

ЭКЗАМЕН ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ»

Билет № 24

Яромир Водзяновский Б04-855а

1. Пояснить возникновение плазменных колебаний с указанием их собственной частоты.

Плазменная частота - частота собственных продольных колебаний пространственного заряда (ленгмюровских колебаний) в однородной плазме в отсутствие магнитного поля. В пренебрежении движением ионов плазменная частота электронного газа равна (в системе СГС):

$$\omega_{pe} = \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{m_e}} = 5.6415 \cdot 10^4 \sqrt{n_e} \frac{\text{рад}}{c}$$

Предположим, что дебаевская длина достаточно велика и для плазмы характерно дальное действие кулоновских сил, благодаря чему она может рассматриваться как упругая среда. Если группу электронов в плазме сдвинуть из их равновесного положения (тяжёлые ионы считаем неподвижными), то на них будет действовать электростатическая возвращающая сила, что и приводит к колебаниям.

2. Проиллюстрировать процесс Оже-генерации. Почему энергия первичного (затравочного) носителя всегда больше ширины запрещенной зоны?

Оже-генерация - механизм генерации, противоположный Оже - рекомбинации. Ударная генерация осуществляется дырками или электронами полупроводника, которые под действием приложенного к полупроводнику электрического поля приобретают энергию, достаточную для образования пары носителей. При взаимодействии таких электронов или дырок с атомами матрицы кристалла, возможна передача атому энергии, достаточной для разрыва ковалентной связи и образования пары.

Энергия затравочного электрона должна быть больше ширины запрещенной зоны в связи с тепловыми потерями. Оже-электрону необходима энергия $> E_{gap}$, так как они могут возбуждаться из уровней ниже, чем валентная зона.

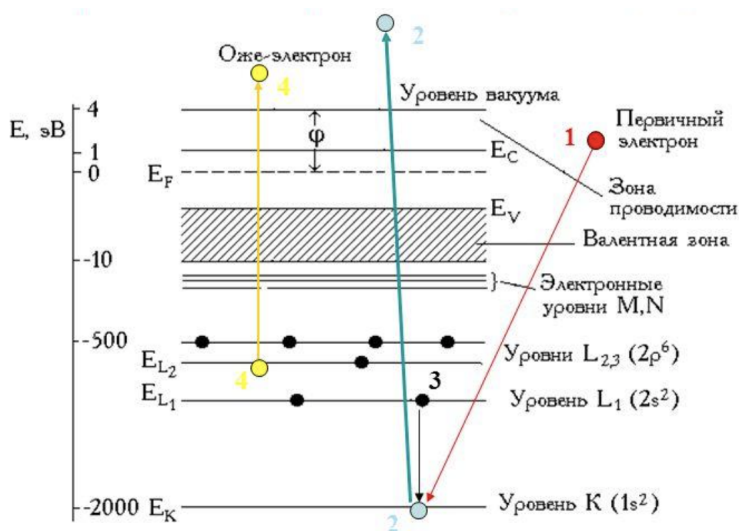


Рис. 1: Оже-генерация

3. Почему длина экранирования локального пространственного заряда в металле на порядки меньше, чем в полупроводнике?

Дебаевская длина - расстояние, на которое распространяется действие электрического поля отдельного заряда в квазинейтральной среде, содержащей свободные положительно и отрицательно заряженные

частицы.

$$\lambda_D = \left(\sum_j \frac{4\pi q_j^2 n_j}{\varepsilon_r k T_j} \right)^{-1/2}$$

Длина экранирования обратно пропорциональна концентрации носителей зарядов, в металле количество электронов проводимости значительно больше чем в полупроводнике, поэтому длина экранирования металлов меньше.

4. Почему при оценке быстродействия фотодиода не учитывается время перемещения вылетевшего из области пространственного заряда (ОПЗ) основного фотоносителя по нейтральной области до токового контакта?

Быстродействие фотодиодов определяется рекомбинацией дополнительных носителей заряда. Обычно толщина области, на которую падает излучение, больше или порядка $1/\alpha$, где α — коэффициент поглощения, и меньше диффузионной длины неосновных носителей заряда. В этом случае быстродействие определяется отношением толщины этой области к диффузионной длине и может быть значительно меньше времени жизни неравновесных носителей заряда.

5. Проиллюстрировать с помощью зонной диаграммы в $E - p$ пространстве, что электрон и дырка уменьшают свою энергию в зоне проводимости и в валентной зоне.

