Динамическая спиновая инжекция в гибридной системе полупроводниковая квантовая яма – примесное состояние

Манцевич В.Н.¹, Рожанский И.В.^{2,3}, Маслова Н.С.¹, Арсеев П.И.⁴, Аверкиев Н.С.^{2,3},
Lahderanta E.³

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1/2

² ФТИ имени А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

³ Technical University Lappeenranta-Lahti, 194021, Finland

⁴ ФИАН имени П.Н. Лебедева, 119991, Москва, Ленинский проспект, 53

DOI 10.34077/Semicond2019-279

Идея управления спиновой поляризацией в полупроводниковых наноструктурах получила значительное развитие после того, как технологические возможности позволили формировать гибридные структуры на базе квантовых ям, отделенных туннельным барьером от узкого магнитного слоя [1,2]. Такие структуры позволяют сохранять транспортные и оптические свойства квантовых ям, а также управлять спиновой поляризацией в яме за счет присутствия магнитного слоя, приводящего к эффектам спин зависимого туннелирования между ямой и слоем. Ярким экспериментальным подтверждением влияния магнитного слоя на состояние носителей в квантовой яме является наблюдение циркулярной поляризации фотолуминесценции из квантовой ямы в магнитном поле [3].

Физическое явление, которое обсуждается в данной работе, заключается в возникновении спиновой поляризации носителей заряда в квантовой яме за счет спин-зависимого ухода носителей через туннельный барьер между квантовой ямой и магнитным слоем. Такие процессы без учета кулоновских корреляций на магнитном примесном состоянии были подробно рассмотрены в работе [4]. Однако, для полноценного описания процессов динамической генерации спиновой поляризации в гибридных структурах требуется учет роли кулоновских корреляций, которые могут приводить к увеличению расщепления между спиновыми уровнями примесного состояния, что вызывает возрастание спиновой поляризации носителей заряда, остающихся в квантовой яме. Кроме того, наличие на примесном состоянии кулоновских корреляций приводит к увеличению характерных времен релаксации носителей заряда в квантовой яме, поскольку напрямую влияет на процессы туннелирования между квантовой ямой и магнитным примесным состоянием [5].

Выполненный анализ формирования динамической спиновой поляризации в гибридной структуре полупроводниковая квантовая яма – магнитное примесное состояние позволил предложить новый механизм сверхбыстрого переключения спиновой поляризации [6]. Лазерный импульс создает неравновесное распределение неполяризованных электронов в квантовой яме. Изменение частоты возбуждающего лазерного импульса в диапазоне между значениями расщепленных по спину уровней энергии магнитного примесного состояния приводит к последовательному резонансному туннелированию электронов проводимости с выделенным направлением спина из квантовой ямы на примесное состояние. В результате, в процессе рекомбинации носителей в квантовой яме формируется циркулярная поляризация сигнала фотолуминесценции.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №18-02-00052 и №18-02-00668, а также гранта РНФ №18-72-10002.

[1] H. Ohno, A. Shen, F. Matsukura, A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto, Y. Iye. *Appl. Phys. Lett.*, **69** (3), 363 (1996)

[2] T. Dietl, H. Ohno. *Rev. Mod. Phys.*, **86**, 187 (2014).

[3] B.A. Aronzon, M.A. Pankov, V.V. Rylkov, E.Z. Meilikhov, A.S. Lagutin, E.M. Pashaev, M. A. Chuev, V.V. Kvardakov, I.A. Likhachev, O.V. Vihrova, A.V. Lashkul, E. Lahderanta, A.S. Vedenev, P. Kervalishvili. *J. Appl. Phys.*, **107** (2), 023905 (2010)

[4] I.V. Rozhansky, K.S. Denisov, N.S. Averkiev, I.A. Akimov, E. Lahderanta. *Phys. Rev. B*, **92**, 125428 (2015).

[5] N.S. Maslova, I.V. Rozhansky, V.N. Mantsevich, P.I. Arseyev, N.S. Averkiev, E. Lahderanta, . *Phys. Rev. B*, **97**, 195445 (2018).

[6] V.N. Mantsevich, I.V. Rozhansky, N.S. Maslova, P.I. Arseyev, N.S. Averkiev, E. Lahderanta, . *Phys. Rev. B*, **98**, accepted for publication (2019).