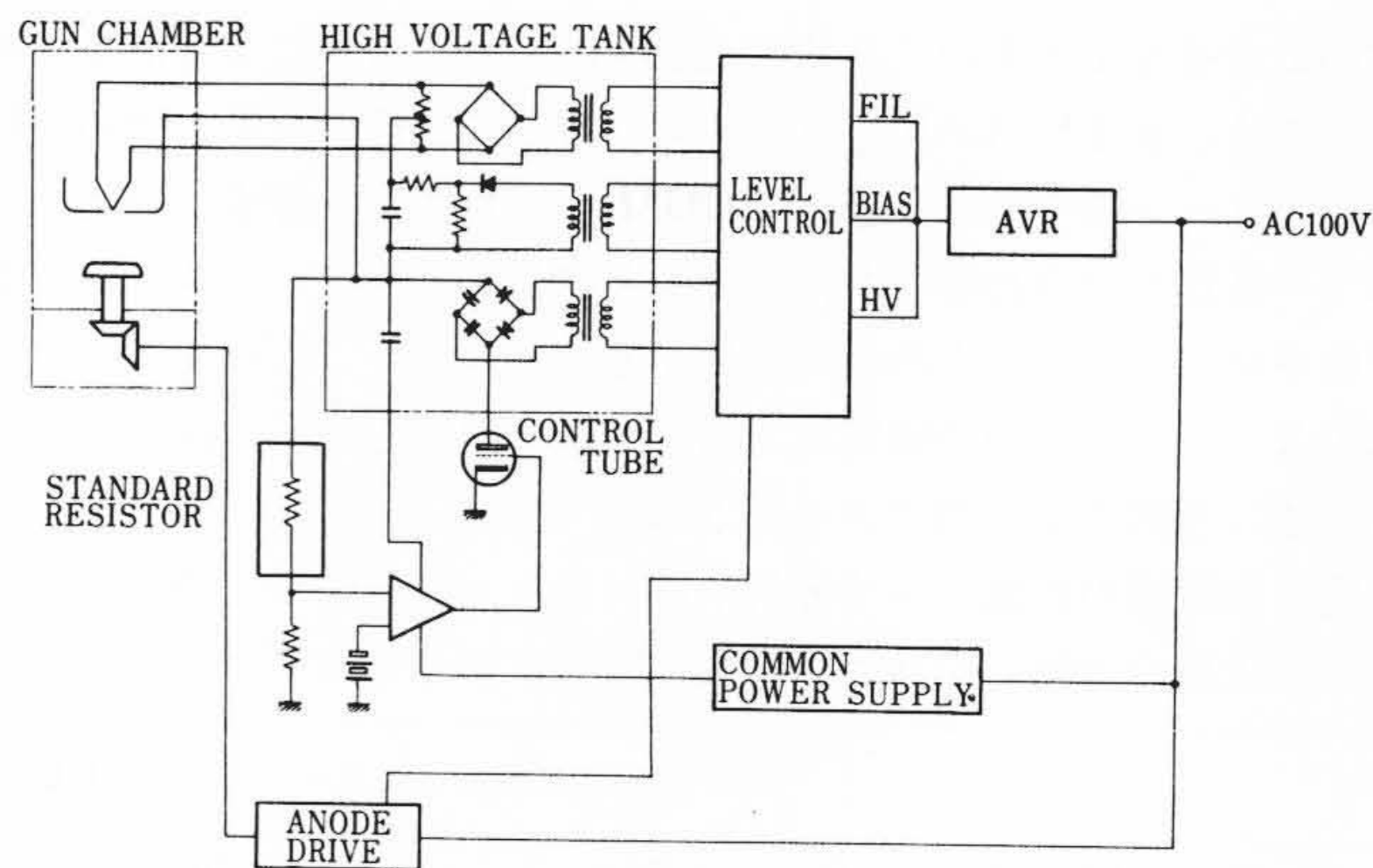


図15 排気系系統図



BLOCK DIAGRAM OF HIGH VOLTAGE CIRCUIT

図16 高圧発生装置ブロック図

けでバルブが自動的に切り換わるようにしてある。バルブとしては圧縮空気によるニューマチックバルブを使用し、停電、断水時には自動的に全装置運転停止の状態に戻るようになっている。

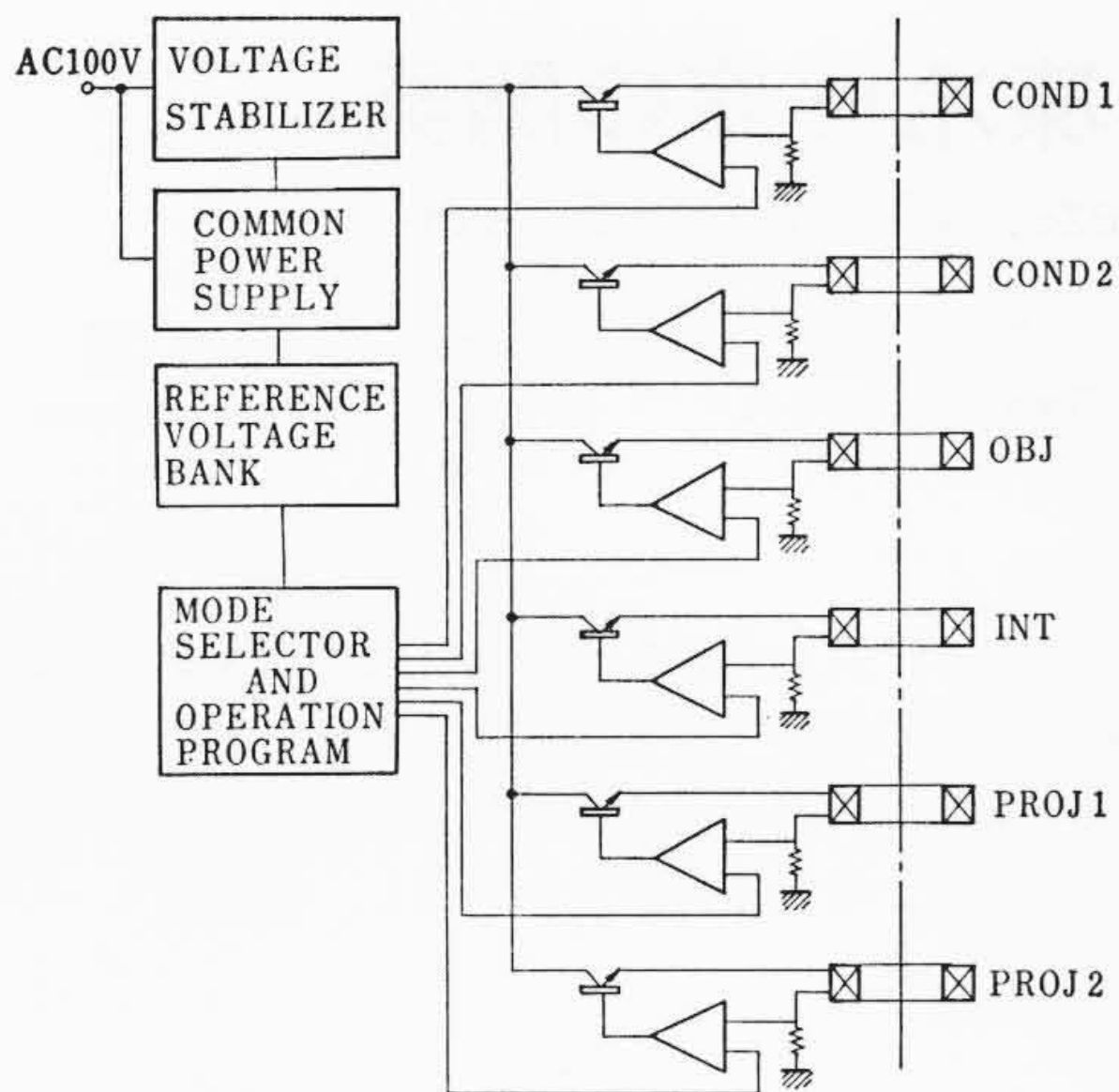
5. 電気系

5.1 高圧発生装置

図16は高圧発生装置のブロック図である。加速電圧は 25 kV から 125 kV まで5段階に切り換わり、各加速電圧とも $3 \times 10^{-6}/\text{min}$ を保証している。バイアス電圧はゼロから $1,500\text{ V}$ まで自由に制御できる直流電源を内蔵し、高圧回路上のセルフバイアスと組み合わせられて半固定バイアスを供給している。半固定バイアスは電子銃フィラメントの直流点火と合わせてポイントフィラメントを理想の状態で使用するための対策である。

5.2 レンズ励磁電源

レンズコイルの励磁電源はすべて半導体回路による定電流電源で、第1コンデンサレンズから第2投射レンズまでの6系統を同回路方式にしてあるので部品は統一され、保守は容易である。図17



BLOCK DIAGRAM OF LENS CONTROL SYSTEM

図 17 レンズ電流制御回路ブロック図

はレンズ電流回路のブロック図である。電流安定度を左右する基準抵抗と基準電圧に対しては水冷による温度制御を行なって安定度の向上を図るとともに、大きい電流変化に対しての応答性を向上させている。本装置での対物電流の安定度は $1 \times 10^{-6}/\text{min}$ 、ほかのレンズにおいても $5 \times 10^{-6}/\text{min}$ を得ている。

5.3 軸調整用電源、スチグマートール用電源

軸調整用電源、スチグマートール用電源も電子顕微鏡の性能に係る重要な電源である。両者ともゼロ付近の電流からかなり大きい電流まで高い安定度を必要とするので、レンズ励磁電流と同様な定電流方式を採用している。

以上の各電源の安定度を調べるチェックパネルは、操作卓の一部に設置されている。保守のための簡単なチェックから、測定器を接続しての精密測定までこのチェックパネルを利用することにより、常に装置を最良の状態に置くことができる。

6. 結 言

以上、紙数の都合で主要な点のみを述べたが、性能的には限界に達してきている電子顕微鏡の次の姿として HU-12 形を試作した。高性能機といえども省力化の対象から除外されることは許されないので、HU-12 形は将来の研究室に適合した装置になるものと信じている。本機は日立製作所中央研究所、日立研究所および那珂工場の共同研究の結果として完成されたもので、完成までに多くのかたがたの協力を得た。ここにあらためて謝意を表する。

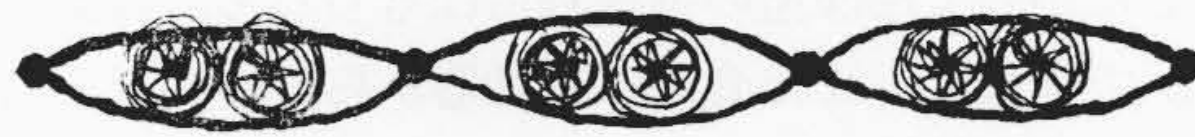
参 考 文 献

- (1) 西野精一： 工芸ニュース 2 Vol. 38 2 (1970)
- (2) Scherzer, O.,: J. Appl. Phys. 20, 20 (1949)
- (3) Liebmann, G.,: Proc. Phys. soc. London, B 65, 94 (1952)



登録実用新案 第850674号

新 案 の 紹 介



金子 洋・高橋 隆雄
宮 城 透・朝岡 正雄

プ ラ ス チ ッ ク 製 浴 槽

この考案は、二重壁構造のプラスチック製浴槽(そう)に関するもので、内壁には量産の容易な熱可塑性樹脂を用い、外壁にはプラスチック表面仕上げを施した金属板などの機械的強度のすぐれた材料を用いる。内壁、外壁および底板を適当な支持棒で一体に固定して二重構造とし、この二重壁内に合成樹脂発泡(ぼう)体を側部と底部の屈曲部が空間になるよう注入し、その発泡圧を利用して浴槽内壁上縁と外壁とを密着させることを特徴とするものである。

図面を用いて本考案の実施例を説明すると、射出成形により成形された熱可塑性樹脂の内壁1を、下面を上にしてセットし、これにプラスチック表面仕上げ金属板を用いた外壁2をはめ込み、この側部の二重壁内に合成樹脂発泡体4を注入発泡させ、その発泡圧によって浴槽上縁と外側壁とを接触部10において強固に密着させ、その後底板3を取り付け支持棒7によって固定し、底板3の中央部の穴9より底部に合成樹脂発泡体5を空間部6ができるように注入発泡する。なお、図において8は浴槽の脚を示している。

この考案によれば、二重壁内に合成樹脂発泡体を注入発泡しているので保温性がよく、二重壁内の側部と底部の境の屈曲部は空間となっているから、熱可塑性合成樹脂の内壁1が熱膨張によって凹凸(おうとつ)を生ずることはない。また、内壁を熱可塑性樹脂により射出成形で作ることができるから量産が容易となる利点がある。

(内山)

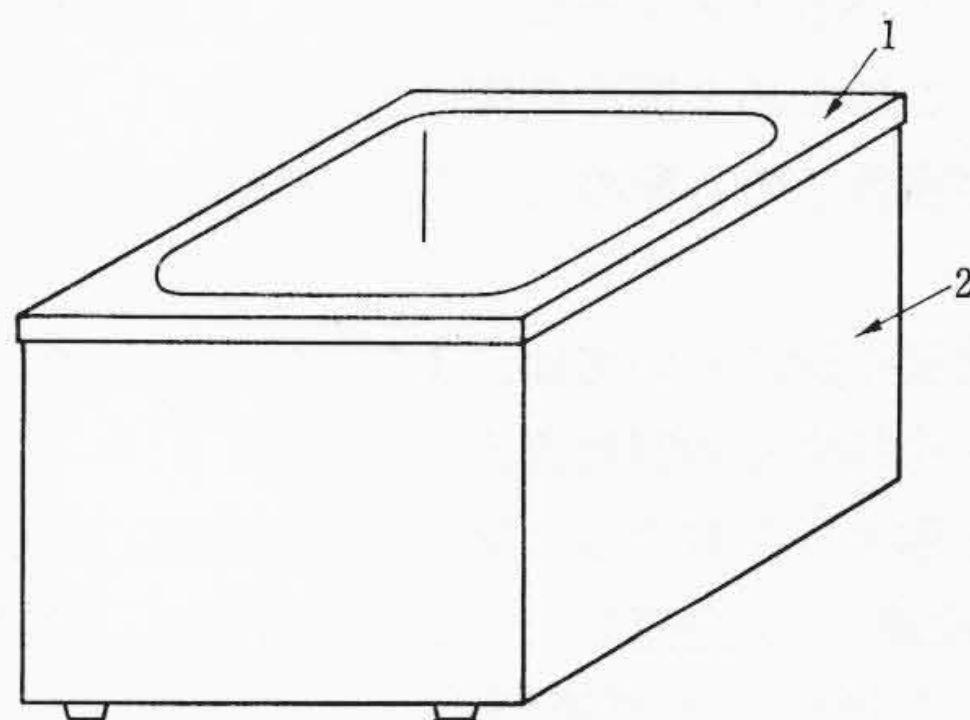


図 1

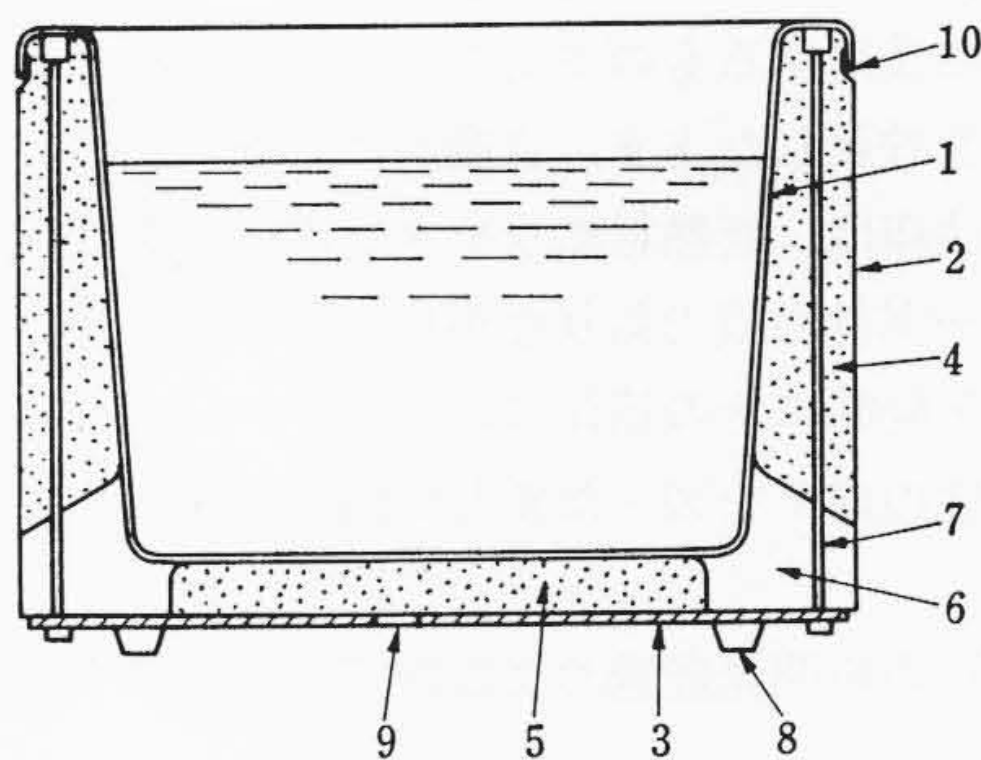


図 2