Дальнодействующее обменное взаимодействие в гибридной структуре ферромагнетик-полупроводник

Акимов И.А.

Experimentelle Physik 2, Technische Universität Dortmund, 44221 Dortmund, Germany

Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе РАН, 194021 Санкт-Петербург, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-276

Одной из важнейших задач полупроводниковой спинтроники является интеграция полупроводниковой логики и магнитной памяти путем разработки новых гибридных устройств на основе полупроводниковых (ПП) наноструктур и ферромагнитных (ФМ) материалов. Одна из концепций в области гибридных структур ФМ/ПП основана на p-d обменном взаимодействии магнитных атомов ФМ с дырками в ПП квантовой яме (КЯ). Оно индуцирует ферромагнитный эффект близости – равновесную спиновую поляризацию дырок, которая, в свою очередь, влияет на ориентацию намагниченности [1]. Объединенная спиновая система ФМ/ПП является гибкой, поскольку можно контролировать магнитную анизотропию оптически и электрически.

В данной презентации мы рассмотрим гибридную структуру ФМ / КЯ, состоящую из ферромагнитного слоя кобальта и CdTe квантовой ямы, разделенных немагнитным CdMgTe барьером (спейсером) нанометровой толщины [2]. Ферромагнитный эффект близости проявляется в появлении циркулярной поляризации фотолуминесценции из квантовой ямы в очень слабых магнитных полях около 10 мТл. Результаты измерений динамики фотолуминесценции и ее поляризации с временным разрешением показывают, что дырки на акцепторах в КЯ поляризуются вследствие эффективного p-d обмена с атомами кобальта. Удивительным оказалось то, что этот эффект - дальнодействующий, не связанный с перекрытием волновых функций носителей заряда в КЯ и магнитных атомов ФМ.

Предполагается, что дальнодействующее обменное взаимодействие обусловлено воздействием эллиптически поляризованных фононов на спиновые уровни дырок в КЯ. Наличие поляризованных фононов в ФМ слое связано с взаимодействием между фононами и магнонами, которое приводит к сильному циркулярному дихроизму. В гибридной структуре для фононов, в отличие от носителей заряда, не существует заметного потенциального барьера на границе между ФМ слоем и КЯ. Таким образом, фононы с циркулярной поляризацией, которая определяется намагниченностью ФМ, могут относительно свободно проникать в квантовую яму и взаимодействовать с носителями заряда. Спин-фононное взаимодействие с дырками снимает крамерово вырождение $|\pm 3/2\rangle$ дублета уже в нулевом внешнем магнитном поле. Величина (около 0.1 meV) обменного расщепления спиновых уровней акцептора $|\pm 3/2\rangle$ в КЯ была непосредственно измерена с помощью метода неупругого рассеяния света с переворотом спина [3].

[1] В.Л. Корнев. *Письма в ЖЭТФ* 78, 1053 (2003).

[2] V.L. Korenev et al., *Nature Phys.* **12**, 85 (2016).

[3] I.A. Akimov et al., *Phys Rev B* **96**, 184412 (2017).