Анизотропия проводимости эпитаксиальных плёнок топологического кристаллического изолятора $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$, выращенных на подложках $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$ (013)

А.С. Тарасов¹, Д.В. Ищенко¹, Н.Н. Михайлов^{1,2}, С.А. Дворецкий^{1,3}, Р.В. Менщиков¹, И.Н. Ужаков¹, А.С. Кожухов¹, И.Д. Лошкарев¹, А.Э. Климов^{1,4}, Е.В. Федосенко¹, О.Е. Терещенко^{1,2}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090, проспект Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, ул. Пирогова, 2

³ Томский государственный университет, Томск, 634050, пр. Ленина 36.

⁴ Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, 630073, пр. К. Маркса, 20

тел: +7 (383) 330-36-31, эл. почта: tarasov1916@yandex.com

DOI 10.34077/RCS2021-104

Твёрдые растворы $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ представляют интерес в качестве материала для фотоприёмников ИК и ТГц диапазонов. В последнее время интерес к этому материалу возрос в связи с открытием спин-поляризованных поверхностных состояний (ПС) дираковского типа. Для выделения вклада ПС в транспортные свойства необходимо уменьшать вклад объёмной проводимости. В определенном диапазоне составов x проводимость PbSnTe может быть уменьшена вплоть до полуизолирующего состояния при добавлении In. Объёмная компонента проводимости снижается и при уменьшении толщины образцов, получаемых методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Традиционной подложкой для PbSnTe является BaF_2 . Однако, получение тонких и одновременно достаточно гладких структур $\text{PbSnTe}/\text{BaF}_2$ затруднено из-за того, что рост всегда начинается по островковому механизму. Хорошо согласованные с PbSnTe по параметру решетки альтернативные подложки, например, гетероструктуры $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$ (013), используемые в технологии плёнок CdHgTe , позволяют решить эту проблему.

Целью работы являлась разработка методики очистки поверхности $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$ (013), рост эпитаксиальных плёнок PbSnTe , $\text{PbSnTe}:\text{In}$ и изучение их транспортных свойств. Применение методики получения атомарно-чистой и структурно-упорядоченной поверхности $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$ после ее выдержки в атмосфере позволяет использовать такие структуры для роста PbSnTe и без отдельной ростовой камеры для $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$. За основу взята методика, успешно используемая для соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ и заключающаяся в обработке поверхности в насыщенном парами соляной кислоты изопропиловом спирте (HCl -iPA) с предростовым прогревом подложек в вакууме.

Поверхностный слой CdTe состоит из естественных оксидов, удаляемых при обработке в растворе HCl -iPA с образованием тонкого слоя избыточного теллура. При прогреве в вакууме наблюдалось две стадии изменения поверхности: до 125 °С (десорбция физически адсорбированных продуктов реакции) и до 250 °С (десорбция элементного теллура). При $T > 200$ °С на картине дифракции быстрых электронов наблюдались тяжёлые (1×1) , свидетельствующие о появлении на поверхности дальнего порядка. После получения атомарно-чистой и структурно-упорядоченной поверхности CdTe (013) при $T \approx 250$ °С выращивались плёнки PbSnTe (013) или $\text{PbSnTe}:\text{In}$ (013). Рост начинался по слоевому механизму. На поверхности полученных плёнок наблюдались характерные особенности рельефа в направлении $\langle 110 \rangle$. Исследованы температурные зависимости проводимости плёнок без и при освещении в ИК диапазоне. Обнаружена сильная анизотропия «темновой» проводимости вдоль и поперек направления $\langle 110 \rangle$ (до $3 \cdot 10^1$ - 10^3 раз, пример – на рисунке) и фоточувствительность при протекании тока в направлении $\langle 110 \rangle$.

МЛЭ структур $\text{CdTe}/\text{ZnTe}/\text{GaAs}$ и эллипсометрические измерения проводились при поддержке гранта РФФИ № 18-29-20053. РФЭС исследования и рост плёнок PbSnTe выполнены при поддержке РФФИ и Новосибирской области в рамках № 20-42-543015.