

2018 年度日本顕微鏡学会電子顕微鏡技術認定試験問題一級技士Ⅱ（鏡体・共通技術）

問1～問7は全問解答し、問8～問13はその中から3問を選んで解答しなさい。なお、選択しなかった問の解答欄には大きく×印を記入しなさい。

【必須問題】

問1. 電子の波動性について、以下の設問に答えなさい。（10点）

- 1) 電子が進路途中に置かれた障害物の影に回り込む現象を何と呼ぶか。
- 2) ① 電子源および観察面が障害物から無限遠にある場合に生じる 1) を何と呼ぶか。
② 透過電顕観察に見られるこの現象の1例をあげなさい。
- 3) ① 観察面が障害物から有限の距離にある場合に生じる 1) を何と呼ぶか。
② 透過電顕観察に見られるこの現象の1例をあげなさい。

問2. 次の文章中の（ ）にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。（10点）

グリッドは、透過電顕で試料を観察する時に使用する直径約3mm、厚さ（1） μm の円形の金属網のことで、光学顕微鏡の（2）に相当する。グリッドには（3）面と（4）面があり、（3）面が表で（4）面が裏である。様々な材質、形状のものが市販されている。（5）製のものが一番安価でよく使用されるが、特殊な目的には他の材質のものも使用される。網目の大きさは（6）長に含まれる孔の（7）で表され、（7）が（8）ほど目が細かい。グロー放電処理を行うと、グリッド表面は（9）されて（10）になる。グリッドの（10）は1時間程度で消失するので、使用する直前に処理する。

【語群】

A. カバーガラス	B. 平らで光沢のある	C. 親水性
D. 疎水性	E. 銅	F. アルミニウム
G. 大きい	H. 陰極	J. スライドガラス
K. 10～50	L. モリブデン	M. 50～200
N. 1センチ	P. 少しざらついている	Q. 数
R. 大きさ	S. 小さい	T. 1インチ
W. イオン蒸着	X. 3センチ	Y. エッチング

問3. 次の文章中の（ ）にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。（10点）

透過電子顕微鏡の試料の焦点合わせには（1）レンズが利用される。Z位置〔（2）方向の位置〕調整機構を持つ透過電子顕微鏡では、（1）レンズの（3）電流値を、装置ごとに定められている最適な値に設定した後、試料のZ位置を調整し、できるだけ正焦点に近い状態に焦点を合わせ込む。その後、（1）レンズの（3）電流を（4）調整して最終的な焦点合わせを行う。（1）レンズの（3）電流設定値を正焦点時の状態からわずかに（5）させると、マイクログリッドの（6）の周縁に沿って明瞭な暗いフリッジが現れる。このような状態を（7）焦点といい、正焦点時に比べて焦点距離はわずかに（8）なり、試料面よりわずかに（1）レンズに（9）面が物面となって（10）面上に拡大投影される。

【語群】

A. 加熱	B. 傾斜	C. 絞り
D. 収束	E. 対物	F. 過
G. 不足	H. フィラメント	J. 光軸
K. 長く	L. 短く	M. 近い
N. 遠い	P. 回折	Q. 像
R. 増加	S. 励磁	T. 膜孔
W. 減少	X. 微	Y. 粗

問4. デジタル画像について、以下の設問に答えなさい。（10点）

- 1) 透過電顕像を撮像素子に伝達する方式を3つ答えなさい。
- 2) 次の特徴を持つ画像ファイル形式をそれぞれ答えなさい。
 - ① 非圧縮方式
 - ② 不可逆圧縮方式
 - ③ 可逆圧縮方式
 - ④ 上記全ての方式に対応
- 3) 4,096×4,096画素のカメラで4×4ピニングで取得した画像の画素数を答えなさい。
- 4) 縦2,000×横3,000画素で撮影されたデジタル画像を、250 dpiの解像度のプリンタで出力した場合の仕上がりの画像サイズを答えなさい。ただし、1インチを2.54 cmとし、小数点以下1桁で答えなさい。

問5. スパッタイオンポンプの動作原理および、使用上の注意を答えなさい。また、油拡散ポンプと比べた場合の利点を答えなさい。(10点)

問6. 次の文章中の()にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。(10点)

走査電子顕微鏡のスポットサイズは、一般的に加速電圧が(1)方が小さく、分解能が高い。一方、加速電圧が(2)と、チャージアップによる像障害は軽減され、(3)も改善される。コンデンサーレンズは、主にプローブサイズやプローブ電流の制御に使用される。一般に、コンデンサーレンズ電流を減少させて(4)にすると、プローブ電流が(5)し、スポットサイズは(6)なる。市販されている大半の走査電子顕微鏡には複数の異なる孔径を有する(7)が備えられている。孔径は電子線の(8)を決定する。なお、孔径を変えた場合は(9)機能などを使用して(10)を行う方がよい。

【語群】

A. 絞りの軸合わせ	B. 小さく	C. イメージワブラー
D. 減少	E. S/N比	F. 増加
G. 対物レンズ絞り板	H. 高い	J. レンズ磁界
K. 電流中心	L. 非点収差補正	M. 二次電子発生効率
N. 低い	P. 明るく	Q. 強励磁
R. 大きく	S. 弱励磁	T. 反射電子発生効率
W. 照射角(開き角)	X. コンデンサー絞り板	

問7. 次の文章中の()にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。(10点)

共焦点レーザー顕微鏡は、試料の(1)面以外からの光を(2)で排除することで、焦点深度の(3)クリアな光学的断層像を得ている。(2)の径が(4)ほど、分解能が高い。光源となるレーザーにはアルゴン、ヘリウム・ネオンなどの(5)レーザーと、取り扱いが簡単で寿命が長い(6)レーザーがある。レーザー光源から出た(7)はダイクロイックミラーで反射され、(8)で集光されて試料中の1点に結ばれる。試料から生じた(9)は透過して検出器の前に像を結ぶ。また、試料ステージを(10)方向に変化させると光学的断層像のシリーズが得られるの

で、試料を破壊することなく三次元構造解析を行うことができる。

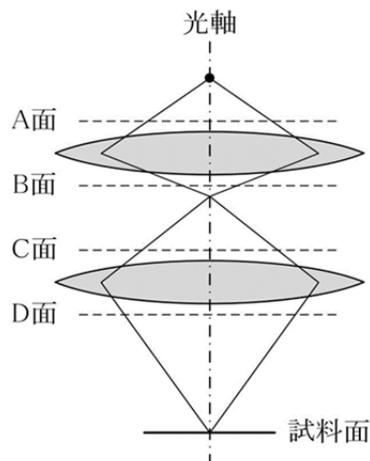
【語群】

A. X	B. Y	C. Z
D. 浅い	E. 大きい	F. ガス
G. 蛍光	H. 集束レンズ	J. 焦点
K. 対物レンズ	L. 小さい	M. 半導体
N. ピンホール	P. 深い	Q. 励起光

【選 択 問 題】

問 8. ダブルコンデンサーシステムを搭載した透過電顕照射系の模式図である。

1) ~ 5) の設問に答えなさい。(10 点)



- 1) 光軸上の黒丸は実質的な光源の位置を表している。この位置の名称を答えなさい。
- 2) 集束絞りが設置される面はA~D面のどれか。
- 3) 照射の開き角 α を図中に記入しなさい。
- 4) 図示したレンズ条件のまま、 α を小さくするにはどうすればよいか答えなさい。
- 5) 図示した状態からスポットサイズを大きくした場合の光路図を図中に記入しなさい。

その際、ビームは試料面上にスポットを結んだ状態にあるものとする。

問 9. 走査電顕像のコントラストに起因する効果を2つ記載し、その効果を簡単に説明しなさい。(10 点)

問 10. 次の文章中の () にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。(10 点)

対物レンズの（ 1 ）に対物絞りを入れ、（ 2 ）方向と同じ方向に透過した電子のみを通過させるようにすると、これとは異なる方向へ散乱透過した電子は絞りによって遮蔽され、結像には寄与しない。入射電子の散乱の程度は、試料を構成する原子の種類、試料の（ 3 ）、（ 4 ）、結晶性等に依存する。材質が同じ場合、厚い部分に入射した電子は大きな（ 5 ）範囲に散乱される。このため、対物絞りによりその一部が遮られ、試料に吸収されたのと同じ効果を示し、この部分は（ 6 ）見える。原子番号の大きい原子ほど散乱の程度が大きいので、この種の原子のある部分では（ 6 ）見える。このような原因で生じるコントラストを（ 7 ）と呼ぶ。また、（ 7 ）の一種に（ 8 ）がある。結晶性試料では、厚さが同じでも回折条件を満たす方向に散乱する電子の強度が大きいため、他の部分との差が生じる。これを（ 8 ）と呼ぶ。一般に同じ試料で比較した場合、加速電圧が（ 9 ）ほど、また、対物絞りの径が（ 10 ）ほど、像のコントラストは向上する。

【語群】

A. 低い	B. 高い	C. 大きい
D. 小さい	E. 前焦点面	F. 後焦点面
G. 密度	H. 大きさ	J. 厚さ
K. 角度	L. 散乱コントラスト	M. 吸収コントラスト
N. 位相コントラスト	P. 回折コントラスト	Q. 暗く
R. 明るく	S. 入射	T. 反射

問 1 1. 蒸着法を 3 つあげ、それぞれの原理を簡単に説明しなさい。（10 点）

問 1 2. 次の文章中の（ ）にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。（10 点）

原子やイオン分子が 3 次元的に周期的に並んだものを（ 1 ）と呼ぶ。（ 1 ）試料には、試料全体の方位が揃っている（ 2 ）と、細かな（ 1 ）がランダムに混ざっている（ 3 ）がある。電子を（ 1 ）に照射すると、（ 4 ）により回折パターンと呼ばれる強度分布が得られる。（ 3 ）の試料から得られる回折パターンの強度分布は（ 5 ）と呼ばれる。（ 2 ）から得られる回折パターンを解析すると、（ 6 ）や（ 7 ）を調べることができる。また、（ 8 ）により透過波を含む回折スポットを選んで結像すると（ 9 ）が、透過波を含まないように回折スポットを選んで結像すると（ 10 ）が得られる。（ 2 ）の試料で回折波を選んで（ 10 ）を取得することで（ 6 ）を比較することができる。

【語群】

A. デバイシェラーリング	B. 巨大結晶	C. 明視野像
D. 準結晶	E. 結晶	F. フラウンホーファー回折
G. 対物絞り	H. 微結晶	J. アモルファス
K. 結晶方位	L. 暗視野像	M. 制限視野絞り
N. コンデンサー絞り	P. 単結晶	Q. 結晶サイズ
R. フレネル回折	S. 格子面間隔	T. 多結晶

問 13. 次の文章中の () にあてはまる最も適切な語句を語群から選び、記号で答えなさい。(10点)

電子線照射により試料の (1)・(2) が変化することを電子線損傷という。試料に入射した電子は試料内で構成原子に散乱されるとき、エネルギーを一部失うものもある。失ったエネルギーは試料に与えられ、構成原子やその (3) 状態に次のような影響を及ぼし、試料損傷をもたらす。

- ① 原子や分子を (4)・イオン化する。
- ② 試料温度を (5) させる。
- ③ (3) を切断する。切断した (3) とは異なる相手と再結合するものもある。
- ④ 分子を分解し、(6) 分子量物を (7) 分子量化する。
- ⑤ 分解生成物が (8) や (9) し、試料の一部が消失する。
- ⑥ 結晶性試料では (10) が発生し、結晶秩序を破壊して非晶質化する。

【語群】

A. 高	B. 低	C. 微
D. 溶解	E. 昇華	F. 凝固
G. 構造	H. 下降	J. 上昇
K. 蒸発	L. 結晶欠陥	M. 組織
N. 化学結合	P. 基底	Q. 励起