

УДК 621.315.592

Умурзакова Г.М.

Тожибоев А.К.

Ферганский политехнический институт
Узбекистан, г. Фергана

ДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В данной статье рассмотрено влияние радиации на полупроводники в результате обобщения экспериментальных данных по радиационным эффектам в кремнии и германии, приведены результаты экспериментов по определению пороговой энергии на основании изменения электропроводности, опытов по действию быстрых электронов на кремний по измерениям температурной зависимости эффекта Холла и результаты изучений влияния излучений на германий.

Ключевые слова: влияние радиации, излучения, кремний, германий, электроны, солнечный элемент, фоточувствительность.

Многие вопросы влияния радиации на полупроводники были рассмотрены в результате обобщения экспериментальных данных по радиационным эффектам в кремнии и германии.

Кремний.

В первых работах по исследованию спектра энергетических уровней в кремнии был установлен факт, что независимо от химических примесей и знака электропроводности происходит захват носителей основного типа, вследствие чего электропроводность падает с ростом интегральной дозы облучения. Скорость объемной рекомбинации носителей сильно зависит от радиационных нарушений. Для кремния указываются величины энергии электронов – 145 кэВ и пороговой энергии смешения $T_d = 12,9$ эВ, при которой время жизни неравновесных носителей τ начинает падать [1]. Метод измерения τ состоял в измерениях тока короткого замыкания J_{pn} между p и n – областями кристалла с p - и n -переходом. Однако рекомбинационные центры могут иметь более сложную природу, чем дефекты Френкеля, поэтому при определении пороговой энергии необходимо сравнение различных методов.

В экспериментах по определению пороговой энергии на основании изменения электропроводности [2] было установлено, что удельное сопротивление мало зависит от ориентации кристаллографических осей на глубине (0,6 мм), что объясняется сильным рассеянием по направлениям на глубине. Эта зависимость более сильная на поверхности образца.

В результате опытов по действию быстрых электронов на кремний по измерениям температурной зависимости эффекта Холла, удельного сопротивления и времени жизни неравновес-

ных носителей [3] было установлено, что помимо мелких энергетических уровней вблизи каждой из зон в запрещенной полосе возникают и глубокие уровни, действующие в качестве центров захвата носителей. Для носителей одного типа имеется формула зависимости постоянной Холла R и зависимости сопротивления облученного кремния

$$R = \pm \frac{sr}{nq}, \quad (1)$$

где n – концентрация носителей;

Sr – численные коэффициенты, определяющие несферичность поверхностей постоянной энергии и тип рассеяния.

Появление глубоких уровней, как уже отмечалось, обуславливается более сложными образованиями, такими, как, например, ассоциации, образованные взаимодействием дефектов и химических примесей, в частности кислорода и фосфора. Физическая природа такого рода ассоциаций изучалась методом парамагнитного резонанса [4].

Кремний нашел широкое применение в качестве материала для изготовление солнечных элементов, используемых для преобразования солнечной энергии в условиях космоса.

Радиационные воздействия изменяют длину базовой диффузационной области кремниевого элемента, что влечет за собой уменьшение мощности элемента [5]. Уменьшение длины диффузии в базе приводит к снижению фоточувствительности элемента в длинноволновой части спектра. О процессах, происходящих в результате облучения, судят по взаимному изменению тока короткого замыкания J_s и фотоэдс U_{oc} . Можно показать, что $J_s \sim L$ (L – длина диффузии), а $\frac{J_{so2}}{J_s} \sim \varphi$, где J_{so} – начальное значение

$$J_s^2 \sim I, \quad U_{oc} \sim I \ln I. \quad (2)$$

В случае бомбардировки частицами, пробег которых меньше рабочей области, было установлено, что U_{oc} уменьшается в зависимости от интегрального потока φ быстрее, чем J .

Поток является функцией энергии протонов: меньшей энергии соответствует более высокое значение потока. С увеличением наблюдался быстрый спад J_s . Протоны, имеющие малый пробег, могут сильно влиять на J_s , так бомбардировка протонами с энергией 25 кэВ элементов с к.п.д. 10 % привела к падению мощности элемента на 30 %.

При действии электронов малой энергии рентгеновских лучей, γ -лучей, УФ-излучений, то есть излучений, не способных создавать смешения, возможно увеличение скорости поверхностной рекомбинации S .

Фоточувствительность больше всего изменяется при облучении светом с высоким коэффициентом поглощения.

Фундаментальных исследований по влиянию низкоэнергетичных излучений не проводилось, однако облучение электронами низкой энергии помогает оценить роль поверхностных явлений на работу элемента.

Имеющиеся данные по радиационным нарушениям в кремнии достаточно хорошо согласуются между собой, однако более детальное количественное описание встречает определенные трудности, обусловленные тем, что в реальных нарушениях структуры необходимо учитывать не только первичные процессы передачи энергии и импульса, но и последующие взаимодействия вакансий и междуузельных атомов с примесями.

Германий.

При изучении влияния излучений на германий проводились в основном эксперименты по изучению концентрации носителей и их рекомбинации в отличие от кремния, где много интересных данных получено применением оптического метода и метода электронного резонанса. Эксперименты проводились в основном с кристаллами n -типа, так как изменения физических свойств в кристаллах p -типа неустойчивы.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Было установлено, что равновесная концентрация в кристалле n-типа убывает. При большой дозе облучения начинает преобладать дырочная проводимость.

Было установлено, что при энергиях вблизи пороговой (370-420 кэВ) вероятность возникновения дефектов вдоль кристаллографической оси [111] больше, чем при других ориентациях [6]. При приближении к порогу ориентационный эффект уменьшается. При энергиях электронов выше пороговой установлено расхождение между экспериментальными данными и теоретическими расчетами для центров захватов, что связывают с процессами стабилизации дефектов [7].

Методы определения энергетических уровней дефектов в германии аналогичны рассмотренным выше для кремния. Установлено, что имеются различия в системе образовавшихся энергетических уровнях при облучении быстрыми нейтронами, с одной стороны, и электронами и гамма-лучами, с другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрик Ю.А., Хазан Л.С. Пластическая деформация и дислокации не соответствия в гетероэпитаксальных системах. – Киев: Наукова думка, 1993.
2. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: Физматгиз, 1963.
3. Экспериментальная ядерная физика / под. ред. Э. Сегре. – 1966. – Т. 1. – М., 1966. – С. 143–291.
4. Бул Б.М., Вавилов В.С. [и др.] Атомная энергия. – 1977. – Т. 2. – С. 533.
5. Действие излучений на полупроводники и изоляторы: сб. / под ред. С. М. Рывкина. – М., 1954. – С. 9.
6. Характеристические потери энергии электронами: сб. / под ред. А. Р. Шульмана. – М., 1959.
7. Динс Дж., Виньярд Дж. Радиационные эффекты в твёрдых телах. – М., 1960.

Umurzakova G.M.

Tozhiboev A.K.

Ferghana Polytechnic Institute
Uzbekistan, Ferghana

EFFECT OF RADIATION ON SEMICONDUCTOR MATERIALS

This article discusses the effect of radiation on semiconductors as a result of a generalization of experimental data on radiation effects in silicon and germanium, the results of experiments to determine the threshold energy based on changes in electrical conductivity, experiments on the action of fast electrons on silicon from measurements of the temperature dependence of the Hall effect and the results of studies of the effect radiation to germanium.

Key words: influence of radiation, radiation, silicon, germanium, electrons, solar cell, photosensitivity.