Обратная конверсия типа проводимости HgCdTe после плазмохимического травления при низких температурах

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

ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-441

Для уменьшения размера пикселя и создания мультиспектрального матричного приёмника инфракрасного излучения на основе HgCdTe необходимо анизотропное травление с высоким соотношением глубины к ширине канавки травления. Для этих целей подходит плазмохимическое травление, но в случае HgCdTe имеется недостаток в виде конверсии материала р-типа на некоторую глубину в n-тип, и образование приповерхностного тонкого слоя n⁺-типа. В данной работе исследуется влияние температуры образца при плазмохимическом травлении на процесс обратной конверсии к исходному р-типу HgCdTe и релаксация параметров образовавшегося n-слоя.

Эксперименты проводились на образцах 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 Ag и при отсутствии разности потенциалов между плазменным облаком и образцом (таким образом, отсутствовала ионная составляющая травления). Температура образца 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 n. При последующей выдержке образцов при комнатной температуре происходит релаксация концентрации электронов. В диапазоне температур образца от -150°C до -65°C происходит обратная конверсия в р-тип проводимости с параметрами, близкими к исходным. При этом время, необходимое для конверсии к исходному р-типу, увеличивается с ростом температуры травления. В диапазоне от -20°C до $+30^\circ\text{C}$ обратной конверсии в р-тип не наблюдается.

Измеренные магнетопольные зависимости проводимости и коэффициента Холла R_H и их релаксация от времени выдержки при комнатной температуре хорошо описываются с использованием двухслойной модели, содержащей тонкий n-слой на поверхности р-слоя. С помощью подгонки получены параметры n-слоя в зависимости от времени выдержки при комнатной температуре.

Наблюдаемый после травления n-слой вблизи поверхности, наиболее вероятно, обусловлен образованием донорных комплексов и наличием междоузельной ртути (Hg_i). Донорные комплексы образуются при захвате Hg_i некими ловушками. Процесс релаксации концентрации электронов связан с распадом комплексов, высвобождением Hg_i с последующей диффузией к поверхности и выходом из полупроводника или рекомбинацией с вакансиями ртути. Величина концентрации Hg_i в образце, сразу после травления, зависит от соотношения скорости травления и скорости диффузии Hg_i в объём полупроводника. Предположительно, при низких температурах скорость травления больше скорости диффузии и концентрации Hg_i , образовавшейся в процессе травления, недостаточно, чтобы заметно изменить концентрацию вакансий. С повышением температуры увеличивается коэффициент диффузии Hg_i [1]. При этом скорость травления растёт медленнее, чем скорость диффузии Hg_i . И выше температуры -20°C скорость диффузии существенно превосходит скорость травления. Концентрация Hg_i в образце начинает превосходить концентрацию вакансий, и из-за рекомбинации Hg_i с вакансиями, тип проводимости плёнки КРТ становится электронным за счет фоновых доноров.

Впервые показано, что, при указанном в работе режиме плазмохимического травления и температурах образца ниже -65°C , параметры материала КРТ вакансионного р-типа после травления и выдержки при комнатной температуре в течение нескольких часов возвращаются к исходным.

[1] E. Belas et al., *Journal of crystal growth*, **159**, 1117-1122 (1996).