

НОВАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТА МАЛЫХ ДОЗ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В. Т. М а к

Обнаруженное в начале восьмидесятых годов улучшение ряда характеристик полупроводниковых материалов, приборов и структур (получившее название эффект малых доз) под воздействием малых (до 10^8 рад) доз радиации подверглось в последующие годы интенсивным исследованиям. Было установлено, что при облучении улучшаются в основном рекомбинационные свойства и изменяются связанные с временем жизни неравновесных либо неосновных носителей заряда параметры материалов и структур [1-3]. В работе [4] показано, что эффект малых доз локализован в тонком приповерхностном слое полупроводника. Анализ проведенных исследований показывает, что улучшение свойств полупроводниковых приборов и материалов происходит под воздействием электронного, гамма- и нейтронного облучения, причем наиболее эффективно указанные изменения протекают в приборах и структурах, где основные физические процессы разыгрываются в тонких поверхностных слоях либо на границах раздела слоев. В монокристаллических же материалах эффект малых доз проявляется слабо.

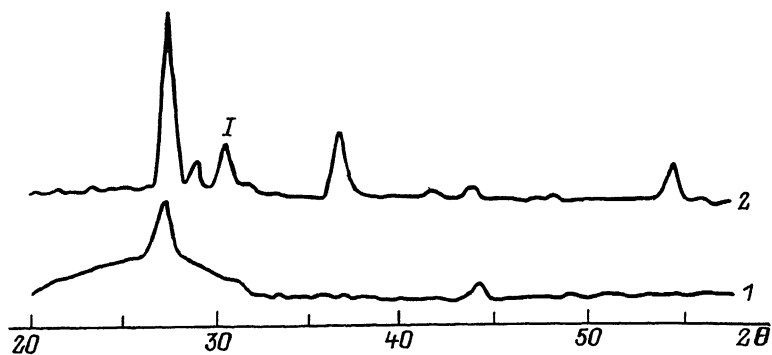
Недавно [5] был обнаружен эффект малых доз в поликристаллических слоях и структурах на основе CdS , причем происходящие при облучении изменения, например, времени жизни неравновесных носителей в поликристаллическом материале на несколько порядков превышают изменения соответствующего параметра в монокристаллах CdS .

В настоящее время существует несколько точек зрения на природу эффекта малых доз. Одни авторы [1] считают, что увеличение времени жизни неосновных носителей заряда связано с уменьшением концентрации рекомбинационных центров вследствие их радиационного геттерирования. Согласно мнению других [6], при облучении малыми дозами рекомбинационные центры взаимодействуют с создаваемыми облучением первичными радиационными дефектами, вследствие чего концентрация рекомбинационных центров уменьшается. Высказывается также мнение [7], что эффект малых доз в полупроводниковых структурах связан с перестройкой при облучении глубоких объемных и поверхностных энергетических уровней.

Однако ни в одной из предлагаемых моделей не рассматриваются возможные структурные изменения материала в процессе облучения.

Нами были проведены комплексные рентгеноструктурные и электрофизические исследования фазового состава поликристаллических пленок CdS в процессе гамма-облучения дозами до 10^6 рад.

Поликристаллические пленки состояли из кристаллитов со структурой сфалерита (кубической) и межкристаллитных аморфных прослоек.



Рентгendifфрактограммы пленки CdS до (1) и после (2) γ -облучения дозой 10^6 рад. I -рефлекс от β -фазы CdS , остальные рефлексы α -фазы.

При γ -облучении обнаружено увеличение размеров имевшихся [8] и появление новых кристаллитов CdS , о чем свидетельствует увеличение числа рефлексов и их интенсивности на рентгendifфрактограммах (см. рисунок). Одновременно исчезает преимущественная ориентация кристаллитов CdS (направление $[002]$ перпендикулярно плоскости подложки до облучения), уменьшается доля аморфной фазы в пленках и появляются кристаллиты со структурой вюрцита. По-видимому, при γ -облучении одновременно с ростом кристаллитов происходит деформация тетраэдрических связей и осуществляется переход от структуры сфалерита к структуре вюрцита.

С изменениями структуры пленок CdS коррелирует изменение электрофизических свойств: наблюдается увеличение времени жизни неравновесных носителей заряда, уменьшается удельная электропроводность, происходят изменения в спектрах фотолюминесценции [5, 8].

В свете изложенного можно предложить следующую модель процессов, происходящих в полупроводниковых материалах и структурах при облучении малыми дозами ядерных излучений.

Полупроводниковые приборы и структуры, независимо от технологии их изготовления, всегда содержат в активной области включения иной фазы в виде микрокристаллитов либо атомных кластеров, содержащих от нескольких до примерно 10^3 атомов [9]. Во время облучения полупроводниковых структур малыми дозами ядерных излучений могут происходить твердофазные процессы, подобные наблюдавшимся нами в CdS . При этих процессах изменяются размеры и ориентация микрокристаллитов (либо кластеров), причем структура этих фрагментов и их ориентация стремятся к структуре и ориентации матрицы. Поэтому в результате твердофазных процессов уменьшается плотность энергетических состояний, генерируемых микрокристаллитами и кластерами. Как известно, такие состояния являются эффективными центрами рекомбинации, вследствие чего изменяются все свойства структур и материалов, связанные в той или иной степени с рекомбинационными процессами.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Болотов В.В., Коротченко В.А., Мамонтов А.П., Ржанов А.В., Смирнов Л.С., Шаймеев С.С. // ФТП. 1980. Т. 14. В. 11. С. 2257-2260.
- [2] Конакова Р.В., Тхорик Ю.А., Шаховцов В.И. // ЖТФ. 1981. Т. 51. В. 4. С. 805-810.
- [3] Давыдов В.Н., Коротченко В.А., Лезина Т.Д., Мамонтов А.П. // Электронная техника, сер. 2. Полупроводниковые приборы. 1982. В. 7(158). С. 28-31.
- [4] Боровская О.Ю., Дмитрук Н.Л., Конакова Р.В., Литовченко В.Г. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 10. С. 1885-1887.
- [5] Василевский Д.Л., Залюбинская Л.Н., Мак В.Т., Каракис Ю.Н. // Фотоэлектроника. Респ. межведомств. сборник, Киев - Одесса. 1987. В. 1. С. 31-38.
- [6] Черданцев П.А., Чернов И.П., Тимошенко Ю.А., Коротченко В.А., Мамонтов А.П. // Деп. в ВИНТИ 1 августа 1984 г., № 5621 - 84 Деп.
- [7] Вовненко В.И., Дмитрук Н.Л., Литовченко В.И., Маева О.И., Шаховцов В.И. // УФЖ. 1987. Т. 32. В. 11. С. 1702-1707.
- [8] Залюбинская Л.Н., Мак В.Т., Манжара В.С., Хиврич В.И. // УФЖ. 1988. Т. 33. № 5. С. 694-697.
- [9] Ковальчук В.В. Квантовохимическое моделирование реальных кремниевых кластеров. Автореферат канд. дис. Одесса, 1968. 16 с.

Одесский государственный
университет им. И.И. Мечникова

Поступило в Редакцию
18 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 12
05

26 июня 1989 г.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ, СОЗДАННЫХ В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ ТРАНСМУТАЦИОННЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ ЯДЕР МАТРИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АЛЬФА-ЧАСТИЦ

В.А. Дидик, В.В. Козловский,
Р.Ш. Малкович, Е.А. Скорятина, Б.А. Шустров

Трансмутационное превращение ядер под действием заряженных частиц широко используется для производства радиоактивных изотопов. Оно находит также применение для анализа остаточных примесей в твердых телах [1]. Перспективным представляется исполь-