

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Физико-технологический институт

**IV Международная молодежная научная конференция**  
**Физика. Технологии. Инновации.**  
**ФТИ-2017**

15–19 мая 2017 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург  
2017

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43  
T29

Т29 Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секция 1): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017 (15–19 мая 2017 г.). / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург : УрФУ, 2017. 262 с.

Редакционная коллегия: *В. Н. Рычков, С. В. Звонарев, А. В. Ищенко, Е. А. Бунтов, И. С. Жидков, А. С. Дедюхин, В. С. Семенищев, М. И. Сутормина, О. А. Евсегнеев, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, Э. В. Патраков.*

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

©УрФУ, 2017

# КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В НАНОСТРУКТУРАХ ИЗ ВИСМУТА

Седов Е.А.<sup>1\*</sup>, Riikonen K.-P.<sup>2</sup>, Арутюнов К.Ю.<sup>1,3</sup>

<sup>1)</sup> Национальный Исследовательский Университет Высшая Школа Экономики, Московский Институт Электроники и Математики, г. Москва, Россия

<sup>2)</sup> Nano Science Center, University of Jyväskylä, г. Jyväskylä, Finland,

<sup>3)</sup> Институт Физических Проблем Российской Академии Наук им. П.Л. Капицы, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [Sedov1993@yandex.ru](mailto:Sedov1993@yandex.ru)

## QUANTUM SIZE EFFECT IN BISMUTH NANOSTRUCTURES

Sedov E.A.<sup>1\*</sup>, Riikonen K.-P.<sup>2</sup>, Arutyunov K. Yu.<sup>1,3</sup>

<sup>1)</sup> National Research University Higher School of Economics, Moscow Institute of Electronics and Mathematics, Moscow, Russia

<sup>2)</sup> Nano Science Center, University of Jyväskylä, PB 35, Jyväskylä, Finland

<sup>3)</sup> P.L. Kapitza Institute for Physical Problems RAS, Moscow, Russia

Here we experimentally demonstrate that in single-crystalline semimetal bismuth nanostructures the electronic resistance non-monotonously increases with reduction of the size of the samples. The experimental findings are in reasonable agreement with theory predictions.

С уменьшением размеров тела, энергетический спектр проводящих электронов в твёрдых телах начинает квантоваться, в свою очередь приводя к осцилирующей зависимости электронных свойств. В наиболее распространённых металлах, энергия Ферми  $E_F$  которых равна  $\sim 1$  эВ, а эффективная масса носителей зарядов  $m^*$  имеет значение порядка массы свободного электрона  $m_0$ , квантовые размерные эффекты (КРЭ) проявляются на практически недостижимых масштабах  $\sim 1$  нм. Однако в таких материалах как висмут, КРЭ должен проявляться на масштабах порядка  $\sim 30$ - $60$  нм [1].

В данной работе было экспериментально продемонстрировано, что в моно-кристаллических наноструктурах из висмута электронное сопротивление немонотонно увеличивается с уменьшением размеров наноструктур. А в образцах, выращенных вдоль конкретной кристаллографической ориентации, электронное сопротивление резко увеличивается при масштабах образцов около 50 нм, из-за перехода образца из металла в диэлектрик, вызванного квантово-размерным эффектом.

Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с предсказаниями теоретической модели [2]. Явление КРЭ является общим для всех металлов и должно быть принято во внимание при производстве наноэлектронных схем нового поколения.

*Работа была подготовлена в ходе проведения исследований в рамках программы «Научный фонд Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (НИУ ВШЭ)» в 2016-17 гг. НУГ № 16-05-0029 «Физика низкоразмерных квантовых систем».*

1. Arutyunov K., et. al. Quantum limitations of electron transport in ultra-narrow nanowires // IREPHY, vol. 1, № 1, pp. 28-32 (2007).
2. Farhangfar S. Quantum size effects in a one-dimensional semimetal // Phys. Rev. B 74, 205318-1 -205318-5 (2006).

## **MAGNETIC SPIN REORIENTATION IN $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ UNDER EXTERNAL MAGNETIC FIELD**

Semkin M.A.<sup>1,2\*</sup>, Kim J.S.<sup>3</sup>, Kim N.-H.<sup>3</sup>, Cheon C.I.<sup>3</sup>, Sung B.S.<sup>4</sup>, Pirogov A.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Division of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

<sup>3)</sup> Department of Semiconductor and Display Engineering of Hoseo University, Asan, Chungnam, Korea

<sup>4)</sup> Department of Neutron Physics, HANARO, KAERI, Daejeon, Korea

\*E-mail: [m.a.semkin@urfu.ru](mailto:m.a.semkin@urfu.ru)

The  $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  has both of the magnetic features observed in the spiral magnets. Firstly, the  $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  has a canted magnetic structure [1] due to the noncollinear spin alignment of  $\text{Tb}^{3+}$ -ion moments, which form, so called, “double umbrella” ordering at low temperature (below 130 K). Along with the appearance of the “double umbrella” a lattice distortion from the cubic (space group  $I-3ad$ ) to rhombohedral symmetry ( $R-3$ ) occurs, when temperature decreases. Secondly, the  $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  garnet has a huge magnetostriction  $\lambda_{111} = 2.4 \cdot 10^{-6}$  value (this is the largest  $\lambda_{111}$  for RE-garnets) at low temperature, accompanying a double umbrella magnetic ordering [2].

The aim of this work is getting a more clear understanding on the magnetodielectric effect in the  $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  by carrying out a study on evolutions of lattice distortions along with a reorientation of canted magnetic spins at the external field  $\mu_0H = 0.8$  T by means of neutron diffraction over the temperature range from 8.8 K up to 103 K. Using these data we have drawn the magnetic structures of  $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  at 8.8 K, 65 K and 100 K at  $\mu_0H = 0$  T, as represented in Fig. 1. As shown in the figure, increasing temperature up to 65 K results in strong decreasing of values of  $\mu_{\text{Tb}1}$  and  $\mu_{\text{Tb}2}$  and also strong decreasing of their canting angles with  $c$ -axis ( $\theta_1 = 5^\circ$  and  $\theta_2 = 16^\circ$ ), whereas the Fe-ion moments don't decrease.