

СПИНТРОНИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С МАГНИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Шеверденко А.В., Лагун В.С., Шабунько О.В.¹, группа 443201

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹,
г. Минск, Республика Беларусь*

Горячун Н.В. – старший преподаватель кафедры физики

Аннотация. Было исследовано, что спинтроника является наиболее перспективной платформой для создания элементной базы систем обработки и хранения информации следующего поколения. Устройства спинтроники реализовывают больше записи данных, обладают более высокой скоростью обработки информации и пониженным энергопотреблением.

Ключевые слова: спин, спинтроника, электрон, спин-поляризованный ток, ферромагнетик

Введение. Спинтроника представляет собой одно из наиболее быстро развивающихся направлений науки и техники, которое в настоящее время рассматривается как наиболее перспективная технология дальнейшего развития элементной базы информационных технологий. Спинтроника включает в себя физические эффекты, обусловленные спинами отдельных электронов и спин-поляризованными токами, протекающими в тонких магнитных и полупроводниковых пленках и гетероструктурах, и устройствах обработки информации на их основе. В «Физической энциклопедии» спин определяется как собственный момент количества движения элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого.

Основная часть. Согласно существующим в современной физике представлениям, поведение элементарной частицы электрон описывается законами квантовой механики, однако для качественных оценок его можно рассматривать как классическую частицу и использовать законы классической нерелятивистской механики. Кроме того, находящийся в связанном состоянии в атоме электрон обладает также механическим и магнитным моментами, обусловленными его вращением вокруг ядра атома.

В многоэлектронных атомах собственные магнитные моменты электронов складываются с их орбитальными моментами и формируют магнитный момент атома как целого. В твердых телах, состоящих из таких атомов, обменное взаимодействие между электронами приводит к упорядочению и появлению спонтанной намагниченности вещества в отсутствие внешнего магнитного поля. В зависимости от характера взаимодействия магнитное упорядочение носит ферромагнитный или антиферромагнитный характер. В таких магнитоупорядоченных образцах при приложении постоянных или переменных магнитных полей наблюдаются различные явления, которые можно использовать для создания устройств записи и обработки информации. В последние годы интерес к спин-волновой электронике опять значительно повысился в связи с достижениями в генерации и детектировании спиновых волн в металлических пленках (пермаллой) субмикронной и нанометровой толщин, стоимость изготовления которых значительно ниже, чем эпитаксиальных гранатовых пленок. Спиновые волны в металлических пленках имеют чисто обменную природу, длина волны составляет доли единицы микрон, а расстояние распространения достигает единиц-сотен мкм. Частоту, длину волны и скорость обменных СВ можно перестраивать примерно в тех же пределах, как и дипольных СВ, путем изменения внешнего управляющего магнитного поля. Это открывает возможности создания новых управляемых спин-волновых СВЧ приборов микронных размеров. Поскольку электрон обладает как зарядом, так и собственным спином, и собственным магнитным моментом, то электрический ток переносит не только заряд, но и спин (т.е. магнитный момент). В большинстве материалов (металлы, полупроводники и т.д.) в электрическом токе количество электронов, магнитный момент которых направлен в определенном направлении (по магнитному полю), равно количеству электронов, момент которых направлен в противоположном направлении. В результате суммарный "спиновый ток", т.е. результирующий перенос магнитного момента электронами, равен практически нулю.

Одной из основных задач спинтроники является разработка методов создания спинового тока и методов детектирования спинового тока. Основной способ получения спин-поляризованного тока состоит в пропускании электрического тока через ферромагнетик, помещенный в магнитное поле (может использоваться внутреннее поле анизотропного магнитное ферромагнетика) с последующей инжекцией этого тока в обычный металл или полупроводник через границу раздела (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схематическое изображение спин-поляризованного тока в проводнике

Большое внимание в настоящее время уделяется поиску новых материалов, обеспечивающих эффективную генерацию спин-поляризованных токов при комнатных температурах и совместимых с хорошо разработанными технологиями современной электроники. Помимо базовых материалов спинтроники – ферромагнитных металлов Fe, Co и Ni, перспективными считаются слаболегированные ферромагнитные полупроводники, полуметаллические ферромагнитные оксиды, сплавы Гейслера и некоторые органические материалы.

Существует несколько подходов к управлению спиновыми токами и эффектами, используемыми в спинтронике. Основным является управление спин-поляризованными токами с помощью магнитного поля, ориентацию и величину которого можно легко изменять с помощью внешних источников, например, пропуская обычный ток через проводники. Амплитуда управляющих магнитных полей должна составлять от долей мТл до единиц Тл. Такие поля достаточно легко реализовать в небольшой области пространства либо непосредственно с помощью токов, либо используя ферромагнетики.

Второй способ – управление спиновыми токами с помощью мультиферроидных материалов, которые обладают одновременно как магнитными, так и сегнетоэлектрическими свойствами, таких как феррит висмута BiFeO_3 . При приложении к такому материалу электрического поля изменяются его магнитные параметры: намагниченность насыщения, ориентация вектора намагниченности, поле магнитной анизотропии и другие.

Заключение. Спинтроника является наиболее перспективной платформой для создания элементной базы систем обработки и хранения информации следующего поколения. Устройства спинтроники позволяют реализовать более высокую плотность записи данных, будут обладать более высокой скоростью обработки информации, пониженным энергопотреблением, более высокой радиационной стойкостью, чем существующие электронные устройства на основе полупроводников. На сегодняшний день созданы действующие прототипы таких устройств спинтроники как высокочувствительные датчики магнитных полей, энергонезависимые элементы магнитной памяти с произвольным доступом, спин-полевые диоды и транзисторы, управляемые наногенераторы СВЧ-излучения и т.д. Разрабатываются новые принципы обработки информации на основе спинтронных технологий.

Список использованных источников:

1. Вольф С.А. и др. *Spintronics: A Spin-Based Electronics Vision for the Future* // *Science*. — 2001. — Vol. 294, № 5546.
2. Борисов П.Г. *Спинтроника: основы и перспективы*. — СПб.: Лань, 2018.

SPINTRONICS AND THE INTERACTION OF LIGHT WITH MAGNETIC MATERIALS

Sheverdenko A.V., Lagun V.S., Shabunko O.V.¹

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Goryachun N.V. – senior lecturer at the department of physics

Annotation. It has been investigated that spintronics is the most promising platform for creating the element base of next-generation information processing and storage systems. Spintronics devices realize more data recording, have higher information processing speed and lower power consumption.

Keywords: spin, spintronics, electron, spin-polarized current, ferromagnet