

УДК 53.087.92

ПОЛЕВОЙ ДАТЧИК ХОЛЛА НА ОСНОВЕ СТРУКТУР КРЕМНИЙ НА ИЗОЛЯТОРЕ

*В.Н. Мордкович, П.С. Приходько,
М.Л. Бараночников, А.В. Завьялов, А.Ю. Кузин*

Датчики Холла (как дискретные, так и в составе магнитоуправляемых ИС) являются одним из наиболее распространенных элементов сенсорной техники. Устройства на их основе широко применяются в автоматике, автомобилестроении, робототехнике, метрологии и т.п. Объем выпуска дискретных датчиков Холла (ДХ) на основе Si, GaAs, InSb и кремниевых магнитоуправляемых ИС (МУИС) составляет десятки миллионов штук в год и непрерывно возрастает.

Однако, известные ДХ и МУИС имеют определенные ограничения их характеристик и, прежде всего, по магнитной чувствительности и энергопотреблению.

Эти недостатки традиционных ДХ и МУИС во многом преодолены в предлагаемом полевом датчике Холла на основе структур кремний на изоляторе (КНИ ПДХ). В этом приборе (рис. 1) ДХ изготавливается в тонком слое Si КНИ-структуры и располагается между слоями диэлектрика, один из которых представляет собой скрытый изолирующий слой КНИ-структуры, а другую пленку SiO₂ сформированную на внешней поверхности Si. На

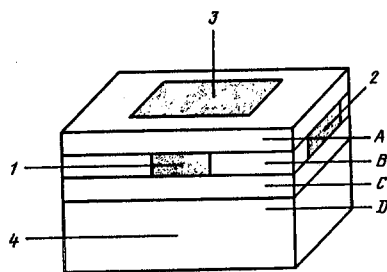


Рис. 1. Полевой датчик Холла со структурой кремний на изоляторе:

A, C — диэлектрические слои; B — Si-слой; D — Si-подложка; 1 — электрод питания; 2 — холловский электрод; 3, 4 — затворы

поверхности этой пленки располагается электрод затвора. В качестве другого затвора выступает подложка КНИ-структуры.

Таким образом, КНИ ПДХ представляет собой кремниевый переменный резистор с двумя управляющими затворами. Сочетание КНИ-структуры с возможностью полевого управления проводимостью Si обеспечивает следующие уникальные свойства КНИ ПДХ.

Резкое повышение магниточувствительности, обусловленное малой толщиной слоя Si составляет по порядку величины 10⁻¹ мкм, тогда как в традиционных кремниевых ДХ она лежит в пределах 5-10 мкм. Отсюда следует, что при прочих равных условиях КНИ ПДХ позволяет повысить магниточувствительность ДХ до двух порядков величины.

Сказанное иллюстрируется на рис.2, где представлены характерные области чувствительности традиционных ДХ, магниторезисторов и КНИ ПДХ. Видно, что КНИ ПДХ обладают не только самой широкой областью чувствительности, но и гораздо более высокой пороговой чувствительностью, заметно превосходящей величину магнитного поля Земли.

Резкое уменьшение энергопотребления. Малая толщина слоя Si КНИ-структуры обуславливает высокое сопротивление ПДХ, составляющее десятки кОм против единиц кОм у традиционных ДХ. В связи с этим КНИ ПДХ уверенно функционируют при рабочих токах 0,1-0,3 мА, тогда как

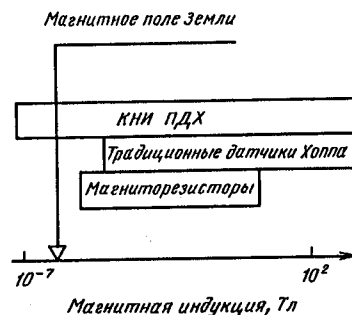


Рис. 2. Область магниточувствительности традиционных датчиков Холла, магниторезисторов и полевых датчиков Холла со структурой кремний на изоляторе (КНИ ПДХ)

Таблица 1

Основные характеристики	ПДХ	KSY-10
Производитель	МИКРОН (Россия)	Германия
Материал	Si	000GaAs
Размеры активной зоны, мм	0,08×0,08	0,2×0,2
Чувствительность, В/Тл	0,7...1,1	0,8...1,1
Удельная чувствительность, В/А Тл	1000...5000	170...230
Номинальный рабочий ток, мА	0,2	5
Максимальный рабочий ток, мА	1	7
Рабочая температура, °С	-40...150*; -40...220**	-40...150
Динамический диапазон, Тл	10 ⁻⁷ ...10 ²	10 ⁻⁴ ...10 ²

* Герметизация пластмассой;

** Металлический корпус.

Таблица 2

Тип МУИС	Индукция отпирания, мТл	Индукция запираания, мТл	Ток потребления, мА
TL170C	25	25	4-6
КНИ	10	10	1-3

рабочий ток традиционных ДХ составляет, как правило, единицы мА.

Повышение рабочей температуры. Традиционные кремневые ДХ изготавливают на эпитаксиальных пленках, изолированных от подложки $p-n$ -переходом. При повышении температуры утечки тока через такие $p-n$ -переходы большой площади начинают препятствовать нормальному функционированию ДХ. Поэтому рабочая температура Si ДХ не превышает обычно 80-100 °С. В КНИ ПДХ тело датчика расположено на изоляторе, препятствующем утечкам тока в подложку. Поэтому рабочая температура КНИ ПДХ может достигать 250-300 °С.

Снижение уровня шума. Уменьшение уровня шума в КНИ ПДХ обусловлено двумя причинами. Во-первых, существенно пониженной величиной рабочего тока (известно, что амплитуда низкочастотных шумов пропорциональна квадрату тока проходящего через прибор, а в большинстве практических применений ДХ и МУИС функционируют при частотах перехода порядка кГц). Во-вторых, с помощью напряжения смещения, поданного на затворы ПДХ, можно подавить рассеяние носителей заряда на границах раздела Si с внешним и внутренним диэлектриком и исключить вклад граничных состояний в шумы датчика, столь характерный для магнитных датчиков на основе обычных полевых транзисторов.

Полевое управление параметрами. Выбор величины и знака напряжения на затворах позволяет управлять толщиной канала переноса носителей в ПДХ и концентрацией носителей в канале. Иными словами, изменяя напряжение на затворах можно изменять магнитную чувствительность ПДХ, величину рабочего тока, уровень шумов и динамический диапазон.

Новые возможности схемного решения. Один из наиболее распространенных методов схемного включения ДХ состоит в использовании переменного магнитного поля. Особенность КНИ ПДХ состоит в том, что он дополнительно позволяет модулировать холловский сигнал с помощью изменения смещения на затворах.

В табл. 1 сопоставлены характерные параметры ПДХ и KSY-10, одного из лучших арсенид-галлиевых ДХ фирмы *Siemens*. Из табл. 1 видно, что КНИ ПДХ существенно превосходит KSY-10 по целому ряду важнейших характеристик, таких как удельная чувствительность (в 5-25 раз), вольтовая чувствительность (примерно на порядок с учетом разницы в размерах кристалла), рабочего тока (примерно на порядок), и не уступает ему по рабочей температуре.

Преимущества использования КНИ ПДХ в магнитоуправляемых ИС иллюстрируются табл. 2, где представлены данные об индукции срабатывания и рабочих токах КНИ МУИС и МУИС типа TL170C фирмы *Texas Instr*, США.

Указанные достоинства определяют широкие возможности использования КНИД ПДХ в сенсорной аппаратуре. Кроме улучшения характеристик устройств, где традиционно использовались датчики Холла, открывается возможность создания новых систем, разработка и производство которых на базе традиционных ДХ были оправданы технически или экономически. К подобным устройствам относятся, например, бесконтактные надежные клавиатуры ЭВМ и сотовых телефонов с низким электрообеспечением, линейные и матричные системы магнитовидения, бесконтактные системы поиска дефектов в электрокабелях, нефте- и газопроводах, системы навигации и многие другие.