

## Контрольні запитання і завдання

1. Який кут Брегга відповідає першому та другому порядку дифракції від площин з  $d = 0.08934$  нм за довжини хвилі електрона  $0.00164$  нм (прискорювальна напруга 400 кВ).

2. Що зміниться на дифракційній картині в разі збільшення прискорювальної напруги?

3. Назвіть п'ять площин з найменшими індексами, на яких може відбуватися дифракція у (а) примітивному кубічному кристалі (розташування атомів  $[0\ 0\ 0]$ ) та (б) об'ємцентрованому кубічному кристалі? (позиції атомів  $[0\ 0\ 0]$ ,  $[0.5\ 0.5\ 0.5]$ ).

4. Як би ви отримали електронну дифрактограму від одного зерняти у полікристалічному зразку, якщо їхній середній розмір становить (а) 5 мкм (б) 20 нм?

5. Ваш мікроскоп має серйозну проблему з забрудненням, що приводить до появи аморфної органічної плівки на зразку в областях, які досліджують електронним пучком. Як це виявиться на дифрактограмі після тривалого часу?

6. Якщо ви спостерігаєте зсув лінії Кікучі на 0.1 мм на екрані вашого мікроскопа, то наскільки точно ви можете вирівняти зразок до заданого кристалографічного напрямку, використовуючи камеру довжиною 46 см?

7. Чим кільця зон Лауе вищого порядку на мікродифракційній електронограмі відрізняються від кілець, отриманих у разі дифракції від збіжного пучка?

8. Перелічіть три методики, у яких використовують послідовне формування зображення, та три, у яких використовують паралельне. До якої категорії ви б зачислили польову іонну мікроскопію?

9. Позиційно чутливий атомний зонд дає змогу провести дуже чутливий аналіз, під час якого можна полічити окремі атоми певного елемента. Реєстрація одного атома з  $10^6$  дає чутливість 0.0001 % (1 частинка

на мільйон  $\square$  ppm). Чому ж цей аналіз не використовують для визначення вмісту вуглецю у сталі чи заліза в алюмінієвому сплаві з точністю до 0.0001 %?

10. Статичну мас-спектрометрію вторинних іонів можна використовувати для реєстрації та аналізу аж до 1/10 моношару твердої поверхні. Якщо аналізована ділянка становить 1 мм<sup>2</sup>, то оцініть кількість атомів, що беруть участь у такому аналізі.

11. Чим статична мас-спектрометрія вторинних іонів відрізняється від динамічної?

12. Для чого диференціюють оже-спектри?

13. Чому оже-спектроскопія є методом дослідження поверхні та тонких приповерхневих шарів?

14. Поясніть різницю між контактним і безконтактним режимами роботи АСМ.

15. Які вимоги ставляться до зразків, які досліджують за допомогою СТМ? Обґрунтуйте.

16. Опишіть електрохімічний метод отримання зонда для СТМ.

17. Якщо фотодіод двосекційний, то чи можна за його допомогою досліджувати латеральні сили?

18. Який ефект є в основі роботи сканерів зондових мікроскопів?

19. Чи обов'язковий для роботи зондового мікроскопа вакуум? Поясніть.

20. Перелічіть, які неідеальності мають сканери. Чим пояснюють кріп?

21. У вас є аналітичний мікроскоп з СДЕ та максимальною прискорювальною напругою 20 кеВ. Використовуючи дані з табл. 6.1, запропонуйте, яку лінію Р, Мо, Сг та Ос треба використати для аналізу. 2. Енергія, необхідна для збудження електронно-діркової пари у кремнії СДЕ становить 3.8 еВ. Розрахуйте кількість пар, які може утворити Х-випромінювання Ве К $\alpha$  та Zr К $\alpha$ , і наведіть дві причини, чому аналіз берилію буде менш точним, ніж цирконію.

22. Протягом роботи СДЕ з К-лініями, які елементи можуть бути хибно зареєстровані: а) у Сг через пік втрат; б) у Al через сумарний пік? Чи можете ви за допомогою таблиці визначити інші піки втрат чи сумарні піки, які легко сплутати?

23. Розширення пучка у тонкому зразку визначене рівнянням (6.3). Пучок з енергією 100 кеВ та діаметром 5 нм використовують для аналізу маленьких частинок у мідному зразку товщиною 200 нм. Який ефективний діаметр пучка, коли він виходить зі зразка? Як, на вашу думку, розташування частинки у зразку (тобто зверху, посередині чи знизу) вплине на: а) точковий аналіз стаціонарним пучком; б) на рентгенівську карту елементів, утворену сканувальним пучком? Густина міді  $\rho = 8.96 \text{ г/см}^3$ , а її атомна маса  $A = 63.5$

24. Поясніть, чому зменшення діаметра зонда у СЕМ призводить до зменшення струму пучка. Чи можна цьому запобігти, збільшуючи розмір об'єктивної апертури?

25. Необхідно дослідити зруйновану деталь у СЕМ за збільшення  $1000\times$  і досягти глибини поля 1 мм. Якщо максимальна робоча відстань, яку можна використати, становить 50 мм, то який максимальний розмір об'єктивної апертури можна використати?

26. Поясніть, чому розмір електронного зонда треба регулювати в разі зміни збільшення.

27. Розрахуйте природний контраст зображення у зворотно розсіяних електронах між фазами з середніми атомними номерами 24 та 23.

28. Якщо природний контраст зображення зразка у вторинних електронах становить 0.1, то яке найліпше просторове розділення досягне у мікроскопі з термоемісійною гарматою за часу сканування кадру 100 с? Параметри мікроскопа: ефективність детектора  $\eta = 0.2$ , густина струму на поверхні нитки гармати  $j = 4 \text{ А/см}^2$ , температура нитки  $T = 2800 \text{ К}$ , коефіцієнт сферичної аберації  $\Delta = 20 \text{ мм}$ , прискорювальна напруга  $U = 20 \text{ кеВ}$ .

29. Розташуйте у порядку зростання кута сходження пучка: сфокусований, недофокусований, перефокусований.

30. Об'єктну апертуру використовують для того, щоб пропустити нерозсіяні електрони та спинити розсіяні площиною (002) міді. Який максимальний може бути розмір апертури ( $a_{Cu} = 0.360$  нм,  $\lambda = 0.0037$  нм, фокальна відстань об'єктної лінзи  $\approx 1$  мм)?

31. Який розмір ділянки зразка, яку можна бачити на квадратному екрані ( $100 \times 100$  мм) ПЕМ за збільшення у мільйон разів?

32. Де, на вашу думку, є місце вставки та засоби позиціонування а) об'єктної апертури; б) апертури обмеженої області; в) конденсорної апертури?

33. Опишіть різницю між світлопільним та темнопільним режимами отримання зображення.

34. Що, на вашу думку, станеться з контуром екстинкції на ПЕМ зображенні, якщо зразок нахилити?

35. Які є головні механізми контрасту у ПЕМ?

36. Наскільки (порівняно з масою спокою) зростає маса електрона, прискореного до енергії 300 кеВ?

37. Як ви вважаєте, енергія оже-піка є вищою, нижчою чи такою ж, як відповідного піка X-спектру? Поясніть.

38. Яка частина електронів не зазнає розсіяння на шляху 100 нм, якщо середня довжина вільного пробігу для всіх розсіянь становить 80 нм? Яка частина зазнає трьох розсіянь?

39. Розрахуйте довжину хвилі де Бройля кульки масою 0.1 кг, що рухається зі швидкістю 2 м/с. 5. Розрахуйте довжину хвилі X-кванта з енергією 2 166 еВ. З'ясуйте з таблиці 6.1, якому елементу він може належати.

40. Яких переваг і недоліків треба очікувати, якщо електронну гармату у ПЕМ розмістити не на вершині колони, а внизу?