Радиационные донорные дефекты в имплантированных As пленках МЛЭ CdHgTe: пространственное распределение и природа

А.Г. Коротаев¹⁾, И.И. Ижнин^{1,2)}, Е.И. Фицыч²⁾, А.В. Войцеховский¹⁾, К.Д. Мынбаев^{3,4)}, В.С. Варавин⁵⁾, С.А. Дворецкий^{1,5)}, Н.Н. Михайлов⁵⁾, В.Г. Ремесник⁵⁾, М.В. Якушев⁵⁾, О.Ю. Бончик⁶⁾, Г.В. Савицкий⁶⁾, Y. Morgiel⁷⁾, Z. Świątek⁷⁾

¹ Национальный исследовательский Томский госуниверситет, Томск, 634050, Ленина 36

² Научно-производственное предприятие «Электрон-Карат», Львов, 79031, Стрийская 202

³ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, 194021, Политехническая 26

⁴ Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Кронверкский 49

⁵ ИФП им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090, ак. Лаврентьева 13

⁶ ИППММ им. Я.С. Пидстригача НАН Украины, Львов, 79060, Научная 36

⁷ Institute of Metallurgy and Material Science PAN, 30-059, Krakow, Reymonta, 25

тел: +7(3822) 412-573, факс: +7(3822) 412-573, эл. почта: kor@mail.tsu.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-57

Несмотря на многочисленные работы по исследованию радиационных дефектов в подвергнутых ионной имплантации твердых растворах $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, вопрос о пространственной локализации и природе донорных радиационных дефектов остается открытым даже для хорошо изученного случая имплантации ионов V^+ . По нашему мнению это связано с многочастичным спектром носителей заряда в радиационно-модифицированной области материала, когда для определения профилей распределения носителей каждого типа необходимо использовать соответствующие методы анализа результатов дифференциального эффекта Холла. Кроме того, необходимо также дополнительно исследовать дефектную структуру радиационно-нарушенной области.

В работе представлены результаты комплексных исследований радиационных дефектов в имплантированных As гетероэпитаксиальных структурах $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (ГЭС КРТ), полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) на подложках Si (GaAs) в ИФП СО РАН. Исследовали ГЭС p -типа проводимости с сохраненным и удаленным варизонным защитным слоем после имплантации ионов As^+ с энергией 190 кэВ и дозой в 10^{15} см^{-2} , в результате которой были получены типичные n^+-n -структуры с радиационно-модифицированной n^+-n -областью. Пространственное распределение носителей исследовали при послойном химическом травлении с измерением полевых зависимостей коэффициента Холла $R_H(B)$ и проводимости $\sigma(B)$ и их анализа методом дискретных спектров подвижности. Дополнительно использовались данные вторичной ионной масс-спектропии (ВИМС), просвечивающей электронной микроскопии в режиме светлого поля и высокого разрешения и литературные данные профилей дефектов, полученных из спектров резерфордского обратного рассеяния.

В радиационно-модифицированной n^+-n -области структуры обнаружены три типа электронов с различной подвижностью, обусловленные соответствующими донорными дефектами, локализованными на различных глубинах радиационно-нарушенного слоя структуры: а) электроны с низкой подвижностью порядка $\sim 5000 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ локализованы в приповерхностном n^+ -слое толщиной $\sim 400 \text{ нм}$, в области присутствия крупных и мелких дислокационных петель. Предполагаемая природа донорного центра, обуславливающего наличие электронов с низкой подвижностью – междоузельная ртуть, захваченная дислокационной петлей; б) электроны с промежуточной подвижностью $\sim 20000 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ локализованы также в n^+ -слое толщиной до $\sim 700\text{-}900 \text{ нм}$ в области существования квазиточечных радиационных дефектов. Предполагаемая природа донорных дефектов – комплексы междоузельной ртути с этими квазиточечными дефектами; в) электроны с высокой подвижностью $\sim 90000 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ локализованы в n -слое n^+-n -структуры на глубине более 700-900 нм. Механизм формирования этой области хорошо известен и связан с диффузией междоузельной ртути, генерируемой при имплантации, и ее аннигиляцией с вакансиями ртути в исходной области p -типа.