

УДК 621.315.59

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

К. т. н. В. А. Завадский¹, д. т. н. В. А. Мокрицкий²

¹Одесская национальная морская академия,

²Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

vaaz@ukr.net

Рассмотрены механизмы воздействия облучения на электрофизические параметры элементарных (Ge, Si), бинарных (ZnSe, GaAs) и тройных (CdHgTe) полупроводников. Показаны возможности управления некоторыми параметрами фотоэлектронных приборов на основе этих материалов и модификации свойств таких изделий.

Ключевые слова: эпитаксия, электроны, нейтроны, протоны, оптические окна.

Явление радиоактивности в течение многих лет интенсивно используется учеными для исследований свойств материалов [1], а также в технологических целях не только для исследования радиационной стойкости, но возможностей управления и даже модификации свойств и параметров полупроводниковых приборов [1, 2]. Однако зачастую исследования ограничиваются изучением влияния какого-то одного вида излучения [3, 4]. Авторами исследовались возможности использования радиационного облучения разного вида (гамма-кванты, быстрые электроны, нейтроны и протоны) в технологии формирования заданных свойств в полупроводниковых материалах и изделиях [5, 6].

В настоящей работе авторами впервые проведен анализ влияния высокоэнергетическими частицами указанных типов различных материалов, включая монокристаллы, эпитаксиальные слои и поликристаллический кремний, и фотоэлектрические приборы (ФЭП) на их основе. Рассматриваются радиационные эффекты воздействия указанных излучений в кремниевых ФЭП; в кремниевых преобразователях неэлектрических величин; в эпитаксиальных слоях арсенида галлия; в оптических элементах из Ge, ZnSe и GaAs; в ИК-фоторезисторах на основе монокристаллического CdHgTe.

Облучение гамма-квантами эпитаксиальных слоев кремния дозами до $2 \cdot 10^{22}$ квантов/м² увеличивает концентрацию носителей заряда по сравнению с исходными значениями, а также меняет характеристики электрофизической границы раздела слоя с подложкой. Эти явления можно объяснить переводом части атомов примеси в электрически активное состояние и дополнительной диффузией их в высокоомный слой. Слои кремния проявляют стойкость свойств к облучению электронами до значений дозы $1 \cdot 10^{20}$ м⁻². Скорость последующего уменьшения концентрации носителей заряда зависит от исходных свойств слоев. Причем более стойкими являются слои с большей исходной концентрацией носителей заряда и *p*-типа проводимости. Слои кремния менее стойки к облучению электронами высокой энергии, чем объемные монокристаллы со сходными свойствами. Облучение электронами высокой энергии влияет на структурные свойства слоев кремния. В работе получено уменьшение плотности дислокаций в слоях. Это можно объяснить взаимодействием с ними радиационных дефектов и влиянием комплексов радиационных дефектов с атомами примеси на параметры кристаллической решетки. Влияние облучения электронами на качество структуры слоев арсенида галлия не установлено.

В результате исследований установлено, что из поликристаллического кремния можно изготавливать ФЭП с приемлемыми характеристиками, достигнутыми в результате протонной обработки приборов. Радиационная обработка быстрыми электронами кремниевых термочувствительных *p-n*-структур приводит к повышению температурного коэффициента напряжения и чувствительности.

Облучение нейтронами эпитаксиальных слоев GaAs выявило два различных вида их зависимости от дозы облучения при начальной концентрации свободных носителей заряда больше, чем $1 \cdot 10^{17}$ см⁻³,

и меньше этого ее значения. Проведен анализ возможных механизмов влияния облучения на свойства оптических окон из ZnSe, Ge и GaAs. Показана возможность радиационной модификации их коэффициентов пропускания. В процессе исследований было установлено, что при облучении быстрыми электронами дозами 10^{13} — 10^{16} см⁻² уменьшается темновое сопротивление и увеличивается темновой ток CdHgTe ИК-фоторезисторов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Костенко С. П. Тенденции в материаловедении как перспектива появления новых электронных компонентов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 1999. – № 2–3. – С. 37 – 43.
2. Chernov A., Mamontov A. Ordering of defective crystal structure by ionizing radiation (effect of small doses of radiation) // Program of the MRS 1998 Spring Meeting, San-Francisco, CA. – 1998. – P. 51.
3. Физические процессы в облученных полупроводниках / В кн.: под ред. Смирнова Л. С. – Новосибирск: Наука, 1977. – 345 с.
4. Курицын Е. М., Мокрицкий В. А., Шаховцов В. И. Влияние облучения электронами на диффузию бора в эпитаксиальные слои кремния // В кн.: Физ. основы радиационной технологии твердотельных электронных приборов. – Киев: Наукова думка, 1978. – С. 107–111.
5. Ленков С. В., Мокрицкий В. А., Перегудов Д. О., Тарієлашвілі Г. Т. Фізико-технічні основи радіаційної технології напівпровідників. – Одеса: Астропринт, 2002. – 297 с.
6. Дранчук С. Н., Завадский В. А., Мокрицкий В. А., Курицын Е. М., Шобик В. С. Теория и практика жидкофазной эпитаксии и радиационной технологии полупроводников – Одесса: Астропринт, 2013. – 320 с.

V. A. Zavadsky, V. A. Mokritsky

The influence of radiation exposure on the parameters of semiconductor photoelectronic devices.

The authors investigate the influence of radiation exposure in technology of obtaining semiconductor materials and products with the given properties, e.g., silicon photo-electronics devices (PED); silicon converters of nonelectrical quantities; commonly used arsenide gallium epilayers; optical Ge, ZnSe and GaAs elements; IR-photosensitive resistors based on monocrystalline CdHgTe.

The possibility is shown to manufacture PEDs of polysilicon with acceptable performances reached by proton treatment. The fast electron bombardment of silicon thermo sensitive *p-n* structures leads to the decrease of voltage temperature coefficient. The neutron irradiation of GaAs epilayers has revealed two aspects of their dependence from the irradiation dose: when the initial density of free charge carriers is more or less than $1 \cdot 10^{17}$ cm⁻³.

The analysis of possible mechanisms of influence of irradiation on properties of ZnS, Ge and GaAs optical windows is carried out and the opportunity of radiation modification of their transmittance is shown. The possibility of reduction of dark resistance and increase of dark current of CdHgTe IR-photosensitive resistors is shown at fast electrons bombardment at doses of 10^{13} — 10^{16} cm⁻².

The paper considers the mechanisms of influence of radiation exposure on electro physical parameters of elementary (Ge, Si), binary (ZnSe, GaAs) and ternary (CdHgTe) semiconductors. The possibility to control some parameters of the devices based on such materials are shown.

Key words: *epitaxy, electron, proton, neutron, optical window.*
