



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008137678/28, 19.09.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.09.2008

(45) Опубликовано: 27.12.2009 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2327253 C2, 20.06.2008. SU 1769646 A1,
20.06.2000. JP 2005050845 A, 24.02.2005. JP
2030102 A, 31.01.1990. JP 6085336 A, 25.03.1994.
US 4326188 A, 20.04.1982. WO 01/82387 A1,
01.11.2001. EP 1622210 A1, 01.02.2006.

Адрес для переписки:

424000, Республика Марий Эл,
г.Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, ГОУ ВПО
Марийский государственный технический
университет, отдел интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Игумнов Владимир Николаевич (RU),
Большаков Александр Павлович (RU),
Филимонов Виталий Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Марийский государственный
технический университет (RU)

(54) УПРАВЛЯЕМЫЙ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЙ РЕЗИСТОР

(57) Реферат:

Изобретение относится к области
криоэлектроники и может быть использовано в
высокотемпературных сверхпроводниковых
(ВТСП) схемах. Техническим результатом
изобретения является повышение качества
управляемого резистора, уменьшение его
габаритов и сложности, возможность
автоматического управления и применения при
азотных температурах. Сущность изобретения:
в управляемом сверхпроводниковом резисторе

резистивный магниточувствительный элемент
выполнен в форме меандра из
толсто пленочного высокотемпературного
сверхпроводника, магнитный управляющий
элемент выполнен в виде толсто пленочной
высокотемпературной сверхпроводящей
дорожки, расположенной параллельно
плоскости меандра, симметрично его оси и
изолированно от него. При этом параметры
устройства связаны между собой
определенным соотношением. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008137678/28, 19.09.2008**

(24) Effective date for property rights:
19.09.2008

(45) Date of publication: **27.12.2009 Bull. 36**

Mail address:

**424000, Respublika Marij Ehl, g.Joshkar-Ola, pl.
Lenina, 3, GOU VPO Marijskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet, otdel intellektual'noj
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Igumnov Vladimir Nikolaevich (RU),
Bol'shakov Aleksandr Pavlovich (RU),
Filimonov Vitalij Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
Marijskij gosudarstvennyj tehničeskij
universitet (RU)**

(54) CONTROLLED SUPERCONDUCTOR RESISTOR

(57) Abstract:

FIELD: physics; semiconductors.

SUBSTANCE: invention relates to cryoelectronics and can be used in high-temperature superconducting (HTSC) circuits. In the controlled superconductor resistor, the resistive magnetosensitive element is made in form of a meander from a thick-film high-temperature superconductor. The magnetic control element is made in form of a thick-film high-temperature

superconducting track, which lies parallel to the plane of the meander, symmetrical about its axis and insulated from it. Parametres of the device have a well defined relationship.

EFFECT: high quality of controlled resistor, reduction of its dimensions and complexity, possibility of automatic control and use at nitrogen temperatures.

2 cl, 3 dwg

RU 2 377 701 C1

RU 2 377 701 C1

Изобретение относится к области криоэлектроники и может быть использовано в высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) схемах.

Известны устройства, позволяющие изменять сопротивление в цепи - переменные резисторы [1]. Такие устройства используют механические контакты движка и резистивной пленки, вследствие чего обладают повышенным уровнем шумов.

Наиболее близким техническим решением является переменный магниторезистор, содержащий полупроводниковый магниторезистивный элемент, сопротивление которого изменяется под действием магнитного поля (магниторезистивный эффект).

Магнитное поле создается с помощью подвижного постоянного магнита [2, с.119-125].

К недостаткам известного устройства относятся большие габариты, необходимость механического перемещения магнита, низкая технологичность, изменение параметров или невозможность работы полупроводникового резистивного элемента при азотных температурах.

Техническим результатом изобретения является повышение качества управляемого резистора, уменьшение его габаритов и сложности, возможность автоматического управления и применения при азотных температурах.

Указанный технический результат достигается тем, что в известном устройстве в качестве резистивного элемента используют толстопленочную ВТСП дорожку, имеющую форму периодической функции. Управляющее магнитное поле создается током, протекающим по управляющей толстопленочной ВТСП дорожке, которая располагается параллельно и симметрично оси магниторезистивного элемента. Резистивная и управляющая дорожки находятся на изолирующей подложке и разделены изолирующей пленкой.

Устройство работает следующим образом. В отсутствие управляющего тока (магнитного поля) резистивная дорожка находится в сверхпроводящем состоянии, и ее сопротивление равно нулю. При пропускании управляющего тока им создается магнитное поле, индукция которого B определяется по известной формуле:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad (1)$$

где μ_0 - магнитная постоянная;

I - управляющий ток;

r - расстояние от линии тока.

Если совместить ось абсцисс с серединой управляющей дорожки, то можно считать:

$$r = y + h_d + h_R, \quad (2)$$

где y - величина ординаты точки;

h_d - толщина диэлектрика;

h_R - толщина резистивной дорожки.

Тогда:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi y + h_d + h_R}. \quad (3)$$

При достижении управляющим током некоторой величины I_0 на оси абсцисс над серединой управляющей дорожки магнитное поле достигнет критической величины

$B_{кр}$:

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi h_d + h_R}. \quad (4)$$

В резистивной дорожке над осью абсцисс возникнут области нормального

состояния материала ВТСП, и дорожка приобретет некоторое сопротивление R_0 . С ростом управляющего тока нормальные области будут расширяться, сопротивление дорожки - расти, пока вся резистивная дорожка не перейдет в нормальное состояние с сопротивлением R_m :

$$R_m = \rho \frac{l_m}{b_R h_R}, \quad (5)$$

где ρ - удельное сопротивление материала ВТСП в нормальном состоянии;

l_m - длина резистивной дорожки;

b_R - ширина резистивной дорожки;

h_R - толщина резистивной дорожки.

Поскольку функция, описывающая форму резистивной дорожки, принята в виде периодической, можно записать:

$$l_m = l_0 n, \quad (6)$$

где l_0 - длина одного периода резистивной дорожки;

n - общее число периодов дорожки.

Таким образом, при увеличении тока в управляющей дорожке от 0 до I_m сопротивление управляемого резистора возрастет от 0 до R_m . Зависимость $R=f(I)$ будет определяться видом функции $y=f(x)$.

Для случая $0 < R < R_m$ длина резистивной дорожки находится в интервале $0 < l < l_m$.

Здесь $y \gg h_d + h_R$. В декартовых координатах x, y можно записать:

$$l_0 = 4 \int_0^{x(y_1)} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx, \quad (7)$$

где $x(y_1)$ - функция, обратная от $y=f(x)$.

Величина

$$Y_1 = \mu_0 I_1 / 2\pi B_{кр} \quad (8)$$

определяет расстояние от оси абсцисс, на котором $B \geq B_{кр}$, и сверхпроводимость отсутствует при токе управления I_1 . Тогда можно записать выражение:

$$R = \frac{4n\rho}{b_R h_R} \int_0^{x(y_1)} \sqrt{1 - \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx, \quad (9)$$

Наиболее простым случаем является резистивная дорожка типа «меандр» (фиг.2), аналогичная синусоиде, где полуволны трансформированы в прямоугольники. Для этого случая, используя (7) и (8), можно записать выражения:

$$l_0 = 2 \frac{\mu_0}{\pi B_{кр}} I, \quad (10)$$

$$R = 2 \frac{n\rho\mu_0}{\pi h_R b_R B_{кр}} I, \quad (11)$$

Выражение (11) показывает, что на участке $I_0 \dots I_m$ зависимость $R(I)$ линейна. При $I > I_m$ в общее сопротивление включается сопротивление участков, параллельных оси x :

$$\Delta R = \frac{n\rho\mu_0}{\pi h_R d_R B_{кр}} I, \quad (12)$$

где d_R - длина полуволны меандра.

При дальнейшем увеличении тока изменения сопротивления не происходит.

Сопоставительный анализ признаков, изложенных в предложенном техническом решении, с признаками прототипа показывает, что заявляемый управляемый сверхпроводниковый резистор отличается от прототипа тем, что магниточувствительный резистивный элемент выполнен в форме меандра из толсто пленочного ВТСП, управляющий элемент выполнен в виде параллельной толсто пленочной ВТСП дорожки, расположенной вдоль и симметрично оси меандра и изолированной от него, а соотношения между параметрами устройства определяются выражением (11). Все это говорит о соответствии технического решения критерию «новизна».

Сравнение заявленного технического решения с другими техническими решениями в данной области техники показало, что управляемый сверхпроводниковый резистор, включающий резистивный элемент в виде толсто пленочного ВТСП меандра и управляющий элемент в виде толсто пленочной ВТСП дорожки, расположенной параллельно плоскости меандра и симметрично к его оси, соотношение параметров которых определяется выражением (11), неизвестен. Кроме того, совокупность существенных признаков вместе с ограничительным позволяет обнаружить у заявляемого решения иные в отличие от известных свойства, к числу которых можно отнести следующие:

- меньшие габариты;
- возможность автоматического управления;
- линейная характеристика;
- более высокая технологичность.

Таким образом, иные в отличие от известных свойства, присущие предложенному техническому решению, доказывают наличие существенных отличий, направленных на достижение технического результата.

На фиг.1 показан управляемый сверхпроводниковый резистор. На фиг.2 - одна волна магниторезистивного элемента в координатах x, y . На фиг.3 представлен график зависимости $R(I)$ устройства.

Управляемый сверхпроводниковый резистор представляет собой подложку MgO ($50 \times 20 \times 1$ мм) 1, на которую наносили и вжигали по типовой толсто пленочной технологии управляющий элемент - дорожку 2 ($50 \times 2 \times 0,05$ мм) из ВТСП $YBa_2Cu_3O_7$. Затем с помощью магнетронного распыления наносили изолирующий слой MgO (40×15 мм $\times$ 10 нм) 3. Далее наносили и вжигали по типовой толсто пленочной технологии магниторезистивный элемент - меандр 4 ($n=4$; $d_R=5$ мм; $a_R=5$ мм; $b_R=1$ мм; $h_R=0,05$ мм), $B_{кр}=0,1$ мТл, $\rho=1,2$ Ом·м из ВТСП $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$. Повышая управляющий ток, получили область нормального состояния ВТСП 5 (фиг.2). Величина начального тока I_0 составила 26 мА; $R_0=200$ Ом; $R_m=1,9$ МОм; $I_m=2$ А; $\Delta R=0,8$ МОм (фиг.3). График на фиг.3 показывает, что зависимость $R(I)$ в широком диапазоне является линейной.

Источники информации

1. Зайцев Ю.В. Переменные резисторы. - М.: Энергия, 1974. - 360 с.

2. Мартюшков К.И., Тихонов А.И., Зайцев Ю.В. Прецизионные непроволочные резисторы. - М.: Энергия, 1979. - 192 с.

Формула изобретения

1. Управляемый сверхпроводниковый резистор, содержащий резистивный магниточувствительный и магнитный управляющий элементы, отличающийся тем, что резистивный магниточувствительный элемент выполнен в форме меандра из толстопленочного высокотемпературного сверхпроводника, магнитный управляющий элемент выполнен в виде толстопленочной высокотемпературной сверхпроводящей дорожки, расположенной параллельно и симметрично оси меандра и изолированной от него.

2. Управляемый сверхпроводниковый резистор по п.1, отличающийся тем, что соотношение между сопротивлением R , управляющим током I и другими параметрами резистора определяется из выражения

$$R = 2 \frac{n \rho \mu_0}{\pi h_R b_R B_{кр}} I,$$

где n - число периодов меандра резистивного магниточувствительного элемента;
 ρ - удельное сопротивление материала резистивного магниточувствительного элемента;

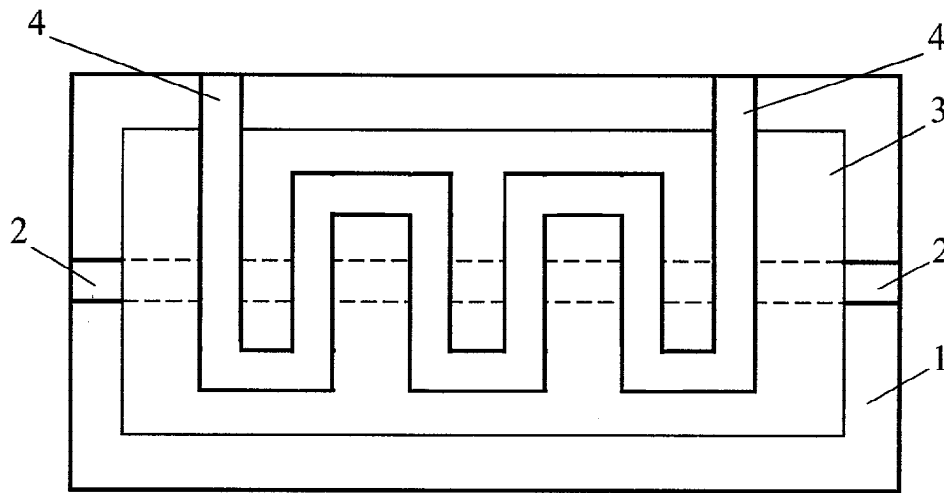
μ_0 - магнитная постоянная;

I - ток в магнитном управляющем элементе;

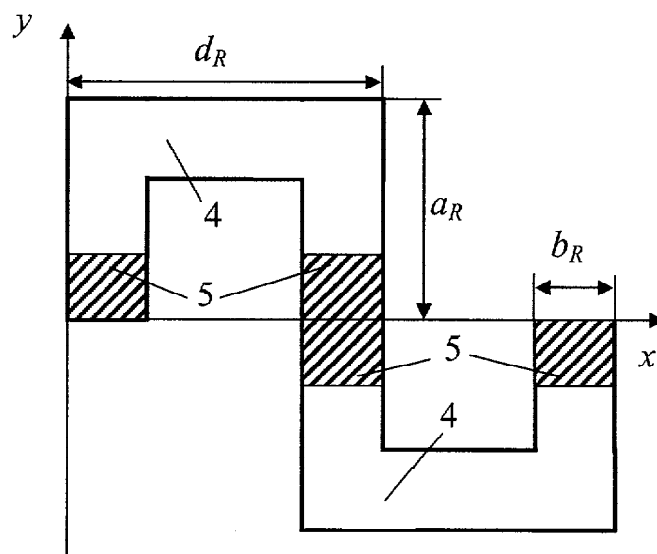
h_R - толщина дорожки резистивного магниточувствительного элемента;

b_R - ширина дорожки резистивного магниточувствительного элемента;

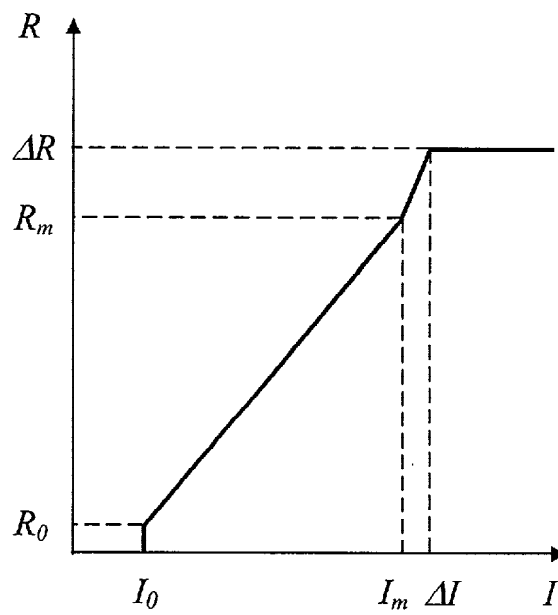
$B_{кр}$ - индукция критического магнитного поля материала резистивного магниточувствительного элемента.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3