Рост Ван-дер-Ваальсовых материалов на Si(111)

Д.В. Ищенко, И.О. Ахундов, А.С. Кожухов, Н.П. Стёпина, А.С. Тарасов, Е.В. Федосенко,
О.Е. Терещенко

*Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск,
630090, проспект Лаврентьева, 13*

тел: +7 (383) 330-66-31, эл. почта: ischenkod@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-96

Бинарные соединения Bi_2Te_3 , Bi_2Se_3 и Sb_2Te_3 являются классическими примерами трехмерных (3D) топологических изоляторов (ТИ). Одной из возможных областей практического применения этих материалов является детектирование терагерцового излучения [1]. Однако, халькогениды висмута и сурьмы – это материалы с высокой проводимостью, обусловленной легированием собственными дефектами, что затрудняет исследования поверхностных топологических состояний. Так, в Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 избыток металла занимает узлы решетки Те и действует как легирующая примесь р-типа. Поэтому, чтобы осуществить исследования транспортных свойств ТИ, связанные с их топологическими поверхностными состояниями, необходимо уменьшить вклад объемных состояний в проводимость. Одним из вариантов решения данной проблемы является рост твердых растворов тройных и четверных соединений. Так в работе [2] было показано, что электрофизические свойства соединения $(\text{Bi}_x\text{Sb}_{1-x})_2(\text{Se}_y\text{Te}_{1-y})_3$ (BSTS) зависят от содержания компонент. Авторы работы [3] провели систематическое исследование транспортных свойств BSTS в широком диапазоне составов. Они построили зависимость удельного сопротивления от содержания сурьмы и селена в растворе и наибольшее удельное сопротивление, которые были ими достигнуто в объемных кристаллах с $x = 0.54$ и $y = 1.2$ составляло $\rho = 12.6 \text{ } \Omega \cdot \text{см}$ и концентрацией носителей $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Стоит отметить, что подавляющее большинство работ, относятся либо к объемным кристаллам, либо выращенных газозаводными методами. При этом работ, по росту BSTS методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) очень мало, например, [4], причем они относятся к последним нескольким годам.

Таким образом проблема эпитаксии ван-дер-Ваальсовых материалов BSTS является актуальной задачей. Согласно литературным данным, качество полученных плёнок сильно зависит как от качества поверхности подложки, так и от начальных этапов роста. Как правило, на начальном этапе роста в качестве затравочного слоя используется бинарное соединение Bi_2Se_3 или Bi_2Te_3 (BT). На рисунке представлено АСМ изображение $1 \times 1 \text{ мкм}^2$ поверхности плёнки BT толщиной 5 – 7 нм, полученной методом МЛЭ. Профиль сечения, указанный на рисунке, показывает, что высота ступеней растущей пленки составляет 1 нм, что соответствует одному пятиатомному слою Bi_2Te_3 . Видно, что подобранные параметры роста оптимальны или близки к ним.

В настоящее время на таких подложках получены эпитаксиальные плёнки BSTS и проведены измерения транспортных и магнитных свойств. В дальнейшем планируются исследования фотоэлектрических свойств в терагерцовой области спектра.

Литература

- [1] L. Viti et.al. // NanoLett. 2016. No. 16. P.80-87.
- [2] Teramoto, S. Takayanagi // J. Phys. Chem. Solids. 1961. Vol. 19, No. 1/2 P. 124-129.
- [3] Z. Ren, A.A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando, Phys. Rev. B. 2011. Vol. 84, P. 165311.
- [4] T. Mayer et.al. Phys. Rev. Mat. 2021. Vol.5. P. 014202.