

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ Au/SiO<sub>2</sub> + Co (65 ат. %)/GaAs МЕТОДОМ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ

*В. А. Уклеев<sup>а,б</sup>, Н. А. Григорьева<sup>б</sup>, А. А. Воробьев<sup>в</sup>,  
С. В. Григорьев<sup>г</sup>, Л. В. Луцев<sup>д</sup>, Е. А. Дядькина<sup>е</sup>,  
Д. Лотт<sup>е</sup>, А. И. Стогний<sup>ж</sup>, Н. Н. Новицкий<sup>ж</sup>*

<sup>а</sup> Академический физико-технический университет РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>б</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>в</sup> ESRF, Гренобль, Франция

<sup>г</sup> Петербургский институт ядерной физики, Санкт-Петербург, Россия

<sup>д</sup> Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>е</sup> Исследовательский центр GKSS, Гестхат, Германия

<sup>ж</sup> Институт физики твердого тела и полупроводников, Минск

Методом рефлектометрии поляризованных нейтронов были изучены гранулированные пленки Au/SiO<sub>2</sub> + Co (60 ат. %)/GaAs, обладающие эффектом гигантского инжекционного магнитосопротивления в узком диапазоне температур вблизи  $T = 300$  К. Показано существование особенного по своим магнитным свойствам слоя на границе пленки с полупроводниковой подложкой GaAs. Эксперименты, проведенные при температурах  $T = 300$  К и  $T = 100$  К, не показали существенного отличия в магнитном профиле гетероструктуры.

Using the polarized neutron reflectometry method, we studied Au/SiO<sub>2</sub> + Co (60 at. %)/GaAs granular films, which display a giant injection magnetoresistance effect in a narrow temperature range close to  $T = 300$  K. We revealed the existence of a layer having particular magnetic properties at the boundary of a film with a semiconductor GaAs substrate. Experiments carried out at temperatures  $T = 300$  K and  $T = 100$  K showed an insignificant difference in the magnetic profile of the heterostructure.

PACS: 75.70.Cn

Магнитные гранулированные пленки (GF) на подложках из арсенида галлия (гетероструктуры Au/SiO<sub>2</sub> + Co (65 ат. %)/GaAs) обладают эффектом гигантского инжекционного магнитосопротивления (ГИМС) при комнатной температуре. Предполагается, что на интерфейсе SiO<sub>2</sub> + Co/GaAs образуется потенциальный барьер из спин-поляризованных электронов, препятствующий инжекции электронов из GF в полупроводник GaAs с противоположной поляризацией и прозрачный для параллельно поляризованных электронов [1]. Цель данной работы состоит в определении магнитного профиля гетероструктуры и исследовании поведения интерфейсов гетероструктуры методом рефлектометрии поляризованных нейтронов.

Эксперименты проводились в Исследовательском центре GKSS (Германия) на рефлектометре поляризованных нейтронов PNR исследовательского реактора FRG с длиной волны нейтронов  $\lambda = 6,37$  Å ( $\Delta\lambda/\lambda = 0,05$ ) и начальной поляризацией  $P_0 = 0,95$  [2].

Интенсивность отраженного пучка регистрировалась позиционно-чувствительным детектором для двух различных поляризаций нейтронов: параллельной  $I^+ = I(+P_0)$  и антипараллельной  $I^- = I(-P_0)$  магнитному полю ( $0 < H < 250$  мТл), приложенному в плоскости пленки.

На основе данных нейтронной рефлектометрии определялись характеристики каждого слоя гетероструктуры — толщина, шероховатость, ядерная ( $SLD_n$ ) и магнитная ( $SLD_m$ ) плотности длины рассеяния:  $SLD_n$  зависит от химического состава, а  $SLD_m$  прямо пропорциональна намагниченности слоя. Аппроксимация рефлектометрических данных (рис. 1) показала наличие в гетероструктуре четырех слоев с различными магнитными свойствами: слой золота (Au); GF1 — предположительно, слой гранулированной пленки с окисленными наночастицами Co; GF2 — слой гранулированной пленки с кон-

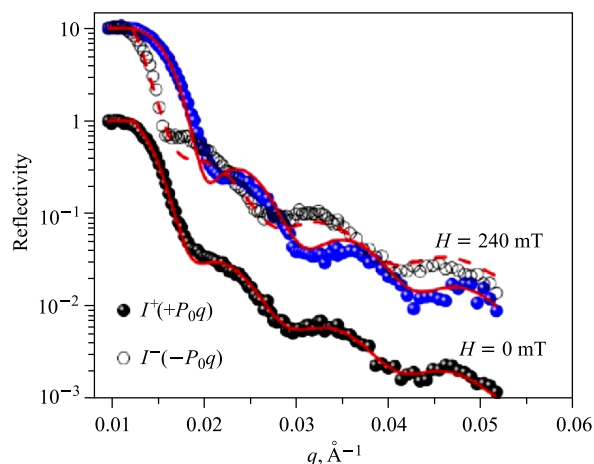


Рис. 1. Кривые рефлективности гетероструктуры Au/SiO<sub>2</sub> + Co (65 ат. %)/GaAs при температуре  $T = 300$  К

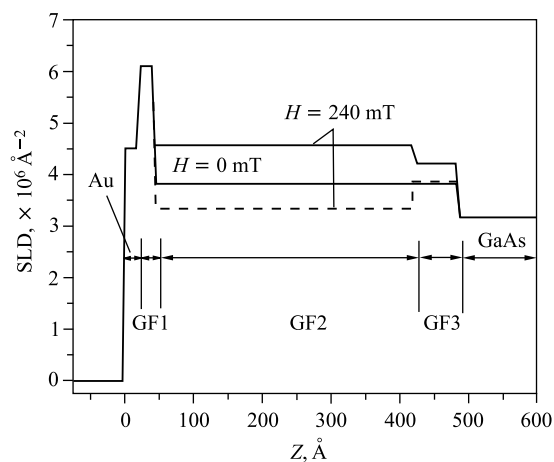


Рис. 2. SLD-профиль для нейтронов с поляризациями  $I^+$  (сплошная линия) и  $I^-$  (штриховая), температура  $T = 300$  К

центрацией наночастиц  $\text{Co} \approx 65$  ат. % и слой GF3 — слой гранулированной пленки с концентрацией наночастиц  $\text{Co}$  заметно меньше 65 ат. %, который проявляется при  $H \neq 0$ , так как обладает заметно отличающимися от GF2 магнитными свойствами (рис. 2).

Измерения в диапазоне магнитных полей от  $H = 0$  мТл до  $H = 240$  мТл показали существенную разницу в динамике намагниченности слоев (рис. 3). Диамагнитный верхний слой золота не приобретает макроскопического магнитного момента, так же как и слой гранулированной пленки GF1 с окисированными гранулами кобальта, имеющими антиферромагнитный порядок при комнатной температуре. Магнитные свойства проявляют только слои GF2 и GF3, причем намагниченность GF2 в несколько раз превосходит намагниченность интерфейсного слоя GF3 в аналогичном по величине внешнем магнитном поле, что говорит о различной концентрации наночастиц кобальта в диэлектрической матрице этих слоев.

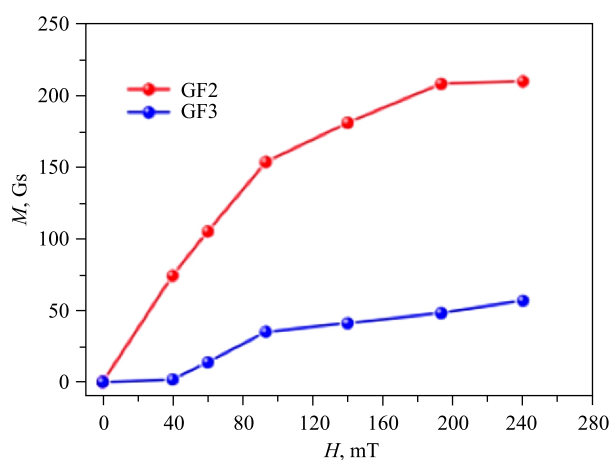


Рис. 3. Зависимость намагниченности слоев GF2 и GF3 от величины приложенного магнитного поля при температуре  $T = 300$  К

Таким образом, в данной работе определен магнитный профиль гетероструктуры  $\text{Au/SiO}_2 + \text{Co} (65 \text{ ат. \%})/\text{GaAs}$ . Показано, что в гетероструктуре существует интерфейсный слой на границе гранулированная пленка – подложка с меньшей концентрацией наночастиц кобальта, чем в основном по толщине слое пленки. Дальнейшее изучение и построение теории магнитотранспортных свойств должно учитывать структурные особенности этой гетероструктуры.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-02-01231-а).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lutsev L. V. // J. Phys.: Cond. Matter. 2006. V. 18, No. 1.
2. <http://www.gkss.de/>