

1994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～問8のすべてに答えよ。

- 問 1. タングステンフィラメント電子銃と比較して、
LaB₆ 電子銃の特長および使用条件について説明せよ。
- 問 2. 透過電子顕微鏡の加速電圧を高くすることの利点と欠点を2つずつ挙げ、それぞれについての理由を簡単に説明せよ。
- 問 3. 電子顕微鏡で、加速電圧およびレンズ励磁電流とともに高い安定度が要求される理由についての次の記述で、(①)～(④)と(⑥)には選択肢の中から当てはまるものを選んでその番号を、また(⑤)には式を、(⑦)には数字を記入せよ。

電子線のエネルギーの変動、あるいはレンズ励磁電流の変動によって電子レンズの焦点距離が変動することを、レンズの(①)という。磁界型レンズの焦点距離 f は、そのコイルの巻き数 N と励磁電流 I の積の2乗に(②)し、入射する電子のエネルギー E に(③)するが、 E は加速電圧 V に(④)するから、適当な定数 k を用いて f を I と V の関数として表すと、

$$f = k \text{ (⑤)} \quad (1)$$

と書ける。したがって、 V と I が各々 ΔV , ΔI だけ変動したときの f の変動を Δf とし、その変動率 $\Delta f/f$ を、 V , I の変動率 $\Delta V/V$ および $\Delta I/I$ で表せば、

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta V}{V} - 2 \frac{\Delta I}{I} \quad (2)$$

である。この変動による像のぼけの大きさを考える。

図のように、レンズと試料およびレンズと像の距離をそれぞれ a , b とすると、倍率 M は $M = b/a \doteq b/f$ である。 f が Δf だけ変化したときの b の変化 Δb は

$$\Delta b = \left(\frac{b}{f}\right)^2 \Delta f \doteq M^2 \Delta f \quad (3)$$

であり、このときの電子線の像面上での広がり(ぼけ)の直径 d は、

$$d = 2\Delta b \tan \beta \doteq 2\Delta b \beta \doteq 2M^2 \Delta f \beta$$

である。また $\beta = \alpha/M$ の関係があるから、

$$d = 2M \Delta f \alpha$$

であり、これを試料上に換算した大きさ $\delta = d/M$ を、 $\Delta f/f$ を用いて表せば、

$$\delta = 2f \alpha \left(\frac{\Delta f}{f}\right) \quad (4)$$

である。薄肉レンズの近似が成り立たない一般の場合には、この係数の f の代わりに C_c を用いて、

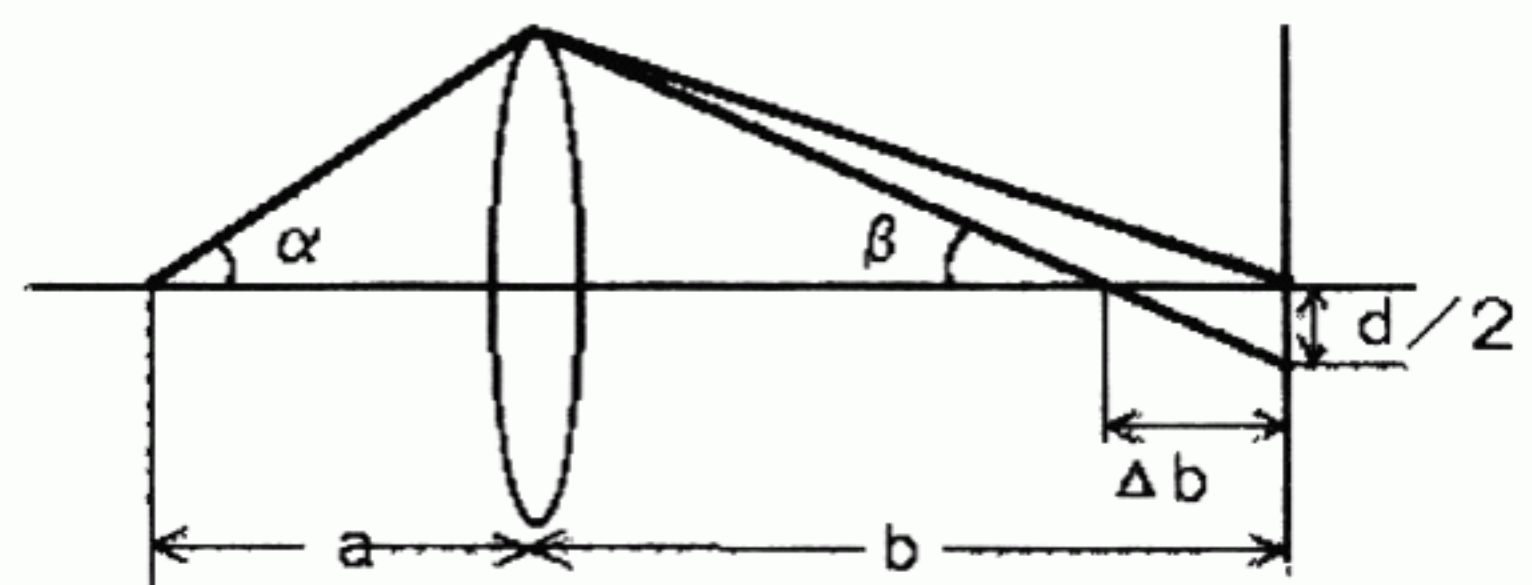
$$\delta = 2C_c \alpha \frac{\Delta f}{f} \quad (5)$$

と書かれる。 C_c は f に近い値で、(⑥)とよばれる。

このぼけの最大値 δ_m は(2)式の関係から、

$$\delta_m = 2C_c \alpha \{ |\Delta V/V| + 2|\Delta I/I| \}$$

となる。これを小さくするために、 V および I の変動率が極めて小さいこと、すなわち安定度が極めて高いことが要求されるわけである。たとえば、要求される δ_m が 0.2 nm で、 $\alpha = 5 \times 10^{-3} \text{ rad}$, $C_c = 3 \text{ mm}$ とすれば、 V および I には各々10の(⑦)乗のオーダーの安定度が必要となる。



1. 球面収差
2. 色収差
3. 非点収差
4. 比例
5. 反比例
6. 球面収差係数
7. 色収差係数
8. 非点融差

- 問 4. シャドウイングやレプリカ作製などの金属蒸着において、希望の膜厚にするために必要な蒸発量に関する以下の記述中の(①)～(③)に適当な記号または式を記入せよ。これを用い、与えられた条件での蒸発量を求めよ。

希望する膜厚 $t(\text{nm})$ に対して必要な蒸発金属の量 $M(\text{g})$ は、金属の密度 $d(\text{g/cm}^3)$, 蒸発源と試料間の距離 $r(\text{cm})$, およびシャドウイング角度 θ を用いて、

次の式で表される。

$$M = \frac{4\pi r^2 \textcircled{1} \textcircled{2}}{10^7 \textcircled{3}} C_p$$

ここで、 C_p はヘヤピン形フィラメントの蒸着量の補正值である。

次の条件に必要な蒸発量 $M(g)$ を求めよ。

$$t = 2 \text{ nm}, \quad d = 20.0 \text{ g/cm}^3, \quad r = 10.0 \text{ cm}$$

$$\theta = 45^\circ, \quad C_p = 0.90$$

ただし数値計算においては、 $\sin 45^\circ = 0.70$ 、 $\pi = 3.0$ としよ。

問 5. 試料ドリフトは、主として①装置の機械的な問題、②試料自身の問題、③操作法の問題に起因する。①～③の問題について各々2つの原因を挙げ、その対策について簡単に述べよ。

問 6. ある組織切片を透過電子顕微鏡で観察していたところ、結晶と思われる粒子を認めたので、その粒子の制限視野電子回折 (SAD) を行い図1のような明瞭な回折斑点を得た。今回行った SAD のカメラ長 (L) は 1.0 m 、 λ (80 kV の電子線の波長) は 0.0042 nm で、ネガ上で実測された中心斑点から A 斑点までの距離 R は 6 mm であった。

回折斑点 A を生じた格子面間隔 d を求める手順についての下の説明中の (①)～(③) に適当な式を記入し、これを用いて $d(\text{nm})$ の値を求めよ。

一般に図2のようにカメラ長を L 、回折斑点の中心 O から対象とする斑点までの距離を R 、その回折角を θ とすると、回折角 θ は極めて小さいので $\sin\theta = \theta$ と近似でき、ブラッグの法則 $d\sin\theta = \lambda$ は、

$$\lambda = \textcircled{1}$$

と近似できる。また、 $\tan\theta = \theta$ と近似できるので、図2から、

$$\theta = \textcircled{2}$$

となる。両式から

$$d = \textcircled{3}$$

が得られる。

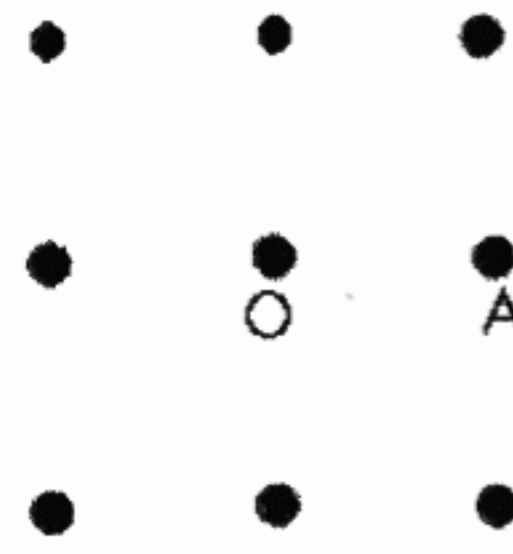


図1

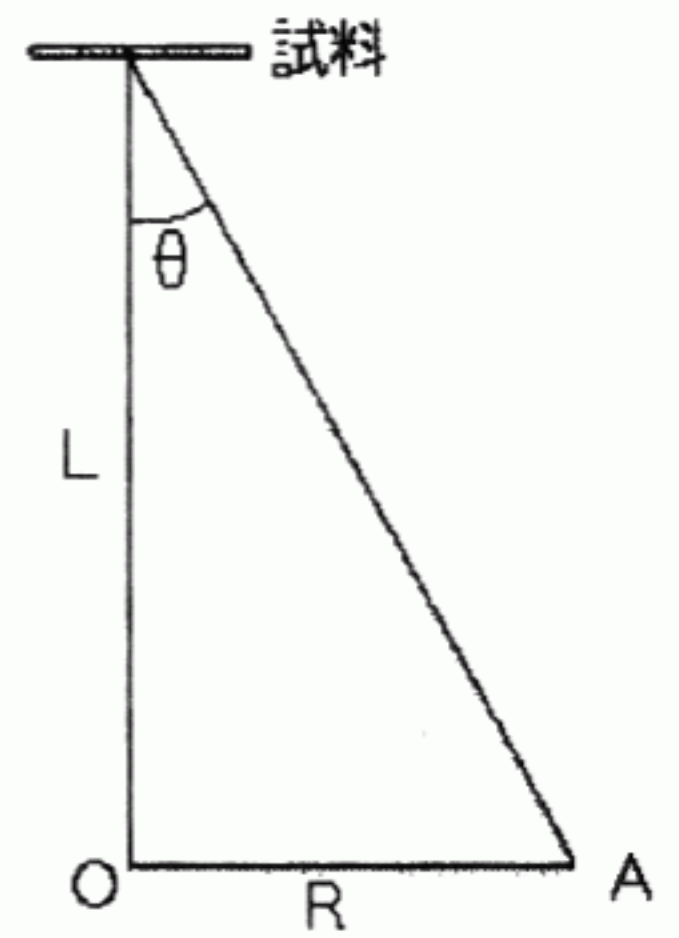


図2

問 7. 写真フィルムの特性についての次の記述で、[A]～[E] には図1から当てはまる特性の番号を選んで記入し、また (①)～(⑤) には当てはまる言葉を選択肢の中から選んで記号で記入せよ。ただし同じ番号および記号を何度用いてもよい。

図1は写真特性曲線で、フィルムの種類や同一フィルムでの露出あるいは現像条件の違いによる特性は異なる。加速電圧が 100 kV で [A] のような特性を示すフィルムが、加速電圧 200 kV では [B] のような特性となる。また、1のような特性のフィルムを微粒子現像液で現像すると [C] のような特性が得られ、回折パターンなど電子線の (①) 範囲が広い場合の撮影に使用するとよい。電子線照射により損傷を受けやすい試料の撮影には、[D] のような特性のフィルムが適しているが、このようなフィルムは一般に (②) が低い。また細かい構造を撮影する場合は [E] のような特性のフィルムが適しているが、このようなフィルムは一般に (③) が低い。

図2は線像のレスポンス特性を示す。横軸の N はフィルムに写し込む平行線の 1 mm 当たりの数である。縦軸の R は、フィルムに記録された線像の (④) を、ある十分小さな N での値を 100% としたときの相対値で示したものである。 R がある決められた値 (たとえば 20%) になるときの N の値をフィルムの線 (⑤) という。

- A. 倍率 B. 感度 C. コントラスト D. 強度
E. 振幅 F. 解像度 G. 粒状性 H. 損傷
I. 階調度 J. ガンマ

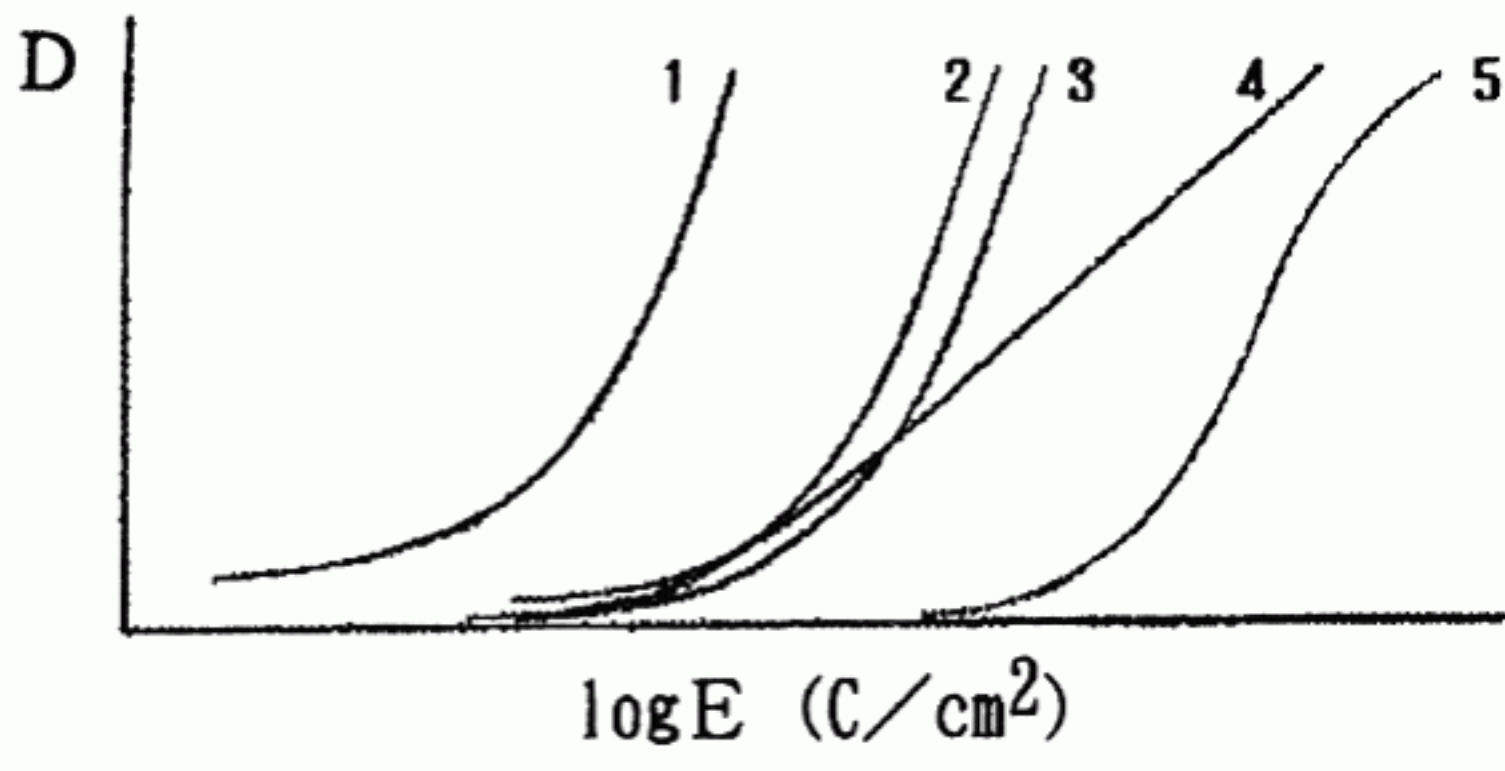


図 1

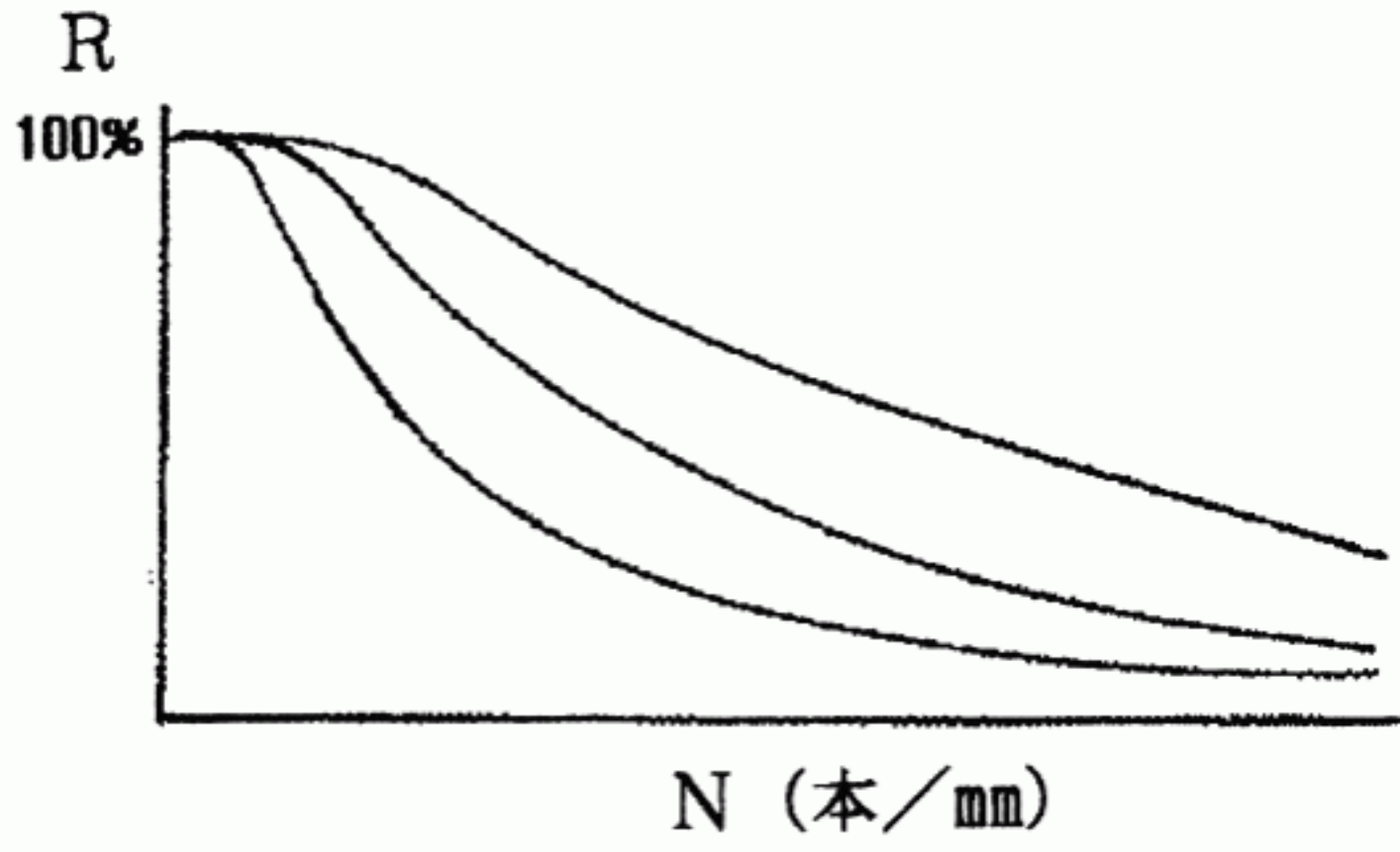


図 2

- 問 8. 現像と定着に関する次の問に簡潔に答えよ.
- A. 現像液の保存中に生じる問題点はなにか
 - B. 停止処理が必要な理由はなにか
 - C. 使用に伴い定着液の能力が低下する理由はなにか
 - D. 水洗により乳剤からなにを除くのか