

АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЕ СПИНОВЫЕ ВЕНТИЛИ

Г.Б. Байман, А.Л. Данилюк

В настоящее время спинтроника антиферромагнетиков (АФМ) является быстро развивающейся областью физики магнетизма. Несмотря на отсутствие макроскопической намагниченности, антиферромагнетики испытывают воздействие спин-поляризованного тока. В основе этого явления лежит спин-зависимое взаимодействие между локализованными и свободными электронами. Особенностями АФМ материалов как потенциальных носителей информации является сложная магнитная структура, существенная роль обменных взаимодействий, отсутствие макроскопической намагниченности. Эти факторы требуют непосредственного учета и ведут к усложнению моделирования электрических параметров спинтронных устройств [1]. С прикладной точки зрения АФМ имеют ряд преимуществ перед ферромагнетиками. Во-первых, обладая магнитной структурой и высокой восприимчивостью к внешним полям, АФМ частицы имеют нулевую или малую намагниченность, т. е. не создают внешних магнитных полей и поэтому слабо взаимодействуют друг с другом. Во-вторых, характерные частоты АФМ и, следовательно, частоты переключения между различными АФМ состояниями на несколько порядков превышают аналогичные значения для типичных ферромагнитных материалов. Это дает возможность создания высокоскоростных устройств, работающих в терагерцовом диапазоне. АФМ порядок в полупроводниках наблюдается гораздо чаще и при гораздо более мягких условиях, чем ферромагнитное упорядочение, что позволяет сочетать в одном устройстве преимущества как электроники (быстродействие, легкую управляемость), так и спинтроники (высокую чувствительность, малую энергоемкость). АФМ могут обладать и свойствами полуметаллов, т. е. проявлять свойства проводника для одной спиновой поляризации и изолятора для другой, что делает их весьма привлекательными спинтронными материалами. Впервые идея о возможности использования АФМ материалов в качестве активных составляющих типичных спинтронных устройств (спиновых вентилях) была высказана в работах [2, 3].

В настоящей работе приведены результаты моделирования параметров спиновых вентилях, содержащих антиферромагнитные слои. Рассмотрен эффект обменного смещения намагниченности и его влияние на магнитосопротивление спинового вентиля. Показана возможность усиления магнитосопротивления спинового вентиля за счет обменного смещения в несколько раз.

Список литературы

1. Гомонай Е.В., Локтев В.М. *Low Temperature Physics* 40, 22 (2014).
2. Nunez A., Duine R., Haney P., MacDonald A. *Phys. Rev. B* 73, 214426 (2006).
3. Duine R.A., Haney P.M., Nunez A.S., MacDonald A.H. *Phys. Rev. B* 75, 014433 (2007).

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНЗИСТОРОВ

А.И. Бересневич

Одним из подходов к оценке параметрической надежности изделий электронной техники (ИЭТ) является использование метода имитационных воздействий [1]. Метод позволяет по реакции функционального параметра ИЭТ (конкретного экземпляра) на имитационное воздействие в начальный момент времени спрогнозировать значение этого параметра на заданный будущий момент времени и сделать заключение о параметрической надежности экземпляра. Уровень имитационного воздействия, соответствующий заданной наработке, определяют с помощью имитационной модели, представляющей собой выражение, показывающее, какое значение имитационного фактора (тока или напряжения) соответствует той или иной заданной наработке.

Имитационную модель получают один раз с помощью предварительных экспериментальных исследований обучающей выборки. Обучающая выборка – это некая выборка, случайным образом сформированная из более крупной выборки или партии ИЭТ, параметрической надежностью экземпляров которой интересуются специалисты. Экспериментальные исследования включают получение математических выражений (моделей), показывающих, как выбранный функциональный параметр ИЭТ рассматриваемого типа изменяется от уровня имитационного фактора и от значения наработки.

Индивидуальное прогнозирование выполняют применительно к той выборке или партии ИЭТ, из которой была взята обучающая выборка. Причем прогноз получают для тех экземпляров, которые не принимали участия в обучающем эксперименте.

Рассмотренный метод имитационных воздействий был положен в основу разработки методики индивидуального прогнозирования параметрической надежности биполярных транзисторов. В качестве имитационного фактора рассматривалось напряжение, прикладываемое к p - n -переходу транзисторов. С методикой можно ознакомиться на кафедре ПИКС БГУИР (обращаться в ауд. 37 1-го учебного корпуса университета).

Список литературы

1. Боровиков С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники. М.: Новое знание, 2013. 343 с.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА АНАЛОГОВОЙ СХЕМОТЕХНИКИ

И.А. Богод

В работе исследованы свойства дифференциального метода анализа аналоговой схемотехники. Данный метод отличается от классического тем, что с его помощью за счет использования дифференциальных параметров можно добиться гораздо меньшей погрешности по сравнению с результатами расчетов классическим методом. В работе исследованы несколько относительно простых схем, и в результате сравнения их расчетных погрешностей было установлено, что дифференциальный метод обладает наибольшей точностью в схемах с цепями отрицательной обратной связи. Данный метод позволяет получить более точные результаты и может оказать положительное влияние на способности и возможности нынешних и будущих специалистов в области криптографии и защиты информации.

Список литературы

1. Свирид В.Л. Аналоговая микросхемотехника. В 3 ч. Ч. 1: Интегральные микросхемы. Системотехническое проектирование радиоэлектронной аппаратуры. Минск: БГУИР, 2003. 232 с.

2. Свирид В. Л. Дифференциальный метод анализа аналоговой схемотехники // Доклады БГУИР. 2016. № 8 (102). С. 39–45.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

С.М. Боровиков, А.В. Будник, В.О. Казючиц

Для аппаратных частей технических систем, в том числе систем обеспечения информационной безопасности, во многих случаях предъявляются повышенные требования к надежности. Для обеспечения требуемого уровня надежности необходимо при изготовлении аппаратных частей использовать комплектующие элементы повышенного уровня качества. Полупроводниковые приборы (ППП) составляют заметную часть в составе устройств, используемых в электронных системах безопасности. Совершенствование технологии изготовления ППП привело к снижению доли внезапных отказов. Постепенные отказы, отражающие внутренне присущие материалам ППП свойства, в частности старение, в принципе исключить невозможно. Примерно в 80 % случаев отказы ППП проявляются в виде