

РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК Bi_2Se_3

Доможирова А.Н.^{1*}, Чистяков В.В.², Huang J.C.A.³, Марченков В.В.^{1,2}

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

³⁾ National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

*E-mail: a.n.domozhirova@mail.ru

SIZE EFFECT IN THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF THIN FILMS Bi_2Se_3

Domozhirova A.N.^{1*}, Chistyakov V.V.², Huang J.C.A.³, Marchenkov V.V.^{1,2}

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Metals Physics, Yekaterinburg, Russia

Temperature dependence of the electrical resistivity for thin films of topological insulator Bi_2Se_3 with thicknesses of 10, 20, 30, 40 and 50 nm were measured in the temperature range from 4.2 to 300 K. Size effect, i.e. a linear dependence of the resistivity on the film inverse thickness, was found.

Исследования топологических изоляторов (ТИ) связаны с перспективами их применения в различных практических приложениях наноспинтроники и наноэлектроники.

ТИ – это материалы, которые в объеме являются обычными изоляторами, но имеют устойчивые проводящие состояния на поверхности. Эти состояния возникают в результате спин-орбитального взаимодействия и защищены симметрией обращения времени [1].

Таким образом, в таких материалах должно наблюдаться неоднородное распределение плотности электрического тока по объему проводника (по площади поперечного сечения). Подобный эффект, т.е. неоднородное протекание электрического тока по сечению проводника, наблюдается в чистых металлах в условиях статического скин-эффекта (ССЭ) [2]. При этом в работе [2] наблюдали размерный эффект (РЭ) в проводимости σ для чистых монокристаллов вольфрама в сильных магнитных полях в условиях ССЭ.

По-видимому, РЭ должен наблюдаться и в электросопротивлении ТИ, в частности, в тонких пленках ТИ Bi_2Se_3 . Поэтому были синтезированы тонкие пленки Bi_2Se_3 с толщинами d : 20, 30, 40, 50 и 75 нм, с целью поиска и изучения РЭ в электросопротивлении.

Измерения температурных зависимостей электросопротивления ρ для тонких пленок ТИ Bi_2Se_3 проводились общепринятым 4-контактным способом на постоянном токе в интервале температур от 4.2 до 300 К.

Используя результаты работы [2] легко показать, что удельную проводимость $\sigma = \rho^{-1}$ топологического изолятора можно записать в виде:

$$\sigma \approx \sigma_{нов.} \cdot \frac{\delta}{d} + \sigma_{об.}; \quad (1)$$

где $\sigma_{нов.}$ – поверхностная проводимость, $\sigma_{об.}$ – объемная проводимость, δ – толщина приповерхностного слоя, d – толщина пленки.

В качестве примера на рисунке 1 представлена зависимость удельной проводимости от обратной толщины образца при температуре 78 К.

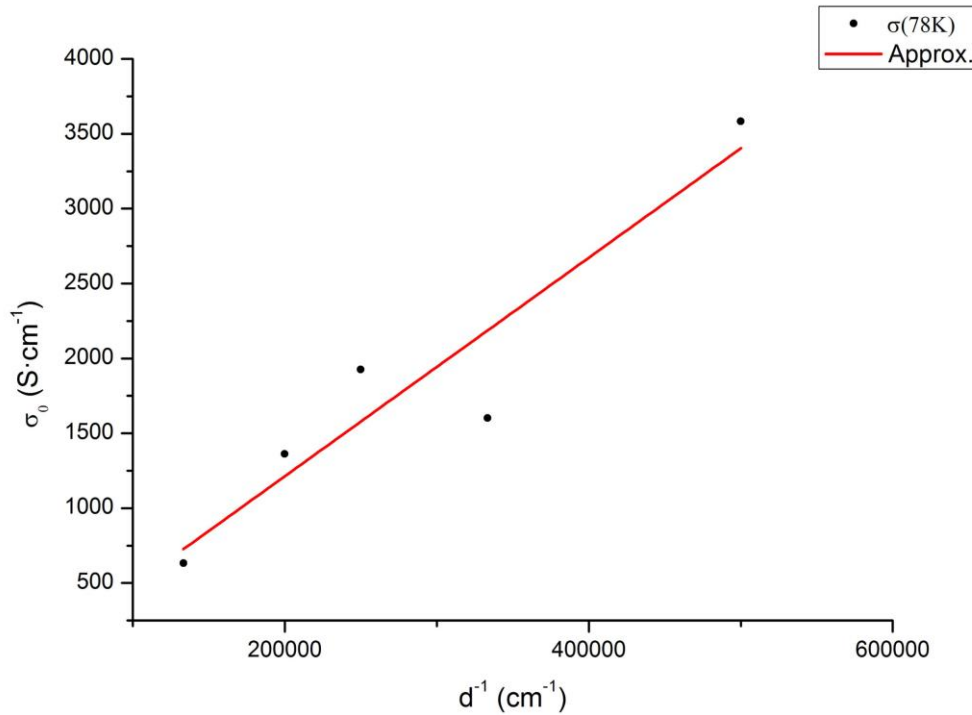


Рис. 1. Зависимость удельной проводимости тонких пленок ТИ Bi_2Se_3 от обратной толщины образцов при температуре 78 К.

Видно, что выражение (1) хорошо выполняется, т.е. наблюдается линейная зависимость удельной проводимости от толщины пленки:

$$\sigma = f(d^{-1}). \quad (2)$$

Полученный результат может быть использован для оценки объемной и поверхностной проводимости в топологических изоляторах.

1. Hasan M. Z., Kane C. L., Topological Insulators, Reviews of Modern Physics, 82, 3045 (2010).
2. Marchenkov V. V., Weber H. W., Size Effect in the High-Field Magnetoconductivity of Pure Metal Single Crystals, Journal of Low Temperature Physics, 132, 135 (2003).