

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние внешних факторов света, деформации, сильных электрических полей на электропроводность полупроводников.

Полупроводники – это вещества с электронной электропроводностью, удельные сопротивления которых при нормальной температуре занимают промежуточное положение среди металлов и диэлектриков.

Ключевые слова: полупроводники, электропроводимость, влияние внешних факторов.

Annotation: This article examines the influence of external factors of light, deformation, strong electric fields on the electrical conductivity of semiconductors.

Semiconductors are substances with electronic conductivity, the resistivity of which at normal temperature occupy an intermediate position among metals and dielectrics.

Key words: semiconductors, electrical conductivity, the influence of external factors.

Влияние света на электропроводность полупроводников

При воздействии на полупроводник светом могут быть реализованы следующие типы взаимодействия квантов света с носителями заряда:

собственное поглощение, экситонное поглощение, поглощение на свободных носителях, примесное поглощение.

В случае собственного поглощения происходит взаимодействие фотонов с электронами в валентной зоне, т.е. с собственными электронами атомов, составляющих кристаллическую решетку.

В некоторых полупроводниках наблюдается экситонное поглощение. При поглощении фотонов образуются экситоны, которые могут блуждать по кристаллу. При столкновении с примесными центрами экситон может либо распаться и образовать электрон и дырку, либо рекомбинировать и перевести атом в невозбужденное состояние. В первом случае экситону необходима тепловая энергия, во втором – либо происходит излучение кванта энергии, либо энергия экситона переходит решетке полупроводника в виде теплоты.

В случае примесного поглощения света фотоны взаимодействуют с примесными атомами, ионизируя или возбуждая их. Взаимодействие фотонов с примесными атомами носит резонансный характер. В случае примесного и собственного оптического поглощения происходит генерация неравновесных носителей заряда, которая сопровождается изменением электрических свойств полупроводника при освещении, – наблюдается эффект фотопроводимости.

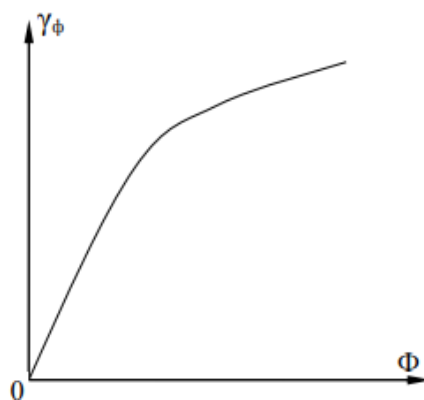


Рис.1 Световая кривая

Значение фотопроводимости возрастает с увеличением интенсивности облучения. Одновременно происходят два процесса с противоположным влиянием на фотопроводимость: увеличивается число носителей заряда;

возрастает рекомбинация с увеличением концентрации носителей как одного, так и другого знака.

Влияние деформации на электропроводность полупроводников

Электропроводность твердых кристаллических тел при деформации изменяется. Это объясняется увеличением или уменьшением межатомных расстояний, приводящих к изменению концентрации и подвижности носителей заряда.

Изменение концентрации носителей заряда может произойти вследствие смещения примесных уровней и изменения ширины энергетических зон кристалла. Подвижность носителей заряда меняется из-за уменьшения или увеличения амплитуды колебания атомов при их сближении или удалении. При одной и той же деформации ширина запрещенной зоны у разных полупроводников может как увеличиваться, так и уменьшаться, что, в свою очередь, может вызвать, как увеличение, так и уменьшение удельной проводимости.

Влияние сильных электрических полей на электропроводность полупроводников

Электропроводность полупроводников зависит от напряженности электрического поля. При низких значениях напряженности электрического поля удельная проводимость не зависит от напряженности электрического поля, т.е. соблюдается закон Ома. При более высоких напряженностях поля (выше некоторого критического значения $E_{кр}$) наблюдается интенсивный рост удельной проводимости по экспоненциальному закону (рис. 2). С ростом температуры кривая удельной проводимости перемещается вверх, а наклон возрастающей части становится меньше.

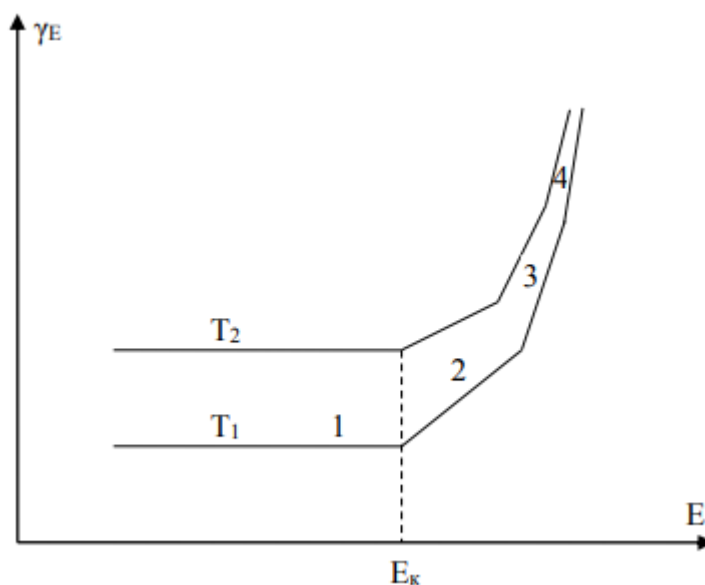


Рис.2 График роста удельной проводимости

Возрастание проводимости обусловлено увеличением концентрации носителей заряда. Существует несколько механизмов увеличения концентрации носителей в сильном электрическом поле.

Основными являются: термоэлектрическая (термополевая) ионизация, электростатическая ионизация и ударная ионизация. Механизм термополевой ионизации реализуется при низких температурах. При более высоких температурах, когда донорная примесь ионизирована полностью, главную роль в увеличении концентрации носителей играют явления, связанные с ударной и электростатической ионизацией решетки кристалла в полях большой напряженности.

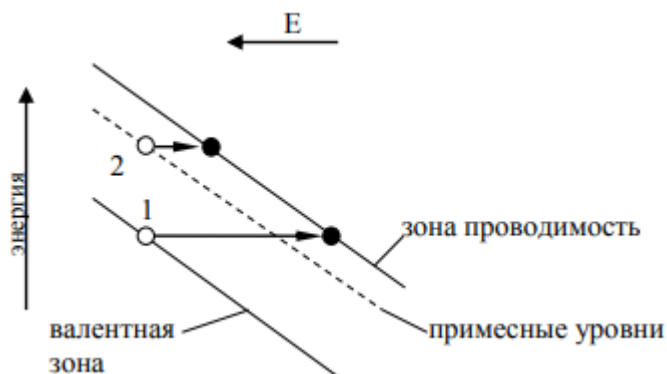


Рис.3 Ионизация электронов

Если свободный электрон под действием внешнего электрического поля приобретает энергию, достаточную для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости, то возможна ионизация. Ионизирующий электрон при этом остается в зоне проводимости. На рис. 2 участок 1 соответствует выполнению линейного закона Ома, 2 – термоэлектрической ионизации, 3 – электростатической и ударной ионизации, 4 – пробую.

Таким образом, внешние факторы существенно влияют на электропроводность полупроводников.

Использованные источники:

1. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. Учебник. — 2-е изд. — Москва: 1978. - 616 с., илл.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 263 с.: ил.
3. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника: учебное пособие для вузов / Забродин Ю.С. - Москва: Высшая школа, 1982. - (Высшее образование). - 496 с.: ил.
4. Миловзоров, О.В. Электроника: учебник для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 344 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00077-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468614>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.