

Эффект Холла в наноразмерной пленке моносилицида железа

Н. В. Медведева, Д. Б. Мигас

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

В данной работе проведен анализ и обработка экспериментальных данных по измерению удельного сопротивления, магнитосопротивления и коэффициента Холла наноразмерной пленке моносилицида железа толщиной 3,8 нм. На основе результатов измерений коэффициента Холла и удельного сопротивления проведены расчеты компонентов тензора проводимости и установлены закономерности влияния на них напряженности магнитного поля. Представлены возможные механизмы для объяснения полученных результатов по измерению эффекта Холла.

Ключевые слова: моносилицид железа, коэффициент Холла, тензор проводимости, магнитосопротивление.

Синтез и исследование свойств наноразмерных пленок моносилицида железа FeSi актуально для поиска новых материалов в области спинтроники и наноэлектроники. Проблема наведенного магнетизма в наноструктурах, созданных на основе моно- и дисилицидов железа привлекает большое внимание экспериментаторов и теоретиков [1]. В этой связи важны исследования транспортных свойств наноразмерных пленок моносилицида железа, в том числе магнитосопротивления и проявления эффекта Холла. В данной работе проведен анализ и обработка экспериментальных данных по измерению удельного сопротивления, магнитосопротивления и коэффициента Холла наноразмерной пленки моносилицида железа толщиной 3,8 нм. Температурные зависимости магнитосопротивления при фиксированных напряженностях магнитного поля носят немонотонный характер. Они характеризуются одним максимумом в области 100–150 К. Измеренные температурные зависимости коэффициента Холла при различных напряженностях магнитного поля говорят о том, что его величина также экстремально зависит от температуры. Характерные величины коэффициента Холла лежат в области 0,02–0,5 см³/Кл, а его знак положительный. Это говорит о том, что основными носителя заряда являются дырки, а изменение в 5 раз в области $T=50\text{--}100$ К обуславливается по всей видимости резким изменением концентрации носителей заряда. Также из экспериментальных данных следует что коэффициент Холла зависит от напряженности магнитного поля, что указывает на наличие или аномального эффекта Холла, или на существование вклада в проводимость также и носителей заряда противоположного знака (электронов). Измерения Холла обычно используются для определения электротранспортных свойств материалов. В этих экспериментах измеряют удельное сопротивление $\rho(H)$ и коэффициент Холла R_H , которые связаны с компонентами электропроводности соотношениями [2]

$$\rho(H) = \left[\frac{\sigma_{xx}(H)}{[\sigma_{xx}^2(H) + \sigma_{xy}^2(H)]} \right], \quad (1)$$

$$R_H(H) = - \left(\frac{1}{H} \right) \left[\frac{\sigma_{xy}(H)}{[\sigma_{xx}^2(H) + \sigma_{xy}^2(H)]} \right], \quad (2)$$

где H — напряженность магнитного поля, σ_{xx} — продольная проводимость, σ_{xy} — холловская (поперечная) проводимость. С помощью (1), (2) были рассчитаны компоненты тензора проводимости в магнитном поле. На рис.1 приведены рассчитанные из экспериментальных данных по измерению удельного сопротивления и коэффициента Холла зависимости продольной и поперечной проводимости от напряженности магнитного поля при различных температурах. Как можно видеть, наблюдается снижение продольной

проводимости с ростом магнитного поля и ее немонотонный характер с ростом температуры. В зависимости от температуры величина продольной проводимости меняется более существенно, достигая почти 3 раз. Максимум приходится на температуры 100–150 К. Зависимость холловской проводимости от температуры является немонотонной с одним максимумом. Существенный рост поперечной проводимости приходится на температурный диапазон 100–150 К, когда ее изменение в магнитном поле достигает 2–2,5 раза. При температуре 50–70 К ее величина почти не меняется, а при 250 К увеличивается почти в 2 раза, но в области 12–25 См/см.

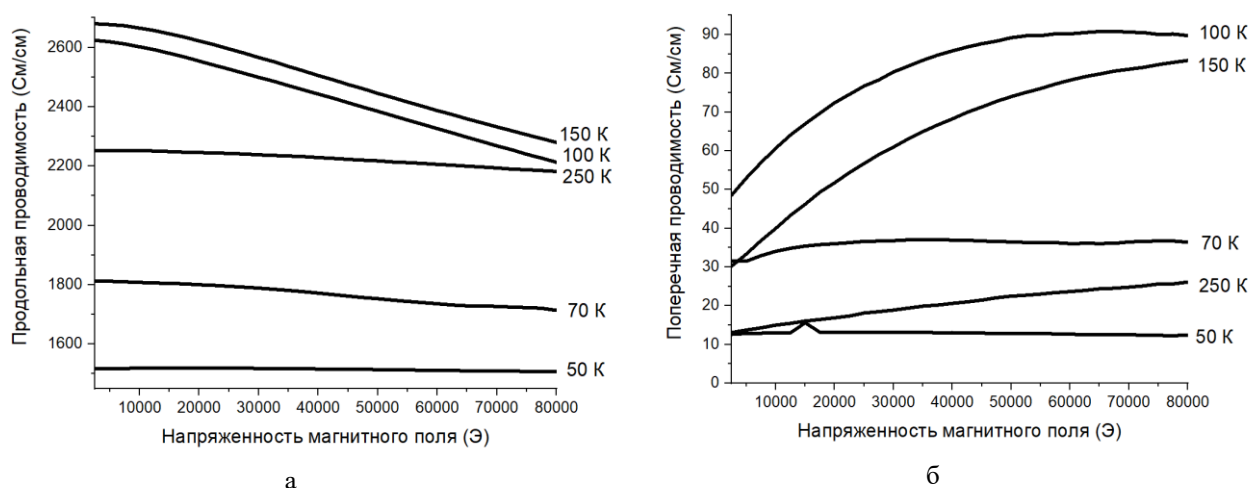


Рис. 1. Зависимости продольной (а) и поперечной (б) проводимости от напряженности магнитного поля моносилцида железа толщиной 3,8 нм

Полученные результаты говорят о том, что пленки моносилцида железа показывают нетривиальные транспортные свойства, связанные по всей видимости с проявлением различных спин-зависимых механизмов рассеяния носителей заряда, в том числе, возможно, эффекта Кондо, слабой локализации на фоне влияния спин-орбитального взаимодействия, индуцированного магнитными атомами железа. Проявление эффекта Кондо может быть связано со спин-зависимым рассеянием на атомах железа. Проявление слабой локализации состоит в росте сопротивления, что и наблюдается. Однако приложение магнитного поля с такой напряженностью обычно приводит к подавлению эффекта слабой локализации и возникновению слабой антилокализации (отрицательное магнитосопротивление). Однако экспериментально это не зафиксировано, а наоборот, магнитное поле приводит к росту сопротивления. В связи с тем, что в данном случае нормальный эффект Холла отсутствует, из-за наличия зависимости коэффициента Холла от магнитного поля, то предполагается, что в данном случае существенен вклад спин-орбитального взаимодействия, которое как раз и ведет к сохранению слабой локализации в магнитном поле. Данный эффект связан с процессом спин-орбитального рассеяния носителя заряда

Список источников

- [1] **Liang, S.** Magnetic iron silicide nanowires on Si(110) / S. Liang, R. Islam, D. J. Smith, P. A. Bennett, J. R. O'Brien, B. Taylor // *Applied Physics Letters*. — 2006. — Vol 88. — № 11. — P. 113111(3pp.). — DOI: 10.1063/1.2185610.
- [2] **Beck, W. A.** Determination of electrical transport properties using a novel magnetic field dependent Hall technique / W. A. Beck, J. R. Anderson // *Journal of Applied Physics*. — 1987. — Vol 62. — № 2. — P.541-554. — DOI: 10.1063/1.339780.