Восстановление р-типа проводимости HgCdTe после плазмохимического травления при низких температурах

Д.В. Горшков, В.С. Варавин, Г.Ю. Сидоров, В.Г. Ремесник, И.В. Сабина

ИФП СО РАН, Новосибирск, 630090, Лаврентьева, 13

тел: (383)330-89-60, факс: (383)333-27-71, эл. почта: GorshkovDV@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-51

Анизотропное травление кадмий-ртуть-теллур (КРТ) с высоким соотношением глубины к ширине канавки травления, а так же вертикальными стенками необходимо не только для создания мультиспектрального матричного приёмника инфракрасного излучения, но и для изготовления экспериментальных структур по исследования свойств двумерного электронного газа, а так же может быть интересно для изготовления лазеров длинноволнового спектра. Анизотропными являются ионное и плазмохимическое травления. Но в обоих случаях в КРТ наблюдается конверсии материала р-типа на некоторую глубину в п-тип, и образование приповерхностного тонкого слоя п+-типа. В данной работе исследуется влияние температуры образца при плазмохимическом травлении на процесс релаксации параметров образовавшегося п-слоя и обратной конверсии к исходному р-типу КРТ.

В работе использовались образцы ГЭС КРТ МЛЭ с составом $x=0.22$, вакансионного р-типа проводимости с концентрацией дырок $\approx 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Плазмохимическое травление проводилось на установке с генератором индуктивно-связанной плазмы в газовой смеси CH_4 и Ar и при отсутствии разности потенциалов между плазменным облаком и образцом [1]. Температура образцов, в процессе травления, изменялась от -150°C до $+30^\circ\text{C}$, при этом скорость травления изменялась от 40 до 65 нм/мин, соответственно. Сразу после травления на всех образцах наблюдается конверсия типа проводимости из р в п. При выдержке образцов при комнатной температуре происходит релаксация концентрации электронов. В диапазоне температур травления от -150°C до -65°C наблюдалась обратная конверсия в р-тип проводимости с параметрами, близкими к исходным. Время, необходимое для конверсии к исходному р-типу, увеличивается с ростом температуры травления. Измеренные магнетопольные зависимости проводимости и коэффициента Холла, для этих образцов, и их релаксация от времени выдержки при комнатной температуре хорошо описываются с использованием двухслойной модели, содержащей тонкий п-слой на поверхности р-слоя. Подгонкой получены зависимости параметров п-слоя от времени выдержки при комнатной температуре. В диапазоне от -20°C до $+30^\circ\text{C}$ обратной конверсии в р-тип не наблюдается. В образце, травленном при температуре $+30^\circ\text{C}$, в зависимости эффективной концентрации электронов (n_{77}) от времени хранения при комнатной температуре наблюдается два разных характерных времени релаксации: «быстрое» и «медленное». Для образца -20°C наблюдаются только одно время релаксации, медленное.

Наличие релаксации концентрации электронов в литературе объясняется формированием донорных комплексов, образованных захватом на дефектах междоузельной ртути, которая в свою очередь образовалась в процессе травления в приповерхностной области. Существует два типа донорных комплексов «быстрые» и «медленные» отличающиеся временем жизни и энергией захвата. Процесс релаксации концентрации электронов связан с распадом донорных комплексов, высвобождением междоузельной ртути с последующей её диффузией к поверхности и выходом из полупроводника или рекомбинацией с вакансиями ртути. Мы предполагаем, что в процессе травления при температуре $+30^\circ\text{C}$ тепловой энергии достаточно для заполнения обоих типов донорных комплексов. При понижении температуры до -20°C тепловой энергии становится недостаточно для заполнения одного типа донорных комплексов и наблюдается медленная релаксация. При последующем понижении температуры, ниже -65°C , тепловой энергии становится недостаточно для заполнения существенного количества донорных комплексов, а также, уменьшается и концентрация междоузельной ртути в следствии уменьшения скорости диффузии междоузельной ртути, которая становится сравнима со скоростью травления. В результате образовавшейся концентрации междоузельной ртути, недостаточно, чтобы заметно изменить концентрацию вакансий.

Литература

[1] D.V. Gorshkov and etc.// Appl. Phys. Lett. 2020, 116, 082102;