ПРОГРАММА КУРСА "ФИЗИКА УЗКОЩЕЛЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ"

(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости, магистратура, 1 семестр)

1. ВВЕДЕНИЕ

Приближенные методы расчета энергетического спектра электронов в твердых телах. Генезис энергетического спектра узкощелевых материалов. Структурно-электронный переход Пайерлса. Классификация, основные свойства и области применения узкощелевых материалов.

2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР НОСИТЕДЕЙ ЗАРЯДА В УЗКОЩЕЛЕВЫХ ВЕЩЕСТВАХ

K·p-метод расчета энергетического спектра носителей заряда в узкощелевых материалах. Однозонное приближение. Правила сумм для энергии и эффективной массы электрона в кристалле. Взаимодействие энергетических зон.

Метод Левдина построения энергетического спектра узкощелевых веществ. Двухзонное приближение. Изотропный спектр Лэкса. Расчет параметров энергетического спектра полупроводника в рамках закона дисперсии Лэкса. Энергетический спектр реальных веществ (учет симметрии волновых функций и релятивистских поправок к спектру). Спин-орбитальное взаимодействие в атомах и кристаллах. Особенности учета релятивистских поправок при расчете энергетического спектра в рамках **k·p**-метода.

Изотропный спектр Кейна (закон дисперсии без учета релятивистских поправок). Прямой и инверсный спектры Кейна для полупроводников A^3B^5, A^2B^6. Учет спин-орбитального взаимодействия в спектре Кейна. Закон дисперсии с учетом спин-орбитального расщепления энергетических зон для прямого и инверсного спектров Кейна. Роль релятивистских поправок в формировании энергетического спектра носителей заряда в полупроводниковых соединениях A^3B^5, A^2B^6 и сплавах на их основе.

Энергетический спектр полупроводников A^4B^6. Закон дисперсии носителей заряда в двухзонном приближении. Шестизонные модели энергетического спектра Диммока и Мартинеза. Перестройка электронной структуры при изменении состава твердых растворов и под давлением.

3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В УЗКОЩЕЛЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Точечные дефекты в полупроводниках. Одноэлектронное уравнение Шредингера в представлении квазиимпульса. Приближение эффективной массы. Мелкие, глубокие и

резонансные уровни в узкощелевых полупроводниках. Примеры исследования примесных состояний в полупроводниках A^3B^5, A^2B^6, A^4B^6. Перестройка электронной структуры и переходы металл-диэлектрик при изменении состава твердых растворов и давления.

4. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Оптические характеристики полупроводников. Основные механизмы поглощения света. Спектры поглощения света в полупроводниках. Собственное, экситонное, примесное и фононное поглощение света. Внутризонное поглощение и поглощение света свободными носителями заряда. Магнитооптические явления.

Собственная и примесная фотопроводимость. Эффект Дембера и фотоэлектромагнитный эффект. Фотовольтаический эффект в p-n-переходе. Преобразование световой энергии в электрическую, элемент солнечной батареи.

Литература

1. И.М. Цидильковский. Электроны и дырки в полупроводниках. М.: Наука, 1972.
2. И.М. Цидильковский. Зонная структура полупроводников. М.: Наука, 1978.
3. О. Маделунг. Физика твердого тела. Локализованные состояния. М.:Наука, 1985.
4. Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир, 1976.
5. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.: Наука, 1977.
6. К.В. Шалимова. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985; С.-Петербург, Лань, 2010.
7. Kane E.O. J. Phys. Chem. Sol., 1957, v.1, N4, p.249-261.
8. Kane E.O. Semiconductors and Semimetals, ed. R.K. Willardson and A.C .Beer, Acad. Press, N.Y., 1966, v.1, p.75-100.
9. Dimmock J.O. The Physics of Semimetals and Narrow Gap Semiconductors, ed. D.L. Carter and R.T. Bate, Pergamon Press, N.Y., 1971, p.319-330.
10. Martinez G. Phys. Rev. B, 1973, v.8, N10, p.4678-4685.
11. Кайданов В.И., Равич Ю.И. УФН, 1985, т.145, №.1, с.51-86.
12. Волков Б.А., Рябова Л.И., Хохлов Д.Р. УФН. 2002. т.172, №8, с.875-906.

Темы контрольных работ

Контрольная работа №1. Энергетический спектр носителей заряда в узкощелевых веществах.

Контрольная работа №2. Оптические свойства полупроводников.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО КУРСУ "ФИЗИКА УЗКОЩЕЛЕВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ"

(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости, магистратура, 1 семестр)

1. Классификация и основные свойства узкощелевых материалов.
2. Структурно-электронный переход Пайерлса.
3. k·p-метод расчета энергетического спектра полупроводников.
4. Однозонное приближение. Правила сумм.
5. Метод Левдина построения энергетического спектра узкощелевых веществ.
6. Двухзонное приближение. Изотропный спектр Лэкса.
7. Анализ спектра Лэкса, расчет параметров энергетического спектра в рамках спектра Лэкса.
8. Энергетический спектр реальных веществ (учет симметрии волновых функций).
9. Релятивистские поправки к спектру.
10. Спин-орбитальное взаимодействие и его учет в рамках k·p-метода.
11. Изотропный спектр Кейна (закон дисперсии без учета H_{so}^{p}).
12. Учет H_{so}^{p} в спектре Кейна (k=0).
13. Изотропный спектр Кейна (закон дисперсии с учетом H_{so}^{p}) для полупроводников A^3B^5.
14. Инверсный спектр Кейна (закон дисперсии с учетом H_{so}^{p}) для полупроводников A^2B^6.
15. Роль релятивистских поправок H_{mv}, H_D. Зонная структура полупроводников A^3B^5 и A^2B^6.
16. Закон дисперсии носителей заряда в полупроводниках A^4B^6 в двухзонном приближении.
17. Шестизонные законы дисперсии Диммока с Мартинеза в полупроводниках A^4B^6.
18. Оптические характеристики полупроводников.
19. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках.
20. Собственное поглощение (прямые переходы).
21. Собственное поглощение (непрямые переходы).
22. Влияние легирования на положение края собственного поглощения.
23. Влияние температуры и давления на спектры собственного поглощения.
24. Влияние электрического и магнитного полей на положение края собственного поглощения.
25. Магнитооптические явления.
26. Поглощение света свободными носителями заряда, внутризонное поглощение света.
27. Экситонное и примесное поглощение света.

28. Фононное поглощение света.
29. Собственная и примесная фотопроводимость.
30. Эффект Дембера.
31. Фотоэлектромагнитный эффект.
32. Фотовольтаический эффект в p-n-переходе. Элемент солнечной батареи.