

1997年度日本電子顕微鏡学会技術認定試験問題

特殊技術 II 筆記 (鏡体・共通技術)

問 1. 電子レンズ (凸レンズ) についての次の記述の (A)~(D) に適切な語句または文字式を記入し, (E)~(J) には適切な語句を下記の選択肢の中から選び, その番号を解答欄に記せ. ただし, 同じ番号を何度用いてもよい.

- (1) 物体上の1点 P から光軸に平行に電子レンズに入射した電子線は, レンズを通過後 (A) を通るように直進し, 同じ点 P からレンズの (B) を通るように入射した電子線はそのまま直進し, それら2つの電子線の交点に点 P の像ができる.
- (2) 電子レンズの焦点距離を f , レンズと物面の距離を a , レンズと像面の距離を b とすると, レンズの公式 (C) が成り立ち, 倍率は a と b を用いて (D) と書ける. $a > f$ のときには, 倒立の (E) が得られ, $a < f$ のときには, 正立の (F) が得られる.
- (3) $a > f$ の条件下で電子レンズの強さを正焦点の状態から強くすると, 焦点距離 f は (G) なるので, レンズと像面の距離 b を固定した場合には, a の値は (H) なる. すなわち, レンズは最初の正焦点での物面よりもレンズに (I) 面を結像することになり, 得られる像は (J) 像である.

(E)~(J) の選択肢

1. 大きく 2. 小さく 3. 遠い 4. 近い
5. 正焦点 6. オーバーフォーカス
7. アンダーフォーカス 8. 虚像 9. 実像

問 2. 透過電子顕微鏡の照射系について述べた以下の文章の (A) から (J) に当てはまる適切な言葉を, それぞれの選択肢から選んで, その番号を記せ.

透過電子顕微鏡の照射系に用いられるレンズは (A) レンズとよばれ, その基本的な役割は, 電子銃から放出された電子ビームを制御して, 試料を照射することである. このとき, 試料上の1点に入射する電子線が光軸となす角の (E) 値を (B) 角という. 照射条件としては, 試料の損傷を少なくするためには観察視野以外の余分な領域を照射しないように, 試料上でのビームのスポット径は小さくすることが望ましく, また像の位相コントラストを高くするためには電子線の (C) 性が高くなるように, (B) 角は (F) することが望ましい. しかし, レンズの像倍率と角度倍率とは (G) 変わるので, 1つのレンズだけで, スポット径と (B) 角をそれぞれ独立に制御することはできない.

そこで, 2つのレンズを組み合わせて用い, まず1段目のレンズを強くして電子銃のクロスオーバーの (H) 像を作り,

2段目のレンズでこれを試料に投射する方式が用いられる. 2段目のレンズの強さを適当に調節すれば, (B) 角を自由に制御できる. たとえばレンズを強くして, クロスオーバーの像を試料面よりもかなり上方に作れば (B) 角は (I) なり, レンズを弱くしてクロスオーバーの像を試料面のごく近くに作れば (B) 角は (J) となって, (D) レンズ絞りを見込む角と一致する.

(A)~(D) の選択肢

1. 照射 2. 発散 3. 回折 4. 発散 5. 透過
6. 干渉 7. 集束 8. 対物 9. 中間 10. 投射

(E)~(J) の選択肢

11. 大きく 12. 小さく 13. 比例して 14. 逆比例して
15. 無関係に 16. 拡大 17. 縮小 18. 等倍 19. 最大
20. 最小

問 3. 次の文章の () 内に適切な語句をいれ文章を完成せよ. 解答は解答欄に記せ.

試料に照射された電子線は, 試料を構成している原子によって散乱される. その散乱のされ方には, 力学的エネルギーの保存の法則が成り立つ (A) 散乱と, 力学的エネルギー保存の法則が成り立たない (B) 散乱とがある. (B) 散乱が生じた際には, 原子内の電子がはじき出されることがあり, それが試料から放出されたものは (C) とよばれる. そのとき生じた電子の空席を原子内のより高いエネルギーの電子が埋めるときにその差のエネルギーをもった (D) が発生する. (D) は原子によって固有のエネルギーを持っているので, このエネルギーを検出することによって, 試料を構成している原子が何であるかを知ることができる. (D) のエネルギーを検出する方法には, エネルギー分散法と (E) がある.

問 4. 走査電子顕微鏡で金属製試料台を用いて微粒体や薄膜状の試料を観察する場合, 像コントラストが低いことが多い. 以下について, 簡潔に述べよ.

- 1) その原因として考えられることは何か.
- 2) これを改善するにはどのような試料台または支持方法を用いると良いか.

問 5. 下記の試料や支持膜にカーボン蒸着を施すことにより期待できる効果と, それに必要な蒸着膜の厚さを下の解答欄に記せ.

蒸着対象の種類	効果	必要な膜厚
超薄切片やプラスチック支持膜	1)	2)
微粒体試料やマイクログリッド	3)	4)
SEM 試料	5)	

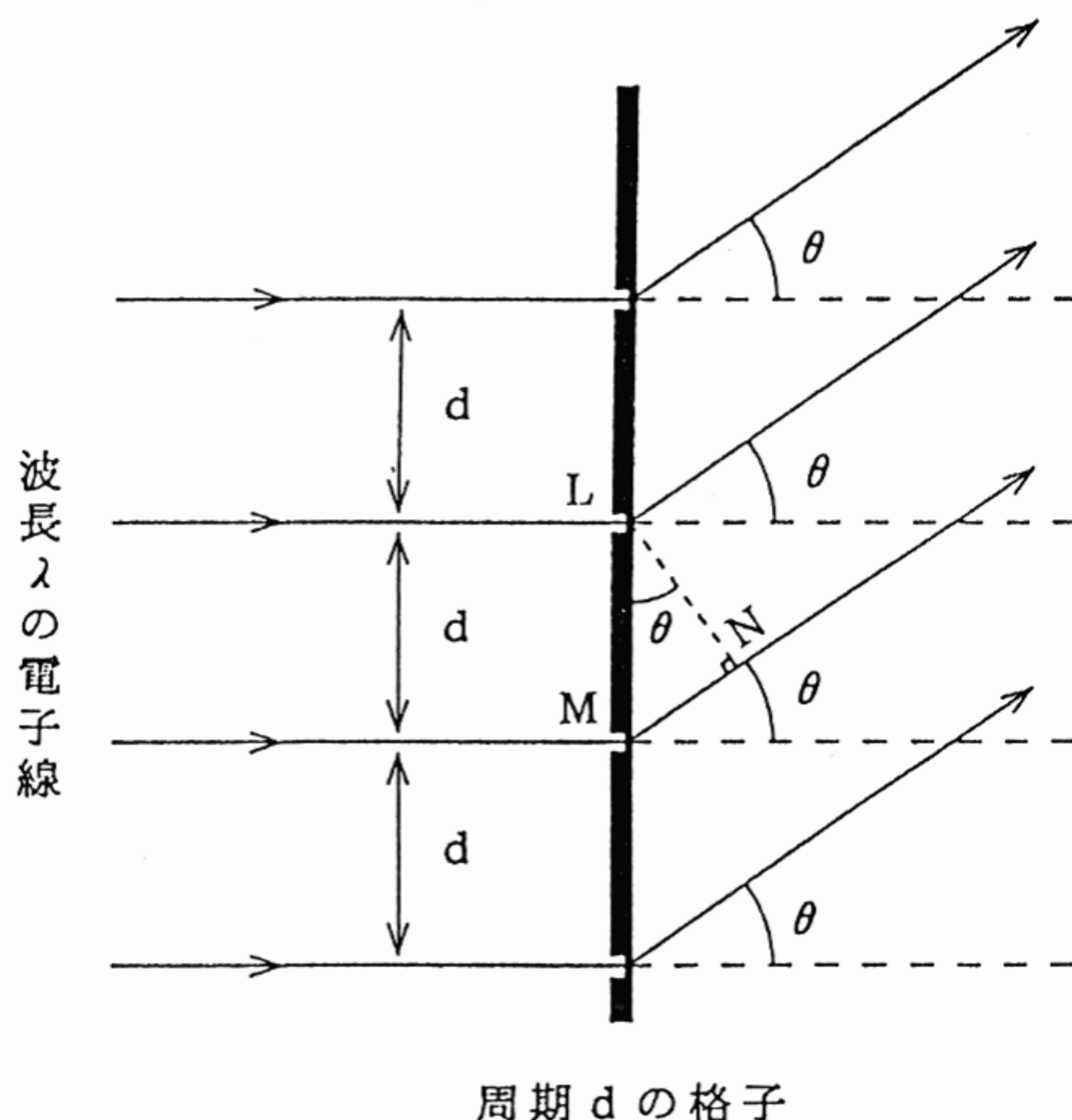
問 6. 透過電子顕微鏡で試料観察をおこなう際の、以下のような場合の調整方法を簡潔に述べよ。

- 1) フィラメント電流を上げていくとビームが暗くなってしまふ
- 2) 高倍率で焦点を合わせると像が流れたように見える
- 3) 試料のコントラストを良くしたい
- 4) フォーカスをずらすと視野がずれる
- 5) 集束レンズの強さを変えるとスポットの位置がずれる

問 7. 電子線照射損傷を受けやすい試料を、透過電子顕微鏡で高倍率観察する際の損傷を低減するにはどのようにしたら良いか。3例をあげて簡潔に説明せよ。

問 8. 電子線回折についての次の文章中、(A)～(D)に適切な文字式または数値を、(E)に適切な言葉を入れて文を完成せよ。

図のように、波長 λ の電子線が周期 d の格子(グレーティング)に垂直入射したとする。入射点LとMで入射方向と角度 θ をなす方向に回折された2つの電子線の行路差MNは、 d と θ を用いて(A)と書ける。この値が(B)に等しいとき、2つの電子線の(E)は一致し、干渉して強めあい、その方向の強度が強くなる。回折角 θ は極めて小さく、 $\tan \theta \approx \theta$, $\sin \theta \approx \theta$, $\cos \theta \approx 1$ と近似できるので、上の条件を満足する最小の回折角は $\theta = (C)$ となる。すなわち、周期 d が半分になると、この回折角は(D)倍になる。



問 9. 透過電顕像のコントラストの成因について、次の記述の()に当てはまる適切な語句を下記の選択肢から選び、その番号を解答欄に記せ。ただし、同じ番号を何度用いてもよい。

試料に入射した電子線は、試料の mass thickness (質量厚さ、または重量厚さという)に比例して(A)を受ける。この(B)電子が対物レンズの絞りで止められるために生ずるコントラストが(C)コントラストである。(H)試料の中倍率で撮影された像のコントラストはこれが支配的である。

結晶性試料に電子線が入射すると、(D)現象によって特定方向に強く曲げられる電子がある。この電子が対物レンズの絞りによって止められて生じるのが(E)コントラストである。(I)薄膜の中倍率で撮影した像のコントラストはこれに当たる。

試料を真直ぐに通過した電子波と試料で曲げられた電子波が、対物レンズの絞りを通じた後(F)する結果生ずるのが(G)コントラストである。(J)像のコントラストはこの良い例である。

(A)～(G)の選択肢

1. 位相 2. 回折 3. 干渉 4. 散乱 5. 透過

(H)～(J)の選択肢

6. 金属 7. 染色された生物 8. 結晶格子

問 10. 走査電子顕微鏡で超高分解能を達成するために、さまざまな問題点が克服されてきた。以下の項目について、その問題点と、それがどのように克服されたかを簡潔に述べよ。

1. 電子銃
2. 電子レンズ
3. 二次電子信号検出方法