Активационный отжиг имплантированных As МЛЭ структур CdHgTe

Ижнин И.И.^{1,2}, Войцеховский А.В.², Коротаев А.Г.², Мынбаев К.Д.^{3,4}, Варавин В.С.⁵,
Дворецкий С.А.^{2,5}, Михайлов Н.Н.⁵, Якушев М.В.⁵, Бончик А.Ю.⁶, Савицкий Г.В.⁶

¹ Научно-производственное предприятие «Электрон-Карат», 79031, Львов, ул. Стрийская, 202

² Национальный исследовательский Томский госуниверситет, 634050, Томск, пр. Ленина, 36

³ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, С.Петербург, ул. Политехническая, 26

⁴ Университет ИТМО, 197101, С.Петербург, Кронверкский пр., 49

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

⁶ ИППММ им. Я.С. Пидстригача НАН Украины, 79060, Львов, ул. Научная, 3б

DOI 10.34077/Semicond2019-324

Технология создания p +- n фотодиодов на основе n -Cd_xHg_{1-x}Te с использованием ионной имплантации (ИИ) As, которые позволяют работать при повышенных температурах, является значительно более сложной, чем хорошо отработанная технология создания n +- p фотодиодов на основе p -Cd_xHg_{1-x}Te с помощью ИИ бора. При имплантации As в приповерхностном слое образуются области протяженных (дислокационные петли) и квазиточечных радиационных дефектов, при взаимодействии с которыми междоузельная ртуть формирует два типа донорных дефектов с низкой и средней подвижностью соответственно. Для создания p +- n структуры необходимо проведение так называемого активационного отжига, в результате которого предполагается активировать имплантированную примесь As, аннигилировать радиационные донорные дефекты и восстановить свойства n -базы диода. Для исследования таких процессов проведено исследование влияния различных видов отжигов на свойства имплантированных мышьяком структур.

Исследовались типичные гетерозепитаксиальные структуры n -типа проводимости с варизонными защитными слоями с составом активных слоёв ($x \sim 0.22$, 03), выращенные в разных технологических циклах методом МЛЭ на подложках Si или GaAs. Для исследований использовали вторичную ионную масс-спектроскопию (ВИМС), просвечивающую электронную микроскопию в режиме светлого поля, оптическое отражение в видимой области, электрофизические измерения. Исследовано влияние «стандартного» двухстадийного активационного отжига (~ 360 °C 2–2 часа/ ~ 220 °C –24 часа) при насыщенном давлении паров ртути (АО), отжиг при пониженном давлении паров ртути (ПО), отжиг для приведения образцов к p -типу проводимости в атмосфере гелия (~ 230 °C –22 часа). Ионная имплантация была проведена ионами As⁺ с энергией 190 или 350 кэВ и флюенсом 10^{14} см⁻².

В результате исследований было установлено, что при АО и ПО не наблюдается диффузионного размытия профиля имплантированных ионов As. При АО не выявлено связывания атомов мышьяка на дислокационных петлях и установлено, что активационный отжиг приводит к образованию поверхностного (толщиной порядка величины полного пробега ионов) слоя p -типа проводимости с высокой степенью активации мышьяка. Возможный механизм активации – распад стеклообразных комплексов вида As₂Te₃, в которые мышьяк связывается при имплантации. При ПО в свою очередь, активации As нами обнаружено не было. Показано, что тип проводимости имплантируемого образца (n - или аналогичный p - после ТО) не влияет на характер радиационного дефектообразования (формирование дефектов вида «междоузельная ртуть, захваченная дислокационной петлей»). В результате активационного отжига наблюдалась аннигиляция дислокационных петель и связанных с ними радиационных донорных дефектов, ответственных за появление электронов с низкой подвижностью, а также аннигиляция квазиточечных радиационных дефектов, обуславливавших появление электронов со средней подвижностью. В ряде случаев, АО также может приводить к модификации исходных свойств n -базы, например за счет активации определенных неконтролируемых акцепторных дефектов и изменения степени компенсации носителей заряда.