

Гальваномагнитные свойства тонких пленок висмута, легированного теллуром

Д. С. Орлова, Е. И. Рогачева

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

Полуметалл висмут благодаря своим уникальным электронным свойствам (аномально высокие значения подвижности и средней длины свободного пробега, малая эффективная масса и др.) является чрезвычайно удобным объектом для изготовления низкоразмерных структур и наблюдения квантовых размерных эффектов [1]. Несмотря на огромное количество работ, посвященных исследованию кристаллов и тонких пленок висмута, кинетических свойств висмута особенно в тонкопленочном состоянии вновь интенсивно исследуются, что обусловлено как продолжающимся развитием нанотехнологий в целом, так и возникшими перспективами повышения термоэлектрической эффективности в низкоразмерных структурах на основе Bi [2].

Теллур принадлежит к числу основных донорных примесей в Bi, введение которой позволяет управлять концентрацией электронов и, соответственно, гальваномагнитными, термоэлектрическими и другими свойствами. Насколько нам известно, действие примеси теллура на свойства висмута в тонкопленочном состоянии не исследовалось.

Цель настоящей работы — изучить возможность получения пленок легированного теллуром висмута методом термического испарения исходной шихты заданного состава и исследовать влияние примеси Te на гальваномагнитные свойства тонких пленок Bi.

Пленки, толщиной $d = 150$ нм, получали методом термического испарения шихты $\text{Bi}_{99,5}\text{Te}_{0,5}$ из вольфрамовых лодочек в безмасляном вакууме ($10^{-5} \div 10^{-6}$ Па) и последующей конденсации на поверхность (111) слюды, находящейся при температуре 380 К. Скорость роста пленки составляла 0,1–0,3 нм/сек. Толщины пленок измерялись с помощью предварительно откалиброванного кварцевого резонатора. Исходный поликристалл $\text{Bi}_{99,5}\text{Te}_{0,5}$ синтезировали методом прямого сплавления Bi и Te высокой степени чистоты (99,999%) в эвакуированных кварцевых ампулах.

Измерения коэффициента Холла R_H , магнетосопротивления $\Delta\rho/\rho$ и электропроводности σ проводили при комнатной температуре методом постоянного магнитного поля и постоянного тока через образец. В качестве контактов использовали серебряную пасту. Погрешность измерений R_H и σ не превышала $\pm 5\%$. Холловская подвижность электронов μ определялась по формуле $\mu = R_H\sigma$.

Установлено, что тонкие пленки Bi, легированного теллуром, так же как и исходный кристалл $\text{Bi}_{99,5}\text{Te}_{0,5}$ обладали электронным типом проводимости, значит, донорное действие примеси Te в висмуте, установленное для объемных кристаллов $\text{Bi}_{99,5}\text{Te}_{0,5}$ [3], реализуется и в тонкопленочном состоянии. Показано, что концентрация электронов в тонких пленках висмута, легированного теллуром, несколько выше, чем в исходной шихте, то есть в тонкопленочном состоянии происходит более глубокое легирование висмута теллуром, чем в объемном. В то же время подвижность носителей заряда (электронов) в пленках уменьшается в ~5 раз по сравнению с объемным кристаллом, что естественно связать как с ростом концентрации электронов, так и с увеличением вклада поверхностного рассеяния.

Построены зависимости гальваномагнитных свойств пленок висмута, легированного Te, от величины магнитного поля в интервале полей 0.1–1.0 Тл. Установлено, что магнетосопротивление $\Delta\rho/\rho$ изменяется с полем по закону, близкому к квадратичному, а коэффициент Холла R_H остается постоянным при изменении величины магнитного поля. Наблюдаемый характер зависимости $\Delta\rho/\rho(B)$ и $R_H(B)$ указывает, что для пленок Bi, легированного Te, магнитное поле вплоть до значений $B \approx 1$ Тл можно считать слабым.

Из полученных данных следует, что можно осуществлять глубокое легирование висмута теллуром в тонкопленочном состоянии, используя метод термического испарения в вакууме кристаллов висмута, легированного теллуром. Проведенное сравнение свойств исходных кристаллов со свойствами полученных пленок висмута, легированного Te, может быть использовано при изготовлении низкоразмерных структур на основе висмута с контролируемой концентрацией электронов.

1. Л. А. Фальковский, *УФН*, **94**, № 1: 3 (1968).
2. M. S. Dresselhaus et al. *Semiconductors and Semimetals: Recent Trends in Thermoelectric Materials Research III* (San Diego, CA: 'Academic Press', 2001).
3. Д. С. Орлова, Е. И. Рогачева, *Новые технологии*, **19**, № 1: 52 (2008).