Химическая и структурная трансформация топологического изолятора BiSbTeSe_2 при осаждении Co

Кавеев А.К.¹, Сутурин С.М.¹, Голяшов В.А.², Терещенко О.Е.², Кох К.А.³

¹ ФТИ им. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

² ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

³ ИГМ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3

DOI 10.34077/Semicond2019-494

В настоящее время новый класс материалов - топологических изоляторов – является привлекательным с точки зрения применения в спинтронике [1]. Исследования свойств границы раздела между ферромагнитным металлом и топологическим изолятором имеют большое значение для обеспечения контролируемого взаимодействия топологических состояний и намагничивания, что перспективно для разработки устройств спинтроники, основанных на управлении током через топологические состояния. Авторами изучена химическая и структурная трансформация верхнего слоя BiSbTeSe_2 (далее BSTS2) при осаждении Co методом лазерной молекулярно-лучевой эпитаксии при температуре 330°C. Для анализа кристаллической структуры слоя был использован разработанный авторами [2] метод трехмерного картографирования обратного пространства с помощью ДБЭ. Выявлено, что на поверхности BSTS2(0001) образуется структурно упорядоченная пленка, по своей структуре и составу отличная от основной подложки. Данная пленка состоит из трех структурных доменов, повернутых на угол 120° друг относительно друга (Рис. 1 - морфология поверхности образца, полученная методом АСМ). Каждый из этих доменов имеет примитивную орторомбическую структуру с параметрами решетки $a = 4.99$, $b = 5.86$, $c = 3.66$ Å. Наиболее близкое совпадение с наблюдаемым набором дифракционных рефлексов дается решеткой CoSe_2 ($a = 4.896$ Å, $b = 5.821$ Å, $c = 3.663$ Å, пространственная группа № 58 Pmnn). Другим аналогичным соединением, имеющим такую же пространственную группу, является CoTe_2 ($a = 5.301$ Å, $b = 6.298$ Å, $c = 3.882$ Å). Это соединение дает идеальное совпадение для пропорции $a:b:c$, но менее хорошо подходит по величинам параметров решетки. Разумно предположить, что в рассматриваемом случае за счет растворения Co и химической реакции образуется соединение $\text{CoTe}_x\text{Se}_{2-x}$ с параметрами решетки, промежуточными между параметрами CoTe_2 и CoSe_2 , но близкими к параметрам CoSe_2 , с учетом избытка Se по сравнению с Te в подложке BSTS2. Были определены эпитаксиальные соотношения: $[100] \text{CoTe}_x\text{Se}_{2-x} \parallel [001] \text{BSTS2}$; $[001] \text{CoTe}_x\text{Se}_{2-x} \parallel \langle 0-10 \rangle \text{BSTS2}$. Измерения методом фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением показали, что электронная структура дираковских состояний сохранялась до покрытий Co более 3 Å. Более простой случай химической модификации металлами рассмотрен в работе [3], где проанализировано изменение химического состава верхнего слоя Bi_2Se_3 , изоструктурного к BSTS2, при осаждении различных металлов, в том числе Co, с образованием CoSe_2 в верхнем слое. Вместе с тем, в нашей работе был создан новый объект, представляющий собой проводящую пленку на основе Co на поверхности более сложно по химическому составу топологического изолятора. Работа поддержана проектом РФФИ 17-17-02-00729.

Рис.1. – Морфология поверхности модифицированного кобальтом слоя BSTS2.

[1] J. Sanchez-Barriga et al., Nat. Comm., 7, 10559, (2016).

[2] S. M. Suturen, et al., J. Appl. Crystallogr., 49, 1532 (2016).

[3] L. A. Walsh, et al., J. Phys. Chem. C, 121, 23551 (2017).