

МОДЕЛЬ ТОКОПЕРЕНОСА В СПИНОВОЙ ЯЧЕЙКЕ ПАМЯТИ

Т.Н. Сидорова, Д.А. Подрябинкин

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь

Среди элементов систем обработки информации, перспективных для мега- и гигагерцового диапазона частот, спиновые транзисторы и ячейки памяти представляют наибольший практический интерес. Среди возможных конструкций этих элементов особенно привлекательными являются те, в которых нет необходимости применять внешнее магнитное поле, а расщепление энергетических электронных состояний по спину и управление потоком спин-поляризованных электронов достигается за счет использования спин-орбитального взаимодействия и связанной с ним передачи спина. В этой связи разработка спинтронных элементов памяти в настоящее время весьма актуальна [1]. Но остаются еще нерешенные проблемы, связанные с пониманием особенностей спин-зависимого транспорта в наноструктурах.

В данной работе представлена разработанная модель токопереноса в спиновой ячейке памяти на основе кремниевой наноструктуры ферромагнетик/туннельный диэлектрик/кремний/туннельный диэлектрик/ферромагнетик. Модель учитывает туннелирование электронов из ферромагнитного электрода (CoFeB) через диэлектрик в кремний, их диффузионно-дрейфовый токоперенос в кремниевом канале с учетом времени спиновой релаксации порядка 10 нс, а также туннелирование в ферромагнитный коллектор (CoFe) также через диэлектрик толщиной 1–2 нм. Для расчета коэффициента туннельной прозрачности диэлектриков толщиной 1–2 нм использовался метод фазовых функций, позволяющий учитывать параметры барьера, потенциал сил изображения, включать сложный потенциальный рельеф границ раздела и в объеме диэлектрика. Модель позволяет определить величину тока для каждой спиновой компоненты – спин-вверх и спин-вниз и рассчитать величину магнитосопротивления. Показано, что в случае использования потенциалов достаточно сложного вида (негладких, или имеющих особенности) модель позволяет существенно упростить расчеты и интерпретацию получаемых результатов по сравнению с использованием уравнения Шредингера. Модель спин-зависимого токопереноса в кремнии включает диффузионно-дрейфовые составляющие для каждой спиновой компоненты с учетом длины спиновой диффузии, коэффициента диффузии и времени спиновой релаксации по механизмам Эллиота–Яфета и Дьяконова–Переля, а также с учетом таких механизмов рассеяния как рассеяние на ионизированных примесях и фононах.

Список литературы

1. Jafari A. [et al.] J. Low Power Electron. Appl. 2022. Vol. 12 (4). P. 63.