

УДК 621.382.6.011.222

ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ПОЛЯРНОЙ МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

Г. А. ЕГИАЗАРЯН, М. С. БАРХУДАРЯН, А. С. САРКИСЯН

(Поступила в редакцию 5 сентября 1982 г.)

Приведены результаты исследования возможности создания трехэлектродного датчика магнитного поля, характеризующегося сменой знака магниточувствительности при изменении направления магнитного поля.

Выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью магнитодиоды типа КД304, имея большую магниточувствительность, не меняют знак магниточувствительности при изменении направления магнитного поля, т. е. не имеют полярной магниточувствительности, что ограничивает область их применения [1]. В работе [2] показано, что полярная магниточувствительность в сильной степени зависит от обработки поверхности полупроводниковой пластины и наличия на ней областей, имеющих различные скорости поверхностной рекомбинации. На основе этого были созданы магнитодиоды с зонами рекомбинации, обеспечивающие полярную магниточувствительность [3, 4].

В настоящей работе приводятся результаты разработки и исследования нового датчика магнитного поля, обладающего полярной магниточувствительностью. Этот трехэлектродный датчик магнитного поля формально следовало бы отнести к классу магнитотранзисторов (рис. 1а). Однако из рассмотрения конструкции и схемы включения обнаруживается принципиальное отличие механизма его действия от известных магнитотранзисторов [5].

Коллектор и база по выполняемым ими функциям эквивалентны — оба являются инжекторами дырок в прямо-смещенных диодных структурах Б-Э и К-Э, связанных электрически общим эмиттером. Предлагаемый датчик не обеспечивает практически усиления электрических сигналов ($\beta \sim 0,8 \div 0,9$) и, следовательно, не является магнитотранзистором.

В качестве исходного материала для изготовления магниточувствительного датчика использовался высокоомный кремний p -типа проводимости с удельным сопротивлением $20 \div 30$ кОм·см и временем жизни носителей не менее 600 мкс. Магниточувствительный датчик изготовлялся методом планарно-сплавной технологии и имел n - p - p^+ -структуру (рис. 1а). p - p^+ -контакты получались методом вакуумного напыления алюминия с последующим вплавлением. На противоположной стороне пластины создавался p - n -переход путем вакуумного напыления с дальнейшим вплавлением сплава золота с сурьмой.

Особенностью полученной структуры является то, что к низкоомным p^+ -слоям примыкают металлические контакты, полученные напылением

алюминия, которые с p^+ -областями создают омический контакт, а с высокоомным полупроводником — контакт металл — полупроводник. В итоге под частью контактной зоны получается низкоомный полупроводник того же типа проводимости, что и высокоомный полупроводник, а под меньшей частью — область контакта металл — полупроводник. В области контакта металл — полупроводник контактный слой полупроводника за счет разности работ выхода обедняется дырками и приобретает отрицательный пространственный заряд, т. е. образуется слой, где результирующая проводимость становится электронной, тогда как в остальном объеме она остается дырочной, как и до осуществления контакта, т. е. образуется инверсионный слой. При этом контакт металл — полупроводник является выпрямляющим и в случае, когда потенциал металла выше потенциала полупроводника, — включен в запиорном направлении (см. включение на рис. 1а).

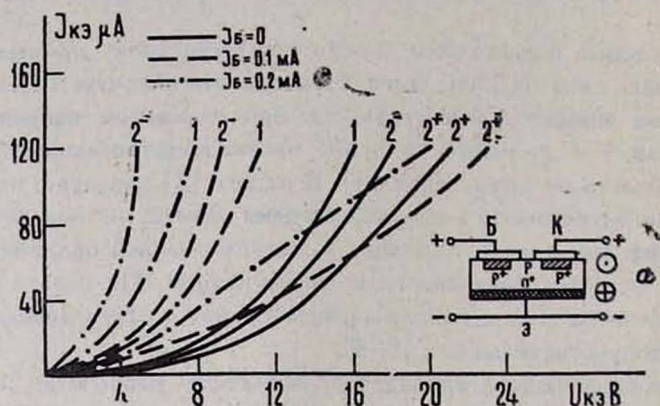


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика датчика при различных значениях базового тока и магнитного поля: $B = 0$; $2^+ - B^+ = 0,2 \text{ Т}$; $2^- - B^- = 0,2 \text{ Т}$.

На рис. 1 приведена вольт-амперная характеристика датчика при различных значениях базового тока и направлениях магнитной индукции.

Как можно видеть, при значениях $J_b \neq 0$ напряжение $U_{кз}$ уменьшается, появляется полярная магниточувствительность, которая с ростом J_b вместе с магниточувствительностью, определяемой выражением

$$\gamma^+ = \left(\frac{U_{кз} - U_0}{B} \right)_{J_b = C},$$

где U_0 — падение напряжения при $B = 0$, $U_{кз}$ — падение напряжения при $B \neq 0$, начинает увеличиваться с последующим насыщением (рис. 2). Таким образом, базовым током можно управлять полярной магниточувствительностью. С ростом магнитной индукции магниточувствительность γ^+ возрастает по линейному закону, а γ^- стремится к насыщению, оставаясь меньше γ^+ (рис. 3).

Наблюдающиеся явления можно объяснить механизмом работы датчика. При включении по схеме рис. 1а из прямо-смещенных p - p^+ -базового и коллекторного переходов происходит инжекция дырок. При этом приконтактный слой полупроводника, обладающий электронной проводимостью, оказывается смещенным в запиорном направлении и вблизи него образует-

ся обедненная область с малой проводимостью, и ток в основном протекает через p^+ -область контакта. Часть инжектированных из положительно смещенных p^+ -контактов дырок за счет диффузии проникает в обедненную область под контактом металла — полупроводник и захватывается ею.

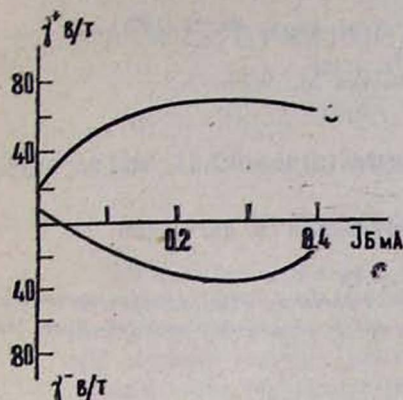


Рис. 2.

Рис. 2. Зависимость вольтовой магниточувствительности от базового тока при $B^\pm = 0,2$ Т и $J_{кз} = 120$ мкА.

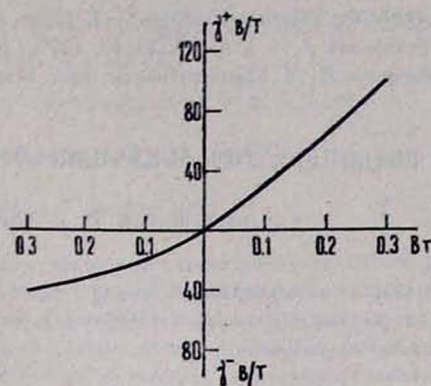


Рис. 3.

Рис. 3. Зависимость вольтовой магниточувствительности от индукции магнитного поля при $J_B = 0,2$ мА и $J_{кз} = 120$ мкА.

Без магнитного поля с появлением и ростом базового тока падение напряжения $U_{кз}$ уменьшается за счет введения из базового контакта дополнительных носителей тока в базовую область между К и Э. В магнитном поле при $J_B = 0$ наблюдается обычный рост падения напряжения, обусловленный магнитодиодным эффектом. При этом в направлении B^+ (носители отклоняются к левой стороне датчика) падение напряжения больше, чем при B^- . Это можно объяснить магнитодиодным эффектом и наличием захвата дырок обедненной областью.

В магнитном поле направления B^- при $J_B \neq 0$ носители тока отклоняются к правой стороне датчика, обогащая базовую область между Э и К носителями тока и тем самым уменьшая сопротивление этой области. При этом это сопротивление оказывается значительно меньше, чем при $J_B = 0$. В магнитном поле направления B^+ носители тока отклоняются к левой стороне датчика, где за счет большой скорости объемной рекомбинации (рекомбинация также с дырками, инжектированными из базового контакта) и захвата обедненным слоем коллекторного контакта происходит сильное уменьшение концентрации носителей тока и, следовательно, увеличение сопротивления базовой области между Э и К.

Рассмотренные процессы приводят к появлению полярной магниточувствительности, управляемой базовым током.

Разработанный датчик магнитного поля может быть использован для измерения магнитных полей и определения их направления, в дефектоскопии для неразрушающего контроля объема в бесконтактных переключателях, в датчиках давления и перемещения и в ряде устройств автоматики, вычислительной техники.

1. Егиазарян Г. А., Манвелян Ю. С. Электронная промышленность, вып. 1 (85), 42 (1980).
2. Каракушан Э. И., Стафеев В. Н. Труды симпозиума «Электронные процессы на поверхности и в монокристаллических слоях полупроводников», Изд. Наука, Новосибирск, 1967, стр. 49.
3. Arai M., Yamada G. Suppl. J. Japan Soc. Appl. Phys., 40, 93 (1971).
4. Егиазарян Г. А. и др. ФТП, 12, 1273 (1978).
5. Вукулин И. М. Магнитотранзисторы, Изд. Энергия, М., 1979.

ԲԵՎԵՌԱՅԻՆ ՄԱԳՆԻՍՏԱԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՄԲ ՄԱԳՆԻՍՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ՏՎԻԶ

Հ. Հ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Մ. Ս. ԲԱՐԽՈՒԴԱՐՅԱՆ, Ա. Ս. ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ

Բերված են մագնիսական դաշտի ուղղության փոփոխությունից մագնիսազգայունության նշանի փոփոխմամբ օժտված մագնիսական դաշտի տվիչի ստեղծման հնարավորության հետազոտման արդյունքները:

MAGNETIC FIELD SENSOR WITH POLAR MAGNETOSENSITIVITY

H. A. EGIAZARYAN, M. S. BARKHUDARYAN, A. S. SARKISYAN

The possibility of developing a magnetic field sensor characterized by the inversion of magnetosensitivity sign with the change of magnetic field direction is discussed. The controllability of polar magnetosensitivity by the base current is shown.