

ОПИСАНИЕ КЪМ ПАТЕНТ

ЗА

ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Заявителски № 110983
 (22) Заявено на 05.07.2011
 (24) Начало на действие
 на патента от: 05.07.2011

Приоритетни данни

(31) (32) (33)

(41) Публикувана заявка в
 бюлетин № 1 на 31.01.2013
 (45) Отпечатване на 31.10.2016
 (46) Публикувано в бюлетин № 10
 на 31.10.2016
 (56) Информационни източници:

(62) Разделена заявка от рег. №:

(73) Патентоприетател(и):

ИНСТИТУТ ПО СИСТЕМНО ИНЖЕНЕР
 СТВО И РОБОТИКА - БАН, 1113 СОФИЯ,
 УЛ. "АКАД. Г. БОНЧЕВ", БЛ. 2, П. К. 79

(72) Изобретател(и):

Сия Вълчева Лозанова
 Чавдар Станоев Руменин
 София

(74) Представител по индустриална
 собственост:

(86) № и дата на РСТ заявка:

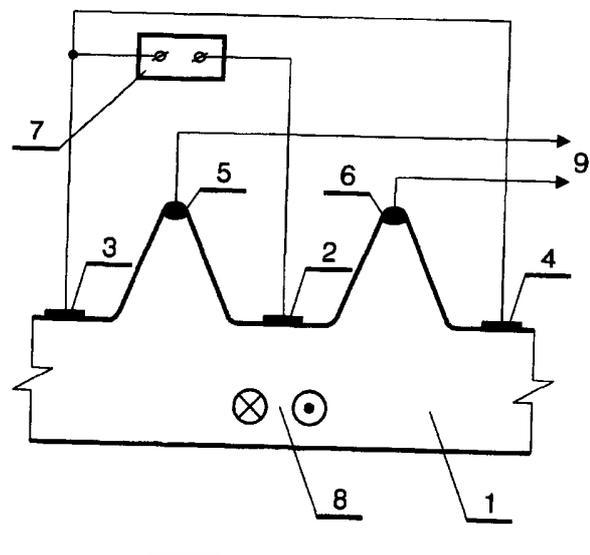
(87) № и дата на РСТ публикация:

(54) ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЕЛЕМЕНТ НА ХОЛ

(57) Полупроводниковият елемент на Хол съдържа полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт (2), а на разстояния и симетрично на него още по един краен омичен контакт (3 и 4). Двете зони, разположени от външните страни на крайните контакти (3 и 4), са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници, които са с еднаква площ и на чиито остри върхове има по един омичен контакт (5 и 6). Тези зони са симетрични спрямо централния контакт (2). Двата крайни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния контакт, а магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката, като контактите (5 и 6) върху ост-

рите върхове на триъгълните зони са Холовият изход (9) на сензора.

3 претенции, 3 фигури



(54) ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЕЛЕМЕНТ НА ХОЛ**Област на техниката**

Изобретението се отнася до полупроводников елемент на Хол, приложимо в областта на микро- и нано-електрониката, сензориката, безконтактната автоматика, уредостроенето, енергетиката, електротехниката, военното дело, медицината, системите за сигурност, контролно-измервателната технология, слабополевата и многомерната векторна магнитометрия и др.

Предшествващо състояние на техниката

Известен е полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт, на разстояния и симетрично на него са разположени последователно още по един вътрешен омичен контакт и по един външен омичен контакт. Двата външни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния. Магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката като двата вътрешни контакта са Холовият диференциален изход на елемента [1, 2].

Известен е също полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт, на разстояния и симетрично на него са разположени последователно още по един вътрешен омичен контакт и по един външен омичен контакт. Двата вътрешни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния. Магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката като двата външни контакта са Холовият диференциален изход на елемента [3, 4].

Известен е още и полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани последователно и на разстояния четири омични контакта - първи, втори, трети и четвърти. Първият и третият контакт са свързани през токоизточник, магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката, а вторият и четвъртият контакт са

Холовият диференциален изход на елемента [5].

Недостатък на тези полупроводникови елементи на Хол е изчерпаният капацитет от възможности за повишаване на магниточувствителността им чрез: оптимизиране на геометричните размери на съответните приборни конструкции; минимизиране на окъсяващите напрежения на Хол ефекти от разположението на омичните контакти; подходящи за целта технологични методи и процеси; използване на полупроводникови материали с висока подвижност на токоносителите, т.е. с ниска концентрация на електроните; приложение на концентратори на магнитното поле от магнитномеки сплави и среда на криогенни температури.

Техническа същност на изобретението

Задача на изобретението е да се създаде полупроводников елемент на Хол с повишена магниточувствителност чрез управление на повърхностната плътност на генерираните в магнитно поле допълнителни токоносители върху Холовите повърхности, определяща стойността на Холовото напрежение.

Тази задача се решава с полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт, а на разстояния и симетрично на него - още по един външен омичен контакт. Двете зони, разположени между централния и външните контакти са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници и са с еднаква площ, на чиито остри върхове има по един омичен контакт. Триъгълните зони са симетрични спрямо централния контакт. Двата външни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния. Магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката като контактите върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход на елемента.

Тази задача се решава също с полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт, а на разстояния и симетрично на него още по един краен омичен контакт. Двете зони, разположени от външните страни на крайните контакти са с форма на остроъгълни

равнобедрени триъгълници и са с еднаква площ, на чиито остри върхове има по един омичен контакт. Триъгълните зони са симетрични спрямо централния контакт. Двата външни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния. Магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката като контактите върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход на елемента.

Тази задача се решава още и с полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани на разстояние два захранващи омични контакта. Зоните, разположени съответно между тези контакти, и откъм външната страна на единия от тях са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници, на чиито остри върхове има по един омичен контакт. Двете триъгълни зони са с еднаква площ и са симетрични спрямо съответния захранващ контакт, разположен между тях. Захранващите контакти са свързани през токоизточник, магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката като контактите върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход на елемента.

Предимство на изобретението е повишената магниточувствителност на полупроводниковия елемент на Хол в резултат на редуцираната площ на областите, върху които се генерират допълнителните електрически товари в магнитно поле, водеща до нарастване на Холовото напрежение, т.е. на магниточувствителността.

Пояснение на приложените фигури

По-подробно изобретението се пояснява с три негови примерни изпълнения, дадени на приложените фигура 1, фигура 2 и фигура 3.

Примери за изпълнение на изобретението

Полупроводниковият елемент на Хол, представен на фигура 1 съдържа полупроводникова подложка 1 с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт 2, а на разстояния и симетрично на него - още по един външен омичен контакт 3 и 4. Двете зони, разположени между централния 2 и външните контакти 3 и 4 са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници и са с еднаква площ, на чиито остри върхове има по

един омичен контакт 5 и 6. Триъгълните зони са симетрични спрямо централния контакт 2. Двата външни контакта 3 и 4 са съединени и през токоизточник 7 са свързани с централния 2. Магнитно поле 8 е приложено перпендикулярно на равнината на подложката 1, като контактите 5 и 6 върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход 9 на елемента.

Полупроводниковият елемент на Хол, представен на фигура 2 съдържа полупроводниковата подложка 1 с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централния омичен контакт 2, а на разстояния и симетрично на него - още по един краен омичен контакт 3 и 4. Двете зони, разположени от външните страни на крайните контакти 3 и 4 са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници и са с еднаква площ, на чиито остри върхове има по един омичен контакт 5 и 6. Триъгълните зони са симетрични спрямо централния контакт 2. Двата крайни контакта 3 и 4 са съединени и през токоизточника 7 са свързани с централния 2. Магнитното поле 8 е приложено перпендикулярно на равнината на подложката 1, като контактите 5 и 6 върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход 9 на елемента.

Полупроводниковият елемент на Хол, представен на фигура 3 съдържа полупроводниковата подложка 1 с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани на разстояние двата захранващи омични контакта 2 и 3. Зоните, разположени съответно между тези контакти 2 и 3, и откъм външната страна на единия от тях - 3 са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници, на чиито остри върхове има по един омичен контакт 4 и 5. Двете триъгълни зони са с еднаква площ и са симетрични спрямо съответния захранващ контакт 3, разположен между тях. Контактите 2 и 3 са свързани през токоизточник 6, магнитното поле 7 е приложено перпендикулярно на равнината на подложката 1, като контактите 4 и 5 върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход 8 на елемента.

Действието на полупроводниковия елемент на Хол, съгласно изобретението, е следното.

При свързване на централния омичен контакт 2 и съответните крайни контакти 3 и 4 с токоизточника 7 при сензорите от фигура 1 и фигура 2, и двата контакта 2 и 3 с токоизточника

6 за сензора от фигура 3, в полупроводниковата подложка 1 протичат токове $I_{2,3}$, $I_{2,4}$ и съответно $I_{2,3}$ (фигура 3), чиито траектории са криволинейни. Тъй като захранващите контакти 2, 3 и 4 са с ниско съпротивление и представляват екви-

потенциални равнини, първоначално токовете $I_{2,3}$, $I_{2,4}$ и $I_{2,3}$ са насочени вертикално навътре в обема на подложката 1. След това траекториите стават успоредни на горната страна на подложката 1.

Когато се приложи външно магнитно поле В 8 (при сензорите от фигура 1 и фигура 2), и В 7 (за сензора от фигура 3), възниква силата на Лоренц $F_L = qV_{dr} \times B$. Тя отклонява латерално токовете траектории, при което те се "свиват" или "разширяват", където V_{dr} е дрейфовата скорост на електроните, а q е елементарният товар. В резултат върху страната с омичните контакти 2, 3, 4, 5 и 6 на полупроводниковата подложка 1 се генерират допълнително електрически товари - при "свиване" на траекторията нараства плътността на електроните, а при "разтягане" - доминират положителните донорни йони на кристалната решетка поради намаляване концентрацията на електроните. При фиксирани посоки на захранващия ток и на магнитното поле В 8 за симетричните спрямо централния контакт 2 сензори от фигура 1 и фигура 2, наляво от контакта 2 траекторията, например, се "свива", а надясно - тя се "разширява" (токовете $I_{2,3}$ и $I_{2,4}$ са противоположно насочени). Следователно в зоната наляво от контакта 2 ще нараства концентрацията на движещите се електрони, а на дясно от контакта 2 - ще намалява. За сензора от фигура 3, траекторията на захранващия ток $I_{2,3}$ се "свива" в областта между захранващите контакти 2 и 3, или се "разширява", в зависимост от посоките на тока $I_{2,3}$ и магнитното поле В 7. Концентрацията на движещите се токоносители между контактите 2 и 3 нараства, а извън тях, например от дясната страна на контакта 3 концентрацията на електроните намалява. В рамките на известното решение за сензорния елемент, Ходовите контакти регистрират равнинната плътност на допълнителните електрони, променена от действието на силата на Лоренц F_L .

В сензориката на ефекта на Хол, обаче не е използвано решение, повишаващо магниточувствителността чрез "немагнитно" управление на повърхностната плътност на допълнителните товари, генерирани от силата F_L . От електротех-

никата е добре известно, че потенциалът V на електрически заредена повърхност е функция от площта S . При фиксирано количество на електрическите товари $Q = \text{const}$, по аналогия с кондензатора, потенциалът V на повърхностната зона е обратно пропорционален на площта S , върху която са разположени тези товари, $V \sim 1/S$. По отношение сензорите на Хол следва, че колкото е по-малка площта на повърхностната зона, върху която се концентрират допълнителните електрически товари чрез отклоняващата сила на Лоренц, толкова по-висок ще бъде Холовият потенциал и съответно напрежението на Хол V_H . Следователно, управлявайки немагнитно повърхностната плътност на допълнителните товари чрез площта S на съответните зони, където те се разполагат, се открива възможността за повишаване напрежението на Хол V_H . $V_H \sim 1/S$. В предложените нови решения на трите полупроводникови елемента на Хол (фигура 1, фигура 2 и фигура 3) за първи път като метод за допълнително повишаване на магниточувствителността се използва нарастването на повърхностната плътност на товарите чрез редуцирането на площта S , върху която те са разположени. Избраната форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници на зоните, към които силата на Лоренц F_L отклонява движещите се електрони е най-подходяща, тъй като в посока на острия им връх ефективната площ S_{ef} силно се редуцира. В резултат именно там се увеличава значително плътността на електроните, и като следствие нараства напрежението на Хол V_H . По тази причина върху тези остри върхове се разполагат Ходовите контакти 5 и 6 (за сензорите от фигура 1 и фигура 2) и Холовите контакти 4 и 5 (за сензора от фигура 3).

Неочакваният положителен ефект на предложеното техническо решение е следствие от оригиналната Холова конструкция - триъгълната форма на зоните с Холови контакти, влияеща върху плътността на товарите и повишаваща напрежението $V_H(B)$ на съответните изходи 8 и 9.

Проведените експерименти с прототипи на дискретни силициевы елементи на Хол, съгласно фигура 1, фигура 2 и фигура 3 показват, че при еднакви условия - една и съща температура, полупроводников материал, геометрични размери, захранващ ток и стойност на магнитната индукция, новите решения генерират около 18 %

по-висока магниточувствителност от известните сензори. Новата разновидност на преобразувател на Хол може да се реализира и с интегрална силициева технология, например BiCMOS, CMOS или микромашининг.

Патентни претенции

1. Полупроводников елемент на Хол, съдържащ полупроводникова подложка с n-тип проводимост, върху една от страните на която са формирани централен омичен контакт, а на разстояния и симетрично на него още по един външен омичен контакт, двата външни контакта са съединени и през токоизточник са свързани с централния, а магнитното поле е приложено перпендикулярно на равнината на подложката, характеризиращ се с това, че двете зони, разположени между централния (2) и външните (3 и 4) контакти са с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници с еднаква площ, на чиито остри върхове е разположен по един омичен контакт (5 и 6), а триъгълните зони са симетрични спрямо централния контакт (2), като контактите (5 и 6) върху острите върхове на триъгълните зони са Холовият диференциален изход (9) на елемента.

2. Полупроводников елемент на Хол съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че двете зони с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници и с еднаква площ, на чиито остри върхове има по един омичен контакт (5 и 6) са разположени от външните страни на крайните

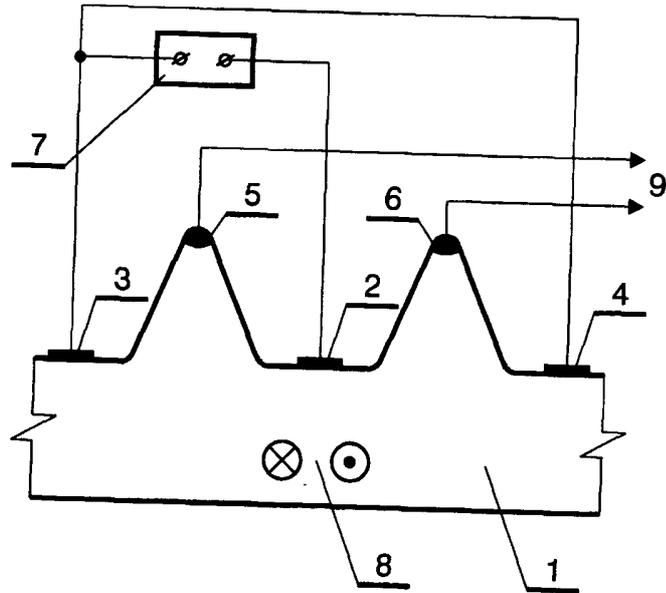
контакти (3 и 4), като те са симетрични спрямо централния контакт (2).

3. Полупроводников елемент на Хол съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че двете зони с форма на остроъгълни равнобедрени триъгълници, които са с еднаква площ и на чиито остри върхове има по един омичен контакт (4 и 5) са разположени съответно между захранващите контакти (2 и 3) и откъм външната страна на единия от тях (3), като те са симетрични спрямо разположения между тях захранващ контакт (3).

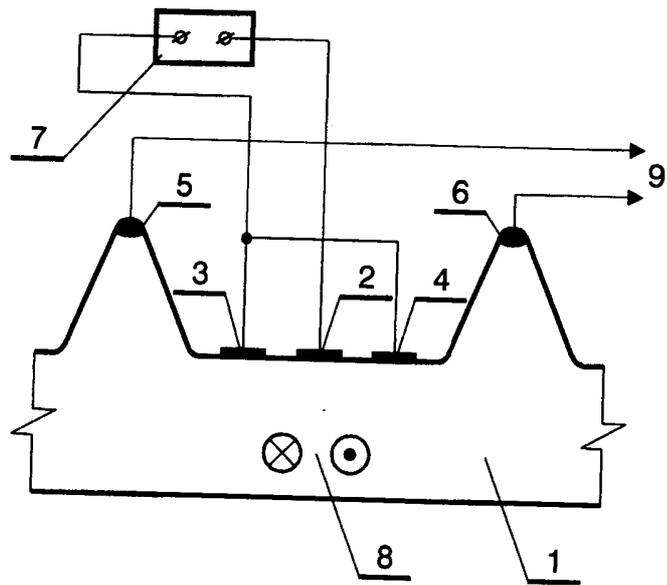
Приложение: 3 фигури

Литература

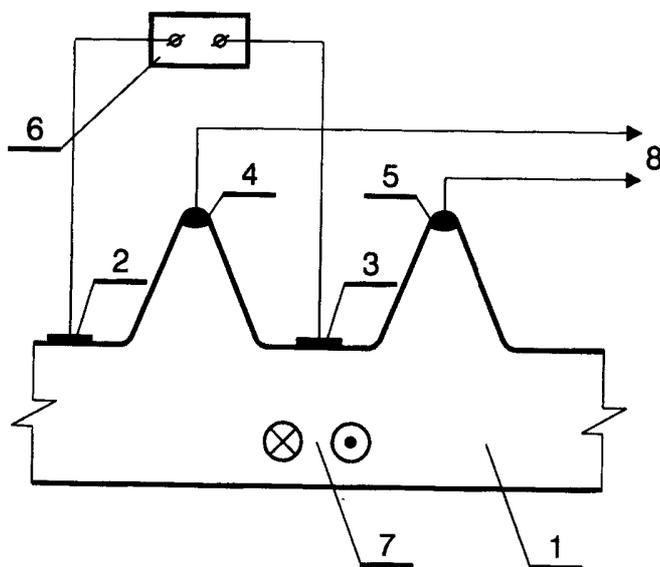
1. A. M. Huiser, H. P. Baltes, Numerical modeling of vertical Hall-effect devices, IEEE Electron Device Lett., vol. EDL-5 (1984) pp. 482-484.
2. R. S. Popovic, The vertical Hall-effect device, IEEE Electron Device Lett., vol. EDL-5 (1984) pp. 357-358.
3. Ч. Руменин, Д. Николов, А. Иванов, Патент BG 64492 В1/12.07.2001 г.
4. C. Roumenin, D. Nikolov, A. Ivanov, 3-D silicon vector sensor based on a novel parallel-field Hall microdevice, Sensors and Actuators, vol. A 110 (2004) pp. 219-227.
5. Ч. С. Руменин, Сензор на Хол, Изобр. А.С. № 41974/06.05.1986 г.



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3

Издание на Патентното ведомство на Република България
1113 София, бул. "Г. М. Димитров" 52-Б

Експерт: Св. Демиревска

Пор. № 68692