

Коллоквиум №2

Основные вопросы

1. Виды примесей и примесных уровней в полупроводниках и их характеристики: донорные, акцепторные, многозарядные, водородоподобные, изотипные.
2. Энергетический спектр и волновые функции водородоподобных примесей в алмазоподобных полупроводниках.
3. Виды примесного поглощения и их свойства:
 - a) внутрицентровое,
 - b) фотоионизация,
 - c) в области края собственного поглощения,
 - d) межпримесное в акцепторно-донорных парах.
4. Влияние легирования на край собственного поглощения:
 - a) классическое уширение примесных уровней, радиус Дебая;
 - b) квантовое уширение примесных уровней, радиус Бора;
 - c) примесные зоны;
 - d) эффект Бурштейна-Мосса;
 - e) хвосты плотности состояний.
5. Влияние магнитного поля на энергетический спектр электронов:
 - a) квантование Ландау,
 - b) спиновое расщепление,
 - c) осцилляционное магнетопоглощение в области края собственного поглощения.
6. Влияние электрического поля на край собственного поглощения:
 - a) влияние поля на энергетический спектр электронов,
 - b) эффект Зинера,
 - c) эффект Франца-Келдыша.
7. Поглощение света на свободных носителях заряда:
 - a) неселективное поглощение,
 - b) плазменный резонанс,
 - c) диамагнитный резонанс,
 - d) эффект Фарадея.

Контрольные вопросы

1. Какие примеси называются однозарядными (многозарядными)? Дать определение. Привести пример.
2. Какие примеси называются донорными (акцепторными)? Дать определение. Привести пример.
3. Какие примеси называются водородоподобными? Дать определение. Привести пример.
4. Какие примеси называются изотипными? Дать определение. Привести пример.
5. Что называется мелкими примесными центрами. Дать определение. Какую роль играют эти центры в полупроводниках?
6. Что называется глубокими примесными центрами. Дать определение. Какую роль играют эти центры в полупроводниках?
7. Что называется акцепторно-донорными комплексами? Дать определение. В каких полупроводниках их следует учитывать?
8. Какой вид имеет стационарное уравнение Шредингера для водородоподобного донора в приближении эффективной массы? Записать уравнение, пояснить обозначения.
9. Какой вид имеет стационарное уравнение Шредингера для водородоподобного акцептора в приближении эффективной массы? Записать уравнение, пояснить обозначения.
10. Какие разрешенные значения энергии имеют локализованные примесные состояния водородоподобного акцептора? Записать формулу, пояснить обозначения. Нарисовать схему спектральных линий на графике.

11. Какие разрешенные значения энергии имеют локализованные примесные состояния водородоподобного донора? Записать формулу, пояснить обозначения. Нарисовать схему спектральных линий на графике.
12. Чему равняется огибающая волновой функции основного состояния водородоподобного донора? Записать формулу, пояснить обозначения.
13. Чему равняется огибающая волновой функции основного состояния водородоподобного акцептора? Записать формулу, пояснить обозначения.
14. Чему равняется Боровский радиус основного состояния водородоподобного донора? Записать формулу, пояснить обозначения.
15. Чему равняется Боровский радиус основного состояния водородоподобного акцептора? Записать формулу, пояснить обозначения.
16. Какое поглощение света на примесях называется внутрицентровым? Дать определение. Какой вид имеет спектр этого поглощения? Дать краткий ответ с пояснением.
17. При каких температурах и в какой области спектра внутрицентровое поглощение имеет место? Дать краткий ответ с пояснением.
18. Чему равняется энергия фотонов, соответствующая внутрицентровому поглощению? Записать формулу, пояснить обозначения.
19. Какое поглощение света называется фотоионизацией примесей? Дать определение. Какой вид имеет спектр этого поглощения? Дать краткий ответ с пояснением.
20. При каких температурах и в какой области спектра фотоионизация примесей имеет место? Дать краткий ответ с пояснением.
21. В каких пределах изменяется энергия фотонов, соответствующая спектру фотоионизации водородоподобных доноров (акцепторов)? Записать неравенство, пояснить обозначения.
22. Какие оптические переходы формируют спектр примесного поглощения в области края собственного поглощения в прямозонных полупроводниках n -типа (p -типа)? Дать краткий ответ с пояснением. Привести схему этих переходов на графике.
23. В какой области k -пространства волновую функцию основного состояния водородоподобной примеси можно считать отличной от нуля? Записать формулу. Пояснить откуда эта формула следует.
24. Чему равняется минимальная и максимальная энергия фотонов, формирующих примесное поглощения в области края собственного в прямозонных полупроводниках n -типа? Записать формулы для энергий, пояснить обозначения. Нарисовать вид графика дисперсии коэффициента этого поглощения при различных температурах ($T_1 < T_2$).
25. Чему равняется минимальная и максимальная энергия фотонов, формирующих примесное поглощения в области края собственного в прямозонных полупроводниках p -типа? Записать формулы для энергий, пояснить обозначения. Нарисовать вид графика дисперсии коэффициента этого поглощения при различных температурах ($T_1 < T_2$).
26. Какое примесное поглощение называется межпримесным в акцепторно-донорных парах? Дать определение. В каких полупроводниках и за счет каких оптических переходов оно имеет место?
27. Чему, согласно закону сохранения энергии, должна равняться энергии фотонов при межпримесном поглощении в акцепторно-донорных парах? Записать формулу, пояснить обозначения.
28. Нарисовать вид графика дисперсии коэффициента межпримесного поглощения в акцепторно-донорных парах при различных температурах ($T_1 < T_2$). Указать значения пороговой частоты.
29. Какое явление называется классическим уширением примесных уровней? Дать определение. Пояснить за счет чего оно происходит.
30. При какой концентрации легирующей примеси имеет место классическое уширение примесных уровней основного состояния? Записать неравенство, пояснить обозначения.
31. Что называется радиусом Дебая? Дать определение. Чему он равняется для водородоподобных ионов примеси в полупроводниках с невырожденным электронным газом? Записать формулу, пояснить обозначения.
32. Какое явление называется квантовым уширением примесных уровней? Дать определение. Пояснить за счет чего оно происходит.
33. При какой концентрации легирующей примеси имеет место квантовое уширение примесных уровней основного состояния? Записать неравенство, пояснить обозначения.

34. Что называется примесной зоной? Дать определение. Чем отличается подвижность электронов в примесной зоне от подвижности в разрешенных зонах? При каких температурах проводимость по примесным зонам играет в полупроводниках существенную роль?
35. Какое явление в полупроводниках называется сдвигом Бурштейна-Мосса? Дать определение. В каких полупроводниках оно имеет место. Ответ пояснить.
36. Чему равняется сдвиг порогой частоты собственного поглощения в эффекте Бурштейна-Мосса? Записать формулу, пояснить обозначения.
37. Что в полупроводниках называется хвостами плотности состояний? Дать определение. За счет чего образуются эти хвосты? Дать краткий ответ с пояснением.
38. Как влияют хвосты плотности состояний на пороговую частоту собственного поглощения полупроводников. Дать краткий ответ с пояснением.
39. Как движутся электроны и дырки полупроводника в постоянном магнитном поле? Дать краткий ответ с пояснением.
40. Что называется подзонами Ландау? Дать определение. Какие значения энергии принимают электроны (дырки) в подзоне Ландау без учета спинового расщепления. Записать формулу, пояснить обозначения.
41. Какой вид имеет огибающая волновой функции электронов в подзоне Ландау? Записать формулу, пояснить обозначения. От каких квантовых чисел она зависит?
42. Что называется «лесенкой» Ландау? Дать определение. Нарисовать вид энергетического спектра подзон Ландау зоны проводимости (валентной зоны) в пространстве волновых векторов без учета спинового расщепления. Пояснить обозначения.
43. Чему равняется энергия спинового расщепления уровней Ландау. Записать формулу, пояснить обозначения.
44. При каких значениях магнитных полей следует учитывать квантование Ландау? Дать определение. Какие магнитные поля называются квантовыми? Записать формулу, пояснить обозначения.
45. Как называется собственное поглощение света полупроводниками в квантовых магнитных полях? Нарисовать вид графика этого поглощения в области края прямозонных полупроводников с разрешенными оптическими переходами. Указать значение пороговой энергии фотона и интервал энергий между соседними осцилляциями.
46. Каким правилам отбора подчиняется прямой оптический переход электрона между подзонами Ландау валентной зоны и зоны проводимости? Дать краткий ответ. Нарисовать схему разрешенных прямых переходов между подзонами Ландау в пространстве волнового вектора.
47. Какую зависимость от энергии фотона имеет оптическая (комбинированная) плотность состояний между подзонами Ландау с номером n . Записать формулу, пояснить обозначения. Нарисовать график этой зависимости. Пояснить обозначения.
48. Какое явление в полупроводниках в постоянном магнитном поле называется «Штарковским расщеплением»? Дать определение.
49. Чему равняется энергия электронов в зоне проводимости (валентной зоне) полупроводника в квантуемом электрическом поле? Записать формулу, пояснить обозначения.
50. При каких значениях электрического поля следует учитывать «Штарковское» квантование энергетического спектра электронов полупроводника?
51. Какой вид имеет огибающая волновой функции электронов полупроводника в квантуемом электрическом поле? Записать формулу, пояснить обозначения.
52. Что называется «Штарковской лесенкой» электронов полупроводника в квантуемом электрическом поле? Дать определение. Нарисовать схему «Штарковских лесенок» валентной зоны и зоны проводимости. Пояснить обозначения.
53. Какое явление в полупроводниках в сильном постоянном электрическом поле называется эффектом Зинера. Дать определение.
54. Какое явление в полупроводниках в сильном постоянном электрическом поле называется эффектом Франца-Келдыша. Дать определение.
55. За счет каких оптических переходов формируется край собственного поглощения прямозонных полупроводников в сильном электрическом поле? Дать краткий ответ с пояснением. Как зависит вероятность этих переходов от энергии фотонов? Дать краткий ответ с пояснением.

56. Нарисовать вид края собственного поглощения прямозонных полупроводников в сильном электрическом поле в зависимости от напряженности поля ($E_1 < E_2$)? Пояснить обозначения.
57. Какое поглощение света в полупроводниках на свободных носителях заряда называется неселективным? Дать определение. В какой области спектра и при каких температурах имеет место это поглощения? Дать краткий ответ с пояснением.
58. За счет каких оптических переходов происходит неселективное поглощение света на свободных носителях заряда? Дать определение. Какие частицы принимают участие в этом поглощении. Какую роль они играют?
59. Какой формулой описывается дисперсия коэффициента неселективного поглощения света на свободных носителях заряда? Записать формулу, пояснить обозначения.
60. Как зависит коэффициент неселективного поглощения света на свободных носителях заряда в области частот выше частоты рассеяния? Нарисовать график этой зависимости. Пояснить обозначения.
61. Какое оптическое явление в полупроводниках называется плазменным резонансом? Дать определение.
62. Что называется плазменной частотой носителей заряда? Дать определение. Чему она равняется? Записать формулу, пояснить обозначения.
63. При каком условии можно наблюдать плазменный резонанс? Записать формулу, пояснить обозначения. В каких полупроводниках и при каких температурах это условие выполняется? Дать краткий ответ с пояснением.
64. Нарисовать график дисперсии коэффициента отражения света от поверхности полупроводника в области частот плазменного резонанса в зависимости от температуры ($T_1 < T_2$). Пояснить обозначения.
65. Какое явление в полупроводниках называется диамагнитным резонансом? Дать определение.
66. Какова природа диамагнитного резонанса? Дать краткое пояснение.
67. Сформулировать и записать условия необходимые для наблюдения диамагнитного резонанса.
68. Как зависит коэффициент поглощения света от частоты света в области диамагнитного резонанса? Записать (вывести) формулу этой зависимости.
69. Нарисовать график зависимости коэффициента поглощения света от частоты света в области диамагнитного резонанса? Сделать на графике соответствующие обозначения.
70. Какое явление в полупроводниках называется эффектом Фарадея? Дать определение.
71. Какова природа эффекта Фарадея? Дать краткое пояснение.
72. Записать (вывести) формулу для зависимости угла поворота плоскости поляризации света (закон Верде) от частоты света в области высоких частот для полупроводника в области примесной проводимости.