

USB 2.0. Он позволяет превратить персональный компьютер в трёхканальный цифровой осциллограф, обрабатывать сигналы с различных источников. Так он измеряет, запоминает максимальные амплитудные и средне-эффективные значения напряжений и другие параметры колебательного процесса в каждой обмотке электродвигателя и отображает величину разностных сигналов между ними. По их величине можно судить о наличии короткозамкнутых витков в обмотках электродвигателя и конкретно, в каких обмотках они имеются. Для этого имеется запрограммированный блок разбраковки для различных электродвигателей.

Появилась возможность запоминать параметры колебательных процессов в обмотках исправных или новых, только поступивших в эксплуатацию электродвигателей, чтобы в дальнейшем сравнивать их в будущем, при подозрении в неисправности или профилактической проверке электродвигателя.

По сравнению с некоторыми известными установками контроля качества обмоток электродвигателей данная установка позволяет быстро перестраивать её с одного типа электродвигателя на другой, повысить точность разбраковки и ускорить процесс разбраковки.

При замыкании в обмотке электродвигателя даже одного витка провода, амплитудное значение первой полуволны напряжения уменьшается на 20–70 % от номинального значения, и на 2–15 % наблюдается различие в двух или трёх колебательных процессах на экране монитора. Конкретное значение различий зависит от места замыканий в обмотке. Небольшое различие колебательных процессов при замыкании только одного витка связано с тем, что все три катушки трехфазного электродвигателя намотаны на одном магнитопроводе. Значительно лучшие результаты получаются, если сравнивать затухающие колебательные процессы в образцовой обмотке, расположенной на магнитопроводе одноимённого электродвигателя отдельно от испытываемой катушки или с запомненным колебательным процессом исправного электродвигателя данного типа или его конкретно.

Конденсаторы С7–С9, типа К78-2, должны иметь одинаковое значение емкости с точностью $\leq 0,1$ %, которые могут быть подобраны на электронном мосту, например, Е7-8. Это необходимо сделать для того, чтобы не было видно различий в изображениях на исправных обмотках ТАД.

Схема установки выполнена на интегральных микросхемах серии КР140, КР142, К561, КР1006, КР1561 и на модуле АЦП ЦАП <<sigma USB>> на шине USB 2.0. Механический переключатель заменен высоковольтными МОП транзисторами типа 2SK956. Это позволило уменьшить размеры и вес корпуса устройства повысить надежность и получить более высокую производительность его работы и расширить его функциональные возможности.

Установка выполнена в виде приставки к персональному компьютеру.

УДК 621.3

СПИНТРОНИКА – ЭЛЕКТРОНИКА СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Шушкевич Л.Л., Юшковский В.П.

Научный руководитель – ЖУКОВСКАЯ Т.Е.

Термин «спинтроника» произошел от англоязычного выражения «spin electronics» («спиновая электроника»; иногда её называют и «магнитоэлектроникой»). Спинтроника – область науки, изучающая взаимодействие собственных магнитных моментов элек-

тронов (спинов) с электромагнитными полями и разрабатывающая на основе обнаруженных явлений и эффектов спинэлектронные приборы и устройства.

В теории магнетизма считается, что электрон обладает квантовым свойством – спином, из-за чего он ведет себя подобно стрелке компаса, вращающейся вокруг своей оси и соединяющей его (электрона) южный и северный полюса. Спины электронов могут быть ориентированы в направлениях, которые обычно называют «спин-вверх» (мажорные спины) и «спин-вниз» (минорные спины).

Формальное определение спина – собственный момент количества движения элементарной частицы, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого.

Упоминание квантовой его природы применительно к электрону говорит о следующем – спин электрона может принимать одно из двух значений: $+1/2$ и $-1/2$. На самом деле спин имеет размерность (Дж·с), но так как он квантован и кратен постоянной Планка h , то его обычно изображают в виде целого числа.

В чем состоит миссия спинтроники? Кремниевые процессоры в ближайшие 10–15 лет достигнут предела своих возможностей. Сейчас важно определить физические принципы, на которых будут построены быстродействующие устройства с низкими энергопотреблением и тепловыделением. В спинтронных устройствах переворот спина практически не требует затрат энергии, а в промежутках между операциями устройство отключается от источника питания. Если изменить направление спина, то кинетическая энергия электрона не изменится. Это означает, что тепла почти не выделяется. Скорость изменения положения спина очень высока. Эксперименты показали, что переворот спина осуществляется за несколько пикосекунд (триллионных долей секунды).

Совершенствование технологий позволило синтезировать новые магнитные материалы с уникальной структурой и составом, а возможность получения ультратонких слоев магнитных и немагнитных материалов с резкими границами раздела – обеспечить их кардинально новые магнитные и электрические свойства.

В таких материалах возникает ряд уникальных физических явлений, обусловленных тем, что магнитные моменты в трехслойной пленке могут быть параллельны (ферромагнитная [ФМ] конфигурация) или антипараллельны (антиферромагнитная [АФМ] конфигурация), что показано на рисунке 1.

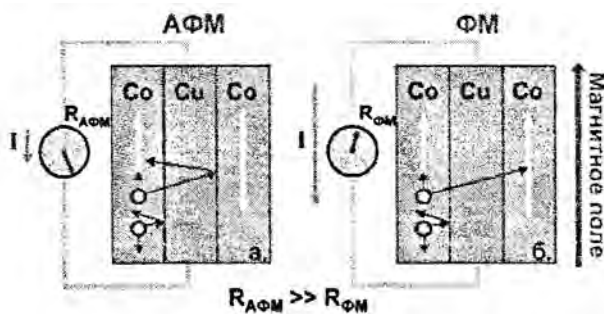


Рисунок 1. Структура трехслойных пленок

В ферромагнитных материалах выделяют два типа электронов в зависимости от ориентации их спина: «спин-вверх» и «спин-вниз». На рисунке направление спина обозначено синими и красными стрелками. Оказалось, что если ориентация спина не совпадает с магнитным моментом слоя (АФМ-конфигурация), то электрон не может попасть в этот слой, и электросопротивление становится больше. После перехода конфигурации из антиферромагнитной в ферромагнитную при возрастании внешнего магнитного поля электрон способен перескочить в смежный слой, и сопротивление значительно уменьшается. Этот эффект и называется гигантским магнитосопротивлением (ГМС).

Спиновые вентили. Очередным шагом на пути совершенствования структур с ГМС стали спиновые вентили (СВ). Они также состоят из двух магнитных слоев, разделенных немагнитной прослойкой, но магнитный момент одного из слоев закреплен антиферромагнитным слоем (АФМ) с фиксированным направлением магнитного мо-

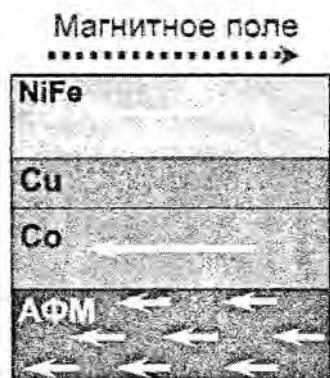


Рисунок 2. Спиновый вентиль

мента. В то же время намагниченность второго слоя может свободно изменяться под действием внешнего магнитного поля.

В другом варианте СВ имеют структуру пермаллой /медь/кобальт (NiFe/Cu/Co) (рисунок 2).

Когда мы помещаем эту структуру даже в слабое магнитное поле, верхний «свободный» слой легко изменяет конфигурацию магнитных моментов вслед за полем, выстраивая ее антипараллельно нижнему слою (эффект ГМС). На основе таких элементов созданы считывающие магниторезистивные головки в жестких дисках с плотностью записи на диск более 100 Гбайт на кв. дюйм.

Варьируя материал, толщину и последовательность слоев, можно оптимизировать магнитные и электрические свойства таких наноструктур и расширить область их практического применения.

Магнитный туннельный переход. Наряду с ГМС, спин обуславливает и другие физические явления, например – магнитный туннельный переход (МТП). Структура клапана на основе МТП похожа на ГМС (рисунок 3) и состоит из двух слоев ферромагнетика, разделенных изолятором

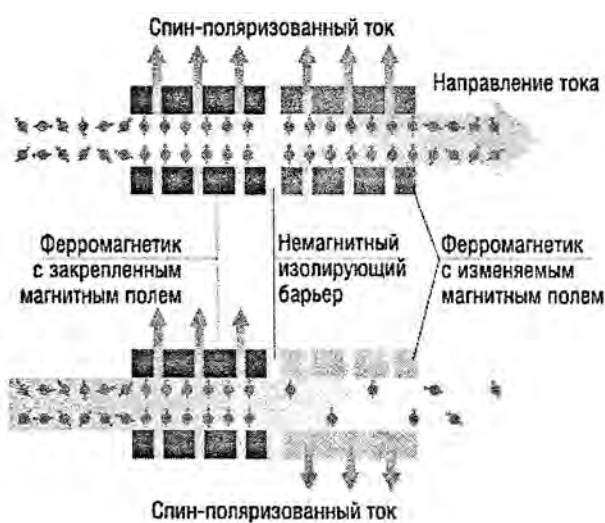


Рисунок 3. Магнитный туннельный переход

(обычно используют окись алюминия). В результате туннельного эффекта электрон в состоянии пройти сквозь изолятор навывлет и оказаться с другой стороны. Туннельный эффект используется достаточно широко – от туннельных диодов до сканирующих туннельных микроскопов.

В МТП-клапанах наряду с туннельным эффектом используется тот факт, что электроны с различным спином движутся в магнитном поле по-разному. Если магнитное поле в обоих ферромагнитных слоях клапана совпадает по направлению, то те электроны, спин которых направлен

по вектору магнитного поля, легко туннелируют из одного ферромагнитного слоя в другой.

Таким образом, сопротивление клапана электрическому току оказывается низким (открытое состояние). Если же магнитное поле в этих слоях будет направлено противоположным, то туннельный переход будет затруднен, так как в одном из слоев электрон будет вынужден двигаться против магнитного поля (закрытое состояние). Вследствие этого сопротивление клапана возрастает на 20–40 %. Два состояния спинового транзистора – открытый и закрытый – можно сопоставить с логическим «0» и «1» бита информации.

Спиновый полевой транзистор. В обычном полевом транзисторе напряжение, прикладываемое к затвору, управляет величиной тока между истоком и стоком. В релятивистском полевом транзисторе истоком и стоком должны служить ферромагнетики с параллельно ориентированными спинами электронов, соединенные узким полупроводниковым каналом (рисунок 4).

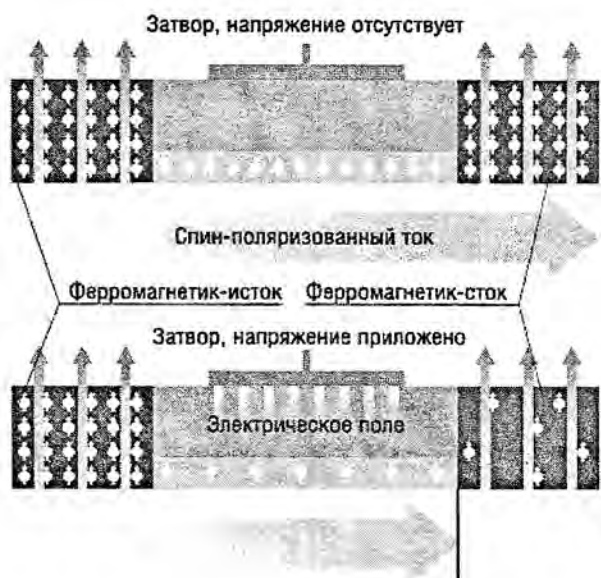


Рисунок 4. Спиновый полевой транзистор

Спины инжектируемых в исток электронов устанавливаются параллельно магнитным полям истока и стока. Таким образом, от истока к стоку течет спин – поляризованный ток. При этом электроны должны двигаться со скоростью, составляющей 1% от скорости света в вакууме. Величина тока регулируется посредством приложенного к затвору напряжения. Фокус состоит в следующем. Если перейти в неподвижную систему отсчета, связанную с электроном, то, согласно специальной теории относительности, в ней появляется магнитное поле. При достаточной величине напряженности маг-

нитного поля (таким образом, скорость движения электронов в данном случае весьма существенна) спины электронов изменяют ориентацию на противоположную. В результате сопротивление канала возрастает и ток уменьшается.

Магниторезистивная оперативная память. Структуры с магнитным туннельным переходом применяются в качестве считывающих головок в жестких дисках, а также для создания элементарных ячеек магниторезистивной оперативной памяти (MRAM). Ее особенность в том, что информация в ней сохраняется не в виде электрических зарядов на обкладках конденсатора, как в динамической памяти DRAM, и не в виде состояния триггера, как в статической SRAM, а в виде намагниченности слоя ферромагнетика. MRAM (Magnetic Random Access Memory) – память выглядит весьма перспективной. Так, например, время записи у MRAM-памяти – 2 нс (на три порядка меньше, чем у flash-памяти). При этом энергопотребление магниторезистивной памяти вдвое меньше, чем у flash- и DRAM-памяти.

Ячейка памяти (рисунок 5) сформирована на пересечении разрядной и числовой шин. Она состоит из структуры с магнитным туннельным переходом, которая отвечает за хранение информации, и транзистора, с помощью которого организована адресация. Существуют схемы, в которых транзистор заменен диодом или вообще отсутствует. Ток, протекающий по разрядной и числовой шинам, наводит перекрестное магнитное поле, которое изменяет магнитное состояние свободного слоя. При считывании изменяется ток, протекающий через ячейку. Его величина зависит от конфигурации намагниченности магнитных слоев структуры: при параллельной ориентации сопротивление перехода минимально. Это соответствует логическому «0». При антипараллельной ориентации намагниченностей сопротивление велико, туннельный ток мал – это логическая «1».

Главное отличие модулей памяти MRAM – записанная информация не пропадает при отключении питания, так как электроны способны сохранять положение спина сколь угодно долго. Еще один плюс – она не имеет ограничения по количеству циклов перезаписи. Если информация не пропадает после отключения питания – то теоретически возможно несанкционированное чтение данных с чипов магниторезистивной памяти, но эта проблема уже решена специалистами компании Philips, которые предлагают накладывать поверх магнитного слоя микрочипа MRAM тончайший слой металла и

слой, играющий роль постоянного магнита. В обычном состоянии поле постоянного магнита будет отклоняться, никак не воздействуя на работу чипа. Однако в том случае, если злоумышленники попытаются вскрыть корпус микросхемы и получить доступ непосредственно к носителю, металлическая пленка порвется, и информация будет мгновенно уничтожена постоянным магнитом.

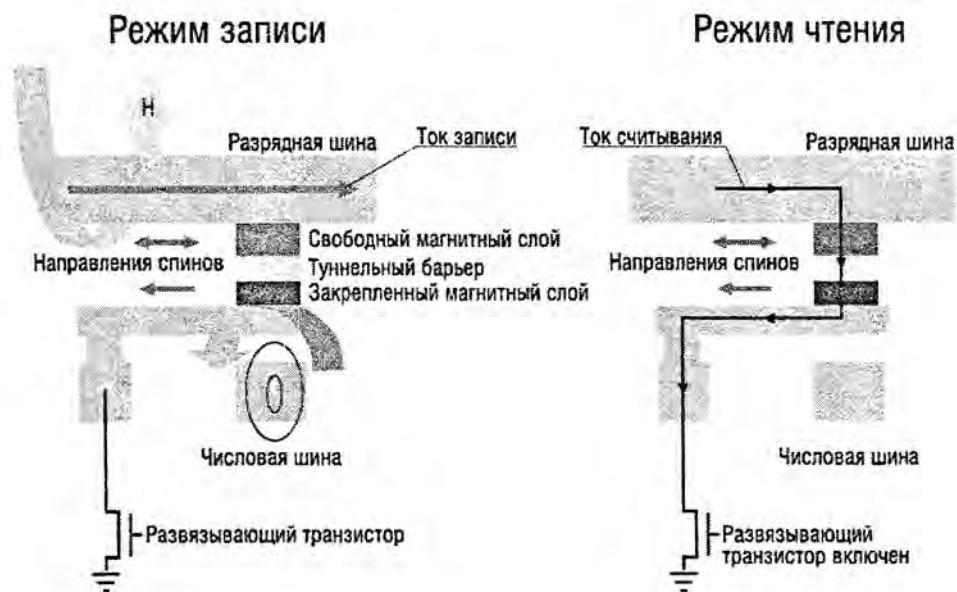


Рисунок 5. Схема ячейки MRAM памяти

УДК 621.311

РАЗВИТИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Гирс И.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент МОЖАР В.И.

Достигнутые сегодня результаты в энергетике несколько смягчили, но не устранили кризисные явления в обеспечении страны энергоносителями. Доля энергоресурсов, добываемых на территории республики, остается на уровне 18 % от их общей потребности. Нереализованный же потенциал энергосбережения оценивается в 30 % от общего потребления энергоресурсов. В качестве возобновляемых и нетрадиционных источников энергии с учетом природных, географических и метеорологических условий республики рассматриваются дрова, гидроресурсы, ветроэнергетический потенциал, биогаз из отходов животноводства, солнечная энергия, фитомасса, твердые бытовые отходы, отходы растениеводства, геотермальные ресурсы, бурые угли, сланцы и др.

Ветроэнергетический потенциал. Практически единственным не импортируемым источником энергии в Республике Беларусь является ветер. Однако существующие способы преобразования ветроэнергии в электрическую с помощью традиционных лопастных ветроэнергетических установок (ВЭУ) в условиях Беларуси экономически неоправданны. Во-первых, из-за высокой пусковой скорости ветра (4–5 м/сек), высокой номинальной скорости (8–15 м/сек) и небольшой годовой производительности в условиях слабых континентальных ветров, характерных для Беларуси – 3–5 м/сек. Во-вторых, стоимость ВЭУ составляет 1 000–1 500 долларов США на киловатт установ-