Упругие и оптические свойства топологических изоляторов

 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1-y}\text{Se}_y$: Роль объемных дефектов

Жевстовских И.В.¹, Аверкиев Н.С.², Гудков В.В.³, Сарычев М.Н.³, Поносов Ю.С.¹,
Кузнецова Т.В.¹, Кох К.А.⁴, Терещенко О.Е.⁵

¹ ИФМ УрО РАН, 620137, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18

² Иоффе Институт, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

³ Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

⁴ Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3

⁵ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-493

В четверных соединениях $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1-y}\text{Se}_y$, характеризующихся одновременным наличием поверхностных состояний проводимости и объемной запрещенной зоны, для значений $(x, y) = (0.5, 1.3)$ реализуется максимальная компенсация электронов и дырок [1]. Большая энергетическая щель $E_g \sim 300$ meV и малый вклад от объемных носителей в кристалле $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.8}\text{Se}_{0.2}$ делают его наиболее подходящим кандидатом для генерации эффективного спин-поляризованного тока [2]. Объемно-изолирующее поведение в $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1-y}\text{Se}_y$ достигается введением двух преобладающих типов заряженных дефектов: вакансий Se и дефектов замещения (Bi,Sb)/Te. Однако, в процессе роста могут образоваться и другие дефекты, случайное распределение которых в кристалле трудно контролировать, но их присутствие может влиять на положение уровня Ферми и изменять проводящие свойства этих соединений не только в объеме, но и на поверхности.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования упругих и оптических свойств монокристаллов $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1-y}\text{Se}_y$ в широкой области температур 4-360 К, которые выявили наличие точечных дефектов низкой симметрии. На температурной зависимости поглощения продольной ультразвуковой волны, распространяющейся вдоль базисной оси в кристалле $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.8}\text{Se}_{0.2}$, вблизи 200 К был обнаружен пик (Рис. 1) и смягчение упругого модуля c_{33} . Рамановские спектры, полученные на том же самом образце в различной поляризационной геометрии, показали наличие дополнительной колебательной моды на частоте 125 cm^{-1} , ширина линии этой моды значительно (на 30 cm^{-1}) возрастала с ростом температуры, а частота резко падала вблизи 200 К (Рис. 1). Обнаруженная корреляция аномального поведения упругих и оптических свойств указывала на общую природу, а их характер - на проявление беспорядка, вызванного наличием объемных дефектов низкой симметрии, обсуждаются возможные типы таких дефектов [3]. Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России № АААА-А18-118020190098-5.

Рис.1. – Пик поглощения продольных ультразвуковых волн, распространяющихся вдоль тригональной оси на частоте 54 МГц, и положение пика локальной фононной моды с $f = 125.5 \text{ cm}^{-1}$ в кристалле $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.8}\text{Se}_{0.2}$.

[1] Zhi Ren, A.A.Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando. *Phys. Rev. B* **84**, 165311 (2011).

[2] M.V. Filianina, I.I. Klimovskikh, I.A.Shvets, A.G. Rybkin, A.E. Petukhov, E.V.Chulkov, V.A. Golyashov, K.A. Kokh, O.E. Tereshchenko, C. Polley, T. Balasubramanian, M. Leandersson, A.M. Shikin. *Materials Chem. and Phys.* **207**, 253 (2018).

[3] I.V. Zhevstovskikh, Y.S. Ponomov, S.G. Titova, N.S. Averkiev, V.V. Gudkov, M.N. Sarychev, T.V. Kuznetsova, K.A. Kokh, O.E. Tereshchenko. *Phys. Status Solidi B* **255**, 1800264 (2018).