

Гальваномагнитные и термоэлектрические свойства тонких пленок теллурида свинца, легированного натрием

О. С. Водорез, Н. В. Щуркова, Е. И. Рогачева

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина

Развитие нанотехнологий стимулирует исследование материалов, широко используемых в науке и технике в массивном состоянии, в тонкопленочном исполнении.

Кристаллы теллурида свинца хорошо известны как перспективные материалы для использования в термоэлектричестве, ИК-технике, оптоэлектронике и других областях науки и техники [1, 2]. Все более широкое использование тонких пленок, сверхрешеток и других низкоразмерных структур на основе теллурида свинца, необходимость управления концентрацией носителей заряда в этих объектах привлекают внимание к получению и исследованию тонких пленок легированного PbTe.

Основной акцепторной примесью в PbTe, используемой для получения кристаллов теллурида свинца с дырочным типом проводимости, является натрий, введение которого в теллурид свинца позволяет достигать концентраций носителей заряда (дырок) до $1,5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ [1, 2].

Цель настоящей работы — выяснение возможности получения тонких пленок теллурида свинца с дырочным типом проводимости и достаточно высокой концентрацией носителей заряда методом термического испарения в вакууме кристаллов теллурида свинца, легированных натрием, с последующей конденсацией на подложки KCl.

В качестве шихты для изготовления тонких пленок были использованы кристаллы PbTe, легированного натрием (~1 ат.% Na) с концентрацией дырок $9 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Тонкие пленки толщиной 200–400 нм были получены методом термического испарения в вакууме ($\sim 10^{-6}$ Па) на подложки из KCl, нагретые до температуры 520 К. Для защиты от окисления пленки покрывались слоем Al_2O_3 (толщина защитного слоя варьировалась в пределах 10–25 нм) методом электроннолучевого испарения. Измерение толщины пленок и скорости испарения проводились с помощью предварительно откалиброванного кварцевого резонатора. Измерения электропроводности σ и коэффициента Холла R_H проводили стандартным dc методом в магнитном поле 1Тл на пленочных образцах в виде двойного холловского креста с погрешностью, не превышающей $\pm 5\%$. В качестве контактов использовали индий. По значениям R_H рассчитывалась холловская концентрация носителей заряда $p = r/(eR_H)$ в предположении, что холл-фактор равен 1, и холловская подвижность носителей заряда $\mu_H = \sigma R_H$. Измерение коэффициента Зеебека S проводили компенсационным методом относительно меди с точностью $\pm 3\%$. Все измерения проводили при комнатной температуре на свежеприготовленных образцах.

Исследования показали, что все полученные пленки обладали дырочной проводимостью в отличие от пленок, приготовленных из стехиометрического нелегированного PbTe, которые имели электронную проводимость. В исследуемом интервале толщин значения концентрации дырок и значения коэффициента Зеебека практически не зависели от толщины пленок.

Сравнение значений концентрации дырок p и значений коэффициента Зеебека S в массивном кристалле PbTe<Na>, используемом в качестве шихты, и в полученных пленках показало, что в последних значения p достаточно высоки ($p \sim 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$), хотя приблизительно в 3 раза ниже, чем в исходном кристалле, в то время, как значения S — выше.

Полученные результаты показывают, что путем термического испарения в вакууме кристаллов PbTe, легированных натрием, можно получать пленки теллурида свинца с дырочным типом проводимости и достаточно высокой концентрацией носителей заряда.

1. D. M. Rowe, *CRC Handbook of Thermoelectrics* (Boca Raton, Florida: CRC, 1995).
2. Ю. И. Равич, Р. А. Ефимова, И. А. Смирнов, *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS* (Москва: Наука, 1968).