Анализ вольт-фарадных характеристик МДП-структур с ALD Al_2O_3 на n- и p- $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($x \approx 0,22$) со сверхтонким собственным оксидом

Е.Р. Закиров, В.Г. Кеслер, Г.Ю. Сидоров, Д.В. Горшков, Д.В. Марин, М.В. Якушев

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск

630090, пр. ак. Лаврентьева, 13

эл. почта: erzakirov@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-157

Теллурид кадмия–ртути (КРТ, CdHgTe), используемый для изготовления многоэлементных фотоприемных устройств (МФПУ) с краем поглощения вплоть до дальнего ИК диапазона, а также обладающий перспективой применения и в терагерцовом диапазоне, характеризуется высокой чувствительностью к внешним физическим, химическим и термическим воздействиям. Нарушение структуры поверхности полупроводника и изменение его химического состава при проведении технологических операций по изготовлению приборов приводит к возникновению электрически активных дефектов, ухудшающих характеристики этих приборов. В связи с этим стабилизация и пассивация КРТ являются одним из ключевых технологических процессов при изготовлении МФПУ [1], разработка и развитие которого не прекращается и по сей день [2].

Предложенный метод пассивации CdHgTe заключается в формировании сверхтонкого (~ 2 нм) собственного оксида с последующим низкотемпературным атомно-слоевым осаждением диэлектрика (PE-ALD Al_2O_3) [3]. В данной работе исследуются вольт-фарадные характеристики (ВФХ) МДП-структур, сформированных с использованием этого подхода на узкозонном ($x \approx 0,22$) КРТ n- и p- типов проводимости, как с поверхностным варизонным слоем (ПВС) повышенного содержания CdTe (плавное увеличение до $x \approx 0,42$), так и без него.

Структуры на n- и p- CdHgTe с ПВС обладают близкими к идеальным ВФХ – оценка плотности быстрых поверхностных состояний N_{fss} составила всего $\sim 1 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$ – однако положительный встроенный заряд плотностью $N_{\text{fix}} \sim 3 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ приводит к обогащению поверхности электронами. Гистерезис ВФХ, возникающий при циклической развертке напряжения, обусловлен медленными поверхностными состояниями плотностью $N_{\text{sss}} \sim 1,7 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$.

Химическое удаление ПВС травлением в бром-метаноле (стандартная технологическая операция) приводит к существенному увеличению плотности поверхностных состояний до $\sim 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$. Уменьшение ширины гистерезиса в структурах без ПВС ($N_{\text{sss}} \sim 4,6 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$) объясняется уменьшением диапазона величин поверхностного потенциала, изменяющегося в ходе развертки напряжения, и захватом интегрально меньшего количества носителей состояниями. Если привести величину N_{sss} к ширине запрещенной зоны на поверхности КРТ, то полученное значение $\sim 4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$ будет одинаково для всех типов структур.

Структуры на p- CdHgTe , выращенном без ПВС и окисленном в плазме тлеющего разряда, проявляют электронный тип проводимости, что свидетельствует о его «p-to-n» конверсии. Возможной причиной является разрыв связей Hg–Te в процессе окисления и диффузия образующегося избытка междоузельной ртути, сопровождающаяся «нейтрализацией» вакансий ртути и/или образованием донорных комплексов [4]. Оценка «прироста» доноров $\sim 3\text{--}4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ оказалась близка и для n-, и для p- CdHgTe , выращенного без ПВС. В структурах с ПВС, удаленным химически, такого эффекта не наблюдается, т.е. КРТ, выращенный без ПВС, наиболее чувствителен к воздействиям внешней среды.

Установлено, что в случае окисления p- CdHgTe , выращенного без ПВС, не в плазме тлеющего разряда, а в удаленной плазме ВЧ разряда (реализуется непосредственно в камере PE-ALD перед осаждением диэлектрика) конверсии типа проводимости не происходит, и величина концентрации доноров остается на том же уровне, что и в образцах КРТ с ПВС или с ПВС, удаленным химически. Оценка величин N_{fss} и N_{fix} в таких структурах составила $\sim 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$ и $\sim 1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, соответственно.

Литература

- [1] A. Rogalski. Rep. Prog. Phys. 2005. V.68. P. 2267-2336.
- [2] C. Ailiang et al. Infrared Phys. Technol. 2021. V.114. P. 103667.
- [3] E.R. Zakirov. Semicond. Sci. Technol. 2020. V.35. P. 025019.
- [4] Berchenko et al. Surf. Interface Anal. 2010. V.42. P. 902-905.