

СПЕКТР НАПРАВЛЕННОГО ПРОПУСКАНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $Bi_2Se_3<Se>$ С.Р. АЗИМОВА, И. КАСЫМОГЛЫ, Н.А. АБДУЛЛАЕВ, Н.М. АБДУЛЛАЕВ,
К.Ш. КАХРАМАНОВ*Институт Физики им Г.М. Абдуллаева НАН Азербайджана, Баку*
sevinc_azimova_82@mail.ru

В докладе рассмотрены оптические процессы на поверхности тонких пленок Bi_2Se_3 и их спектры пропускания.

Особенностью зарождения новой фазы на поверхности подложек из $A_2^V B_3^{VI}$ по сравнению с гомогенным образованием являются различные дефекты: точечные и линейные.

Слоистые соединения $A^5_2 B^6_3$ и твердые растворы с Bi_2Se_3 широко используются в качестве материалов для термоэлектрических преобразователей энергии. Основная структурная единица этих соединений - пятислойный блок, который состоит из чередующихся одноатомных плоскостей висмута и халькогена $Te(Se)-Bi-Te(Se)-Bi-Te(Se)$. Внутри блока атомы соединены между собой прочными ковалентными связями, а между блоками действуют силы Ван-дер-Ваальса. Параметры кристаллической решетки для Bi_2Se_3 составляли: $a = 4.147 \text{ \AA}$, $c = 28.681 \text{ \AA}$. В последнее время возрос интерес к их исследованиям, поскольку объединение на микроскопическом уровне металлических и полупроводниковых слоев может приводить к появлению кристаллов с новыми электронными свойствами.

В [1] рассмотрены магнитные свойства монокристаллов Bi_2Se_3 , интеркалированных кобальтом в постоянном магнитном поле. Показано, что внедрение кобальта в Bi_2Se_3 сопровождается изменением кристаллографических параметров в зависимости от наличия магнитного поля в процессе интеркалирования, а структурный тип исследуемых образцов остается неизменным.

В [2,3] показано, что при интеркалировании $A^5_2 B^6_3$ атомами металлов (Cu, Ag, Ni) вдоль плоскости слоев (0001) происходит накопление, перераспределение и образование нанофрагментов интеркалянта в межслоевом пространстве, т. е. появляется дополнительный слой на фрагментах внедряемого металла в кристаллической решетке.

Внедрение кобальта в Bi_2Se_3 вызывает появление в интеркалатах ($Co_{0.15}Bi_2Se_3$) магнитных свойств, которые проявляются в зависимости магнитного момента от напряженности магнитного поля, имеющего форму петель гистерезиса. Предполагается, что данный факт обусловлен образованием нановключений (кластеров) Co в месте вакансий Se на поверхности (0001) Bi_2Se_3 . Наложение магнитного поля в процессе интеркалирования соединений $A^5_2 B^6_3$ кобальтом влияет на процессы формирования и роста нановключений Co и приводит к возникновению магнитного обменного взаимодействия между ними (коллективный ферромагнетизм магнитных кластеров внедряемой

примеси). Было обнаружено что рост пленки является самоорганизующимся процессом: ее толщина равна целому числу чередующихся пятикратных слоев $Bi-Se$ вдоль оси c .

Измерения коэффициента отражения проведены по методике изложенным в [4].

Целью работы [5] являлось исследование пленки Bi_2Se_3 , осажденной на подложку (111) Si , методами отражения света при нормальном падении и нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в диапазоне $30-2000 \text{ см}^{-1}$ при 293 K . Особый интерес представляла изучение распределения концентрации носителей по толщине пленки.

Экспериментально наблюдались поверхностные поляроны и волноводные моды в пленке топологического изолятора Bi_2Se_3 . Оптическим методом продемонстрирована неоднородность распределения концентрации носителей в пленке Bi_2Se_3 . Из спектров НПВО определена дисперсия поверхностных поляронов и волноводных мод [5].

Поверхности даже идеальных кристаллов, имеющие *небольшое* отклонение от плотноупакованной ориентации, являются ступенчатыми, поверхностными вакансиями, выходом дислокаций, межзеренными границами и наноструктурами. Наноструктуры служат ориентирующими центрами при росте пленок и являются рассеивающими центрами света. Поверхность вносит существенное разнообразие в механизмы роста зародышей. На поверхности различают следующие основные способы миграции атомов и распространения энергии:

- трехмерная или объемная диффузия атомов и трехмерный отвод тепла;
- одномерная диффузия атомов вдоль ступеней подложки.

В этой работе целью, являлось определение коэффициента пропускания в $Bi_2Se_3<Se>$ в области λ (300-900) в зависимости от толщины пленки (150-50) nm .

Монокристаллы Bi_2Se_3 выращивали методом Бриджмена из компонент в стехиометрическом соотношении. Полученные кристаллы кристаллизировались в слоистую структуру, слои которой перпендикулярны оси симметрии третьего порядка и обладали ромбоэдрической структурой с пространственной группой $D^5_{3d}(R3m)$.

Образцы для исследований получали из монокристаллических слитков простым скалыванием вдоль плоскости слоев (0001).

Электронно-микроскопические изображения получали на АСМ марки ИС-AFM.

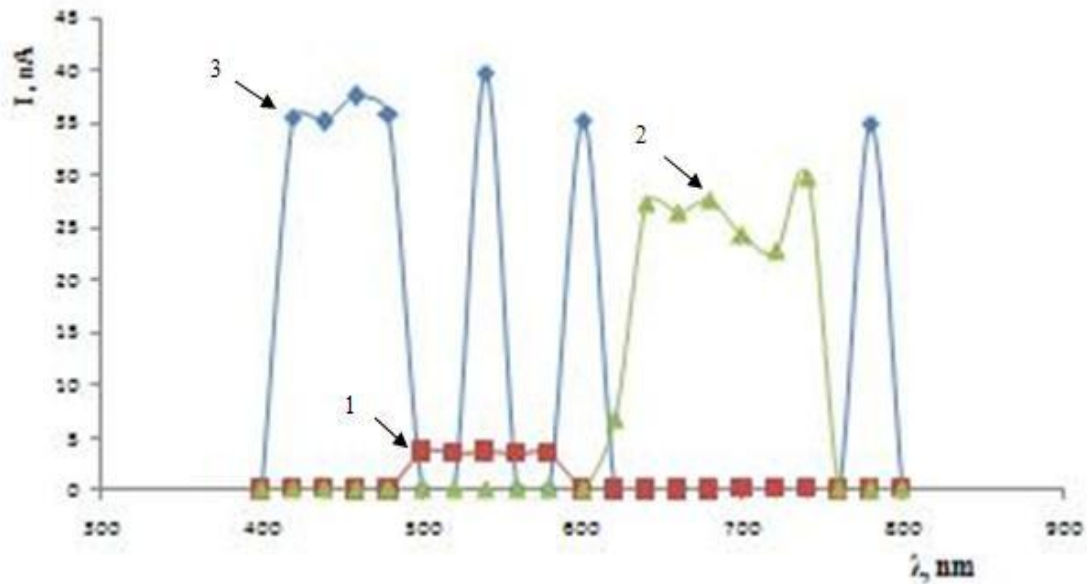


Рисунок. Зависимость спектров от толщины пленки: 1 - Bi_2Se_3 150 nm; 2 - Bi_2Se_3 100 nm; Bi_2Se_3 50 nm

Рентген - дифракционные (РД) исследования проводились на установке марки Philips Panalytical. Приготовление поверхности путем скола специальными инструментами осуществлялось вдоль базисной плоскости (0001). Для всех легированных образцов помимо АСМ - изображения поверхности (0001) $\text{A}_2\text{V}_3\text{B}_3^{\text{VI}}$ в 3D масштабе, исследованы АСМ - изображения в 2D масштабе, функции распределения наночастиц с одинаковыми размерами, плотность распределения нанофракталов на поверхности (0001) по высоте.

Экспериментальные результаты представлены на рисунке. В монокристаллах $\text{Bi}_2\text{Se}_3\langle\text{Se}\rangle$ между слоями

$\text{Te}^{(1)}\text{-Te}^{(1)}$ получены наноструктуры, имеющие наноразмеры 5-20 nm и влияющие на коэффициент пропускания в длинноволновой области λ (750 ÷ 900nm).

ВЫВОД: Показано, что в зависимости от толщины пленки в области длин волн от 150 nm до 50 nm увеличивается коэффициент направленного пропускания света направленного перпендикулярного плоскости пленки.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки Президенте Азербайджанской Республики - Грант № EIF/MQM/Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/16/1

- [1] В.Б. Боледзюк, З.Д. Ковалюк, З.Р. Кудринский, А.Д. Шевченко. Структурные характеристики и магнитные свойства монокристаллов $\text{A}_2\text{V}_3\text{B}_3$, интеркалированных кобальтом, Журнал технической физики, 2015, том 85, вып. 11, с. 86-90
- [2] С.Ш. Кахраманов // Неорган. матер. 2008. Т. 44, № 1, С. 17-25
- [3] Ф.К. Алескеров, С.Ш. Кахраманов // Неорган.

- матер.2009. Т. 45. № 9. С.1049-1054
- [4] М. Гарбуни, Физика оптических явлений (перевод с англ. В. И. Проскуряковой) "Энергия" Москва, 1967, с. 496
- [5] Н.Н. Новикова, В.А. Яковлев, И.В. Кучеренко, Спектры инфракрасного отражения и нарушенного полного внутреннего отражения топологического изолятора Bi_2Se_3 , Письма в ЖЭТФ, том 102, вып. 4, с. 74-256, (2015)