

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАКРОМОДЕЛЬ СПИНОВОЙ НАНОСТРУКТУРЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАМЯТИ

А.И. КОСТРОВ

Открытие эффекта туннельного магнитосопротивления стимулировало большой интерес к приборам спинтроники на основе магнитной туннельной наноструктуры для использования ее в устройствах магниторезистивной памяти MRAM. Основные

свойства MRAM: энергонезависимость, произвольный доступ, высокое число циклов перезаписи, радиационная стойкость, низкие значения скорости чтения/записи, время хранения данных — более 10 лет. Это обуславливает все большее применение данной памяти в качестве компонента для средств защиты информации.

Однако разработка аналоговых и цифровых схем с использованием магнитных наноструктур ограничена, что вызвано отсутствием устойчивых, эффективных, легких в использовании моделей, которые достоверно описывают электрические характеристики и могут модифицироваться и встраиваться в программы компьютерного проектирования.

В работе предложена эквивалентная схема и электрическая spice-макромодель магнитной туннельной наноструктуры, переключаемой с помощью переноса спина. Она является масштабируемой и может использоваться для моделирования переходных, вольт-амперных и частотных характеристик в широком диапазоне входных сигналов (± 10 В). Модель реализована на основе нелинейных сопротивлений для параллельного и антипараллельного состояний намагниченности ферромагнетиков с использованием идеальных компонент программы Spectre.

Макромодель пригодна для использования в spice-подобных программах компьютерного проектирования электронных устройств, устранены возникающие ранее проблемы сходимости. Работоспособность модели продемонстрирована для элемента магниторезистивной памяти, результаты тестирования показали высокую точность и вычислительную эффективность предложенной макромодели.