

Высокочувствительные приборы возможности и перспективы создания

Э. Шмаков

Российский рынок электронной техники все больше насыщается товарами зарубежного производства. И не удивительно — многие отечественные изделия не способны пока соперничать с ними. Тем не менее и сегодня в России разрабатывается и производится электронная техника, которая не только может конкурировать с зарубежной, но и во многом превосходит ее. В частности, это относится к высокочувствительным приборам и преобразователям...

Научно-технический прогресс в самых различных областях, и прежде всего в разработке и внедрении принципиально новых современных ресурсосберегающих и экологически чистых технологий во многом зависит от применяемых средств контроля, измерений и диагностики. При создании современной аудио- и видеотехники, персональных компьютеров, систем связи и многого другого, что так или иначе связано с нашей повседневной жизнью, классические приборы далеко не всегда способны решить весьма непростые задачи контроля, измерений и диагностики. Их чувствительность, разрешающая способность и диапазон измерений уже не отвечают современным требованиям. Здесь необходимы новые методы, высокочувствительные датчики, преобразователи и приборы, а также средства записи и воспроизведения информации.

Весьма перспективное направление развития высокочувствительных преобразователей и приборов связано с применением микроэлектронных средств в сочетании с высокоточной тонкопленочной технологией изготовления микроминиатюрных датчиков электрических, магнитных и механических величин. Благодаря высокой надежности даже при неблагоприятных условиях эксплуатации такие датчики находят широкое применение в автомобильной электронике, авиакосмической технике, энергетике, при автоматизации подъемно-транспортных средств и шахтного оборудования, а также в экономических бесколлекторных двигателях постоянного тока и бытовой технике.

Известные преобразователи Холла (отечественные типа ПХИ и зарубежные TL 175) не совсем подходят для этих целей: их чувствительность невелика и, кроме того, они включены в более крупные и дорогостоящие магнитные системы.

Можно выделить два типа микроэлектронных магниточувствительных преобразователей: кремниевые монолитные интегральные схемы типа МИС, а также магниторезистивные интегральные элементы и датчики типа МЧЭ и МИД. Чувствительным элементом МИС является многоколлекторный магнитотранзистор. МИС включает и электронную схему обработки сигнала, выполненную на одном и том же кристалле, что и чувствительный элемент. Преобразователи типа МИС удобно применять в качестве датчиков скорости и положения для автоматики и автомобильной электроники, а также в бесколлекторных двигателях. Важные преимущества данных преобразователей — малый ток потребления (менее 1 мА) и возможность регулирования магнитной индукции срабатывания в пределах 5...+5 мТл.

Магниторезистивные преобразователи отличаются не только высокой чувствительностью, но и стабильной работой в неблагоприятных условиях эксплуатации, например при температуре до 150°C. Принцип работы таких преобразователей основан на магниторезистивном эффекте, заключающемся в изменении удельного электрического сопротивления при действии внешнего магнитного поля. В результате всесторонних экспериментальных и теоретических исследований физики тонких магнитных

пленок, технологии их изготовления и методов преобразования полезного сигнала разработаны первые отечественные магниторезистивные преобразователи. На их основе организовано серийное производство универсальных магнитоуправляемых микросхем типа МИД-22 с дискретным и аналоговым выходами. Их можно применять в приборах и преобразователях самого разнообразного назначения.

В результате предложенной модуляции импульсным магнитным полем удалось в сотни раз повысить чувствительность магниторезистивных преобразователей, одновременно существенно улучшив линейность магниторезистивной характеристики преобразования. Это открывает широкие перспективы для создания на базе магниторезистивных линейных высокочувствительных магнитометров и бесконтактных преобразователей тока без применения громоздких магнитопроходов.

Тракт магниторезистивного преобразования основан на принципе широтно-импульсной модуляции, а магниторезистивный элемент с продольным намагничиванием выполняет функцию нуля-индика-

Основные технические характеристики МИД-22

Индукция срабатывания, мТл < 1,0
Магнитный гистерезис, мТл < 0,4
Диапазон рабочих температур, °C	... -6... +125
Напряжение питания, В 6...12
Габаритные размеры, мм	... 10x7x2,5

тора. Это позволяет полностью исключить влияние нелинейности его характеристики преобразования на погрешность измерений. Теоретические и экспериментальные исследования физики явлений в тонких магниторезистивных пленках подтвердили возможность дальнейшего увеличения чувствительности магниторезистивных элементов при продольной ориентации магнитного поля в процессе их формирования.

На основе электромагнитного принципа преобразования в АО "НИИ Электромера" разработаны и освоены в серийном производстве бесконтактные преобразователи для измерения переменных токов в проводах и кабелях без разрыва и демонтажа токопроводящих цепей в широком диапазоне токов — от 0,01 до 100,0 А. По диапазону измерений они на порядок превосходят лучшие американские приборы данного класса.

Для Братского алюминиевого завода спроектирован, разработан и изготовлен бесконтактный преобразователь для измерения сверхбольших токов — до 250000А. Погрешность измерений — не более 0,5%.

Наряду с измерительными преобразователями представляют интерес магнитные преобразователи записи и воспроизведения информации. Специфика и структура тонкопленочных магнитных и магниторезистивных преобразователей позволяют не только существ-

венно повысить информационную плотность записи, но и автоматизировать процесс массового производства, базирующегося на современной тонкопленочной технологии. Магниторезистивные преобразователи характеризуются сравнительно высоким уровнем сигнала воспроизведения, что чрезвычайно важно при создании систем высокоплотной записи и воспроизведения информации. Полученные теоретические и экспериментальные результаты дают возможность без сложных математических операций произвести основные расчеты, необходимые при разработке тонкопленочных магнитных и магниторезистивных преобразователей, а также осуществить выбор магнитных материалов для них с оптимальными магнитными свойствами.

Существенное повышение чувствительности магниторезистивных преобразователей обеспечит применение новых магнитных материалов с гигантским магнетосопротивлением. Их относительное магнетосопротивление составляет несколько десятков процентов в отличие от традиционных (в большинстве случаев пермаллой — железоникелевый сплав с 80%-ным содержанием никеля), у которых эта величина не превышает 2...3%.

Материалы с гигантским магнетосопротивлением обнаружены сравнительно недавно. К ним относятся различные многослойные пленки с чередующимися маг-

нитными и немагнитными слоями, однослойные пленки с гранулированной структурой, материалы со спиновой блокировкой и др. Как показывают результаты многочисленных экспериментальных исследований последнего времени, применение гранулированных однослойных пленок с гигантским магнетосопротивлением позволяет реализовать высокую чувствительность магниторезистивных преобразователей различного функционального назначения.

Конструкторско-технологические и схемотехнические решения рассмотренных высокочувствительных преобразователей и приборов защищены авторскими свидетельствами и патентами в России и многих зарубежных странах. Они изложены в печатных работах Н. Яковлева и С. Карпенкова, внесших существенный вклад в их разработку.

Литература

1. Карпенков С.Х. Тонкопленочные накопители информации. М.: Радио и связь, 1993
2. Яковлев Н.И. Бесконтактные электроизмерительные приборы. Л-д: Энергоатомиздат, 1990
3. Карпенков С.Х., Яковлев Н.И. Тонкопленочные материалы для высокочувствительных преобразователей/ ПСУ, №3, 1996
4. Яковлев Н.И., Карпенков С.Х., Абрамзон Г.В. Возможности и перспективы создания высокочувствительных преобразователей в интегральном исполнении./Тез. докл. 2-ой Международной конференции ФИЗМЕТ-96, июль 1996 г.

Туннельный полевой транзистор с минимальной шириной линии до 0,1 мкм

Даже в том случае, если изготовителям полупроводниковых приборов удастся сформировать топологические элементы с размерами линии 0,1 мкм, останется проблема пропорционального уменьшения структуры МОП транзистора. Расстояние между областями истока и стока может оказаться столь малым, что уже нельзя будет управлять потоком электронов в канале, что приведет к пробое. Для решения этой проблемы группа исследователей Токийского технологического института предложила создать туннельный полевой транзистор.

В туннельном полевом транзисторе электроны затвора, формируемого пленкой силицида кобальта, туннелируют через слой кремния толщиной 1 нм в слой фтористого кадмия толщиной 5 нм, заменяющего традиционный оксид кремния, для обеспечения более высококачественных границ раздела между кремнием и диэлектриком. Величина туннельного тока управляется напряжением, подаваемым на металлический контакт затвора, изолированный от слоя фтористого кадмия пленкой фтористого кальция толщиной 3 нм. Туннелировавшие электроны переходят в область стока и через слой кремния туннелируют в пленку силицида кобальта, формирующую контакт к области стока. Напряжение области стока достаточно высоко для того, чтобы все электроны, подошедшие к области, туннелировали.

По утверждению разработчиков, транзистор с такой структурой будет работать и при чрезвычайно малых расстояниях между областями истока и стока, поскольку величина тока зависит не от сопротивления канала, а от скорости преодоления туннельного барьера. Физическое моделирование предложенной структуры показало, что по своим характеристикам туннельный полевой транзистор подобен КМОП-прибору, при этом длина канала первого может быть уменьшена до 10 нм.

Отмечается, что для изготовления прибора в технологический процесс потребуется ввести несколько новых операций.

Electronic Engineering Times, 1996, N928, p.43

Дайджест