



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008137705/09, 19.09.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.09.2008

(45) Опубликовано: 20.11.2009 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2016459 C1, 15.07.1994. RU 2198458 C2,
10.02.2003. US 3441800 A, 29.04.1969.

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),
Скулкин Николай Михайлович (RU),
Большаков Александр Павлович (RU),
Филимонов Виталий Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) ДВУХСТУПЕНЧАТЫЙ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЙ
ТОКООГРАНИЧИТЕЛЬ-ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Предложен двухступенчатый
сверхпроводниковый
токоограничитель-выключатель и способ его
изготовления. Изобретение относится к
криоэлектронике и может быть использовано
для автоматической защиты электрических
цепей от токовых перегрузок. Техническим
результатом изобретения является повышение
скорости и надежности отключения рабочей
цепи, а также включение предупреждающего
сигнала путем введения дополнительного реле
и токоограничителя. Токоограничители
выполнены в виде параллельных толстых СП
пленок, разделенных изолирующей пленкой.
Параметры структуры определяются из
соотношений:

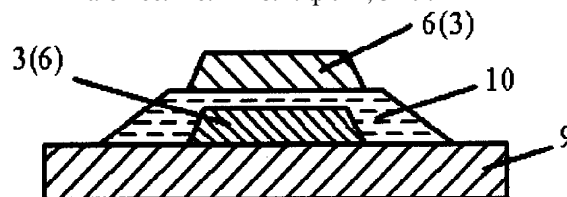
$$b_1 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{kp1} h_{c1}} B_{kp2},$$

$$b_2 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{kp2} h_{c2}} B_{kp2}, \text{ где } h_{c1}, b_1, (h_{c2}, b_2)$$

- толщина и ширина дополнительного

(основного) СП токоограничителя; h_d -
толщина изолирующей пленки;

$j_{kp1}(j_{kp2})$ - критическая плотность тока
дополнительного (основного)
токоограничителя; B_{kp2} - индукция
критического поля основного
токоограничителя; k - коэффициент первого
срабатывания ($k=0,6-0,9$). Технический
результат достигается также тем, что
первоначально на подложку наносят толстую
пленку токоограничителя, материал которого
имеет большую температуру вжигания, затем
ее вжигают, после чего наносят изолирующий
слой, затем пленку второго токоограничителя
и вжигают ее. 2 с. и 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21), (22) Application: **2008137705/09, 19.09.2008**(24) Effective date for property rights:
19.09.2008(45) Date of publication: **20.11.2009 Bull. 32**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

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

(73) Proprietor(s):

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

(54) TWO-STAGE SUPER-CONDUCTING CURRENT LIMITER-CIRCUIT BREAKER AND METHOD OF ITS PRODUCTION

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering .

SUBSTANCE: invention relates to two-stage superconducting (SC) current-limiter circuit breaker and method of its production, and can be used in cryoelectronics for automatic overcurrent protection. Current limiter represents parallel CS thick films separated by insulating film. Structure parameters are defined by relationship

$$b_1 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{cp1} h_{c1}} B_{cd2},$$

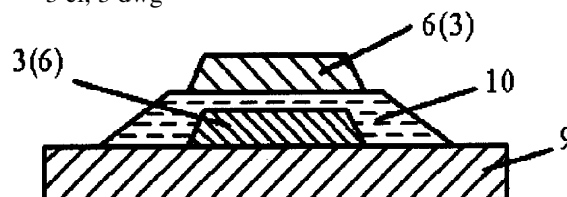
$$b_2 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{cd2} h_{c2}} B_{cd2},$$

where h_{c1} , b_1 , (h_{c2} , b_2) are thickness and width of additional (primary) SC current limiter, h_d is the thickness of insulating film, j_{cp1} (j_{cp2}) is critical current density of additional (primary) current limiter, B_{kp2} is induction of the main current

limiter critical field, k is the factor of first operation ($k=0.6-0.9$). Positive effect of proposed invention is ensured by applying current limiter thick film on substrate, the current limiter featuring higher firing temperature, firing aforesaid thick film in and, then insulating layer is applied. Now the film of second current limiter is applied to be fired in.

EFFECT: higher speed and reliability of breaking operating circuit, cutting in warning signal via connection of additional relay and current limiter.

3 cl, 3 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к области криоэлектроники, в частности может быть использовано для автоматической защиты цепей от токовых перегрузок.

Известны устройства защиты от токовых перегрузок, содержащие параллельно замкнутую контактную группу и последовательно включенный электромагнит, отключающий цепь при достижении определенного тока [1]. Недостатком таких устройств является износ контактов при частом срабатывании и больших токах цепи.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является токоограничитель-выключатель, содержащий нормально замкнутую контактную группу, последовательно соединенную с катушкой электромагнита, и высокотемпературный сверхпроводник (ВТСП), токоограничитель, включенный параллельно с катушкой, имеющий ток переключения, равный критическому току цепи [2].

К недостаткам известного токоограничителя-выключателя относится отсутствие предупреждающего сигнала о возможном отключении рабочей цепи и недостаточная скорость отключения.

Известен способ изготовления устройства, когда ВТСП пленочные дорожки наносят на изолирующую подложку по стандартной тонко- или толстопленочной технологии [3, стр.46-49]. Недостатком такого способа является то, что он пригоден в случае одинаковых материалов пленок. В данном устройстве используются сверхпроводники (ВТСП) с различными критическими параметрами, а следовательно, температурами вжигания. Если вначале нанести сверхпроводник с более низкой температурой вжигания, то в процессе вжигания верхнего элемента свойства нижнего элемента деградируют.

Техническим результатом изобретения является существование предупреждающего сигнала и повышение скорости и надежности отключения рабочей цепи.

Указанный технический результат достигается тем, что известное устройство дополнительно снабжено вторым СП ограничителем и вторым реле с нормально разомкнутыми контактами, токоограничитель и катушка реле соединены между собой параллельно, а с остальной схемой - последовательно. Токоограничители выполнены в виде СП толстопленочных дорожек, размещенных одна над другой, разделенных изолирующей пленкой. Структура сверхпроводник 1 - изолятор - сверхпроводник 2 нанесена на изолирующую подложку.

Если ток в рабочей цепи не превышает $I_{кр}$, оба токоограничителя находятся в сверхпроводящем состоянии и сопротивление устройства равно нулю. При достижении током величины $I_{кр1}$ первый токоограничитель переходит в нормальное состояние, и первое реле срабатывает, поскольку его напряжение срабатывания $U_{ср}$ пропорционально сопротивлению токоограничителя $R_{с1}$

$$U_{ср1} = U_{с1} = R_{с1}I_{кр1}, \quad (1)$$

Данное реле подает предупреждающий сигнал или включает дополнительную схему.

Ток $I_{кр1}$ составляет 0,6-0,9 от $I_{кр2}$ - критического тока рабочей цепи.

$$I_{кр2} = kI_{кр1}. \quad (2)$$

После срабатывания первого токоограничителя ток в рабочей цепи падает на величину

$$\Delta I_1 = U_{р1} \frac{R_{р1}R_{с1}}{R_{р1} + R_{с1}}, \quad (3)$$

где $R_{р1}$ - сопротивление катушки первого реле.

Если ток рабочей цепи продолжает расти, то при его величине $I_{кр2}$ переключается в нормальное состояние второй токоограничитель и

$$I_{кр2} = j_{кр2} b_{c2} h_{c2}, \quad (4)$$

5 где $j_{кр2}$ - плотность критического тока второго токоограничителя;

b_{c2} - ширина пленки СП2;

h_{c2} - толщина пленки СП2.

В этом случае на СП2 появляется падение напряжения U_{c2} , при котором

10 срабатывает второе реле

$$U_{ср2} = U_{c2} = R_{c2} j_{кр2} b_{c2} h_{c2}. \quad (5)$$

Чтобы увеличить скорость и надежность срабатывания второго токоограничителя, (СП2) необходимо одновременно использовать еще и механизм подавления его

15 сверхпроводимости с помощью магнитного поля. Это поле создается током I_1 , проходящим через СП1. Индукция поля B_1 определяется по известной формуле

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1, \quad (6)$$

20 где μ_0 - магнитная постоянная;

r - расстояние от проводника.

Необходимо, чтобы индукция этого поля равнялась критической индукции $B_{кр2}$

$$B_1 = B_{кр2} = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_{кр2}. \quad (7)$$

25 Поскольку $r=h_d$ - толщина диэлектрика (Д), то

$$B_{кр2} = \frac{\mu_0}{2\pi h_d} I_{кр2} = \frac{\mu_0}{2\pi r} j_{кр2} b_2 h_{c2}. \quad (8)$$

Отсюда можно записать соотношение

$$30 \quad b_2 = \frac{2\pi h_d}{\mu_0 j_{кр2} h_{c2}} B_{кр2}. \quad (9)$$

Из приведенных выражений следует соотношение:

$$35 \quad j_{кр2} = \frac{b_1 h_{c1}}{k b_2 h_{c2}} j_{кр1}, \quad (10)$$

где k - коэффициент первого срабатывания ($k=0,6-0,9$) из (1).

Приравняв (9) и (10), получим соотношение

$$40 \quad b_1 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{кр1} h_{c1}} B_{кр2}. \quad (11)$$

Выражения (9) и (11) позволяют выбрать необходимые параметры устройства.

Указанный технический результат достигается также тем, что в известном способе нанесения ВТСП элементов вначале на подложку наносят материал с более высокой температурой вжигания, вжигают его, затем наносят тонкий изолирующий слой, после

45 чего сверху на изолирующий слой наносят второй ВТСП материал с более низкой температурой вжигания и вжигают его, термообработывая всю структуру.

Именно такой способ позволит реализовать работу всей СП1-Д-СП2 структуры.

Это позволяет сделать вывод, что заявленные технические решения связаны между

50 собой единым изобретательским замыслом.

Сопоставительный анализ признаков, изложенных в преддущем техническом решении, с признаками прототипов показывает, что заявляемый двухступенчатый сверхпроводниковый токоограничитель-выключатель отличается от прототипа

наличием второго ВТСП-токоограничителя и второго реле, структуры СП1-Д-СП2, параметры которой связаны между собой выражениями (9) и (11), а способ изготовления устройства отличается тем, что вначале наносят ВТСП материал с высокой температурой вжигания, вжигают его, затем наносят слой изолятора, после чего наносят второй ВТСП слой и вжигают его. Все это говорит о соответствии технических решений критерию "новизна".

Сравнение заявленных технических решений с другими техническими решениями в данной области техники показало, что двухступенчатый сверхпроводниковый токоограничитель-выключатель, содержащий второй токоограничитель, второе реле, структуру СП1-Д-СП2, параметры которой связаны между собой выражениями (9) и (11), изготавливаемый с поочередным нанесением и вжиганием сверхпроводников, когда сверхпроводник с более высокой температурой вжигания наносится первым, неизвестен, кроме того, совокупность существенных признаков вместе с ограничительными позволяет обнаружить у заявленных решений иные, в отличие от известных, свойства, к числу которых можно отнести следующие:

- наличие предупреждающего состояния;
- повышение скорости и надежности отключения рабочей цепи;
- более высокое сопротивление ограничителя;
- уменьшение площади устройства;
- возможность расчетов и согласования параметров устройства;
- возможность задания тока предупреждения.

Таким образом, иные, в отличие от известных, свойства, присущие предложенным техническим решениям, доказывают наличие существенных отличий, направленных на достижение технического результата.

На фиг.1 представлены принципиальная схема устройства. На фиг.2 показан разрез СП1-Д-СП2-элемента. На фиг.3 показан график работы устройства.

На фиг.1 показаны рабочая (1) и сигнальная (2) электрические цепи. Устройство состоит из токоограничительного элемента СП1 (3), катушки реле (4), нормально замкнутых контактов (5), второй катушки реле (6), нормально замкнутых контактов (8). На фиг 2. представлен разрез структуры устройства СП1-Д-СП2. В зависимости от температуры вжигания на подложке (9) может находиться СП1 или СП2. В данном случае на подложку MgO (20×100 мм, толщина 1 мм) наносили толстую пленку Y-123 ($h_{C2}=100$ мкм) и вжигали при температуре 1100°C, затем наносили пленку Bi-2212 ($h_{C1}=80$ мкм), затем напыляли изолирующий слой (10) MgO ($h_d=0,1$ мкм) методом магнетронного распыления. После этого наносили пленку Bi-2212 ($h_{C1}=80$ мкм) и вжигали при температуре 950°C.

Критический ток рабочей цепи равен $I_{кр2}=50$ А, ток предварительного включения сигнальной цепи $I_{кр1}=0,8I_{кр2}=40$ А. Характеристики материала СП1 и

СП2 - $j_{кр1}=2 \cdot 10^4$ А/см², $j_{кр2}=3 \cdot 10^2$ А/см², $B_{кр2}=5$ Тл.

Согласно выражениям (9) и (11) $b_2=0,8$ см, $b_1=1,25$ см.

Устройство работает следующим образом: в интервале 0 - t_1 ток рабочей цепи

$I_0 < I_{кр1} < I_{кр2}$. Сопротивление устройства равно нулю. При $t > t_1$ ток рабочей цепи

возрастает и при $t=t_2$, $I=I_{кр1}$. Первый токоограничитель переходит в нормальное состояние, ток в цепи падает и включается сигнальная цепь. Если ток продолжает расти, то при $t=t_3$ переключается второй токоограничитель и устройство отключает рабочую цепь. При уменьшении нагрузки (устранение неполадок) в момент $t=t_4$

возможно включение рабочей цепи и при $t=t_5$ устройство обладает нулевым сопротивлением.

Использование предложенного двухступенчатого сверхпроводникового токоограничителя-выключателя и способа его изготовления позволит повысить надежность и быстродействие устройства и осуществить возможность предупреждения отключения.

Источники информации

1. Жданов А.С., Овчинников В.В. Электромагнитные реле тока и напряжения - М.: Энергоатомиздат, 1981.
2. Патент РФ 2198458, H02H 9/02, 2003, БИ №4.
3. Гершензон М.Е., Тарасов М.А. Высокотемпературные сверхпроводники и приборы на их основе // Итоги науки и техники: сер. Электроника, т.26, 1990 - с.38-74.

Формула изобретения

1. Двухступенчатый сверхпроводниковый токоограничитель-выключатель, содержащий сверхпроводниковый (СП) токоограничитель, параллельно соединенный с катушкой реле, и нормально замкнутую контактную группу, отличающийся тем, что содержит дополнительный токоограничитель и реле с нормально разомкнутыми контактами, соединенные параллельно между собой и последовательно с остальной схемой устройства.

2. Двухступенчатый сверхпроводниковый токоограничитель-выключатель по п.1, отличающийся тем, что токоограничители выполнены на изолирующей подложке в виде структуры толсто пленочный СП токоограничитель 1 - тонко пленочный изолятор - толсто пленочный СП токоограничитель 2, параметры структуры связаны соотношениями

$$b_1 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{кр1} h_{C1}} B_{кр2},$$

$$b_1 = \frac{2\pi k h_d}{\mu_0 j_{кр2} h_{C2}} B_{кр2},$$

где h_{C1} , b_1 - толщина и ширина дополнительного СП токоограничителя;

h_{C2} , b_2 - толщина и ширина основного СП токоограничителя;

h_d - толщина изолирующей пленки;

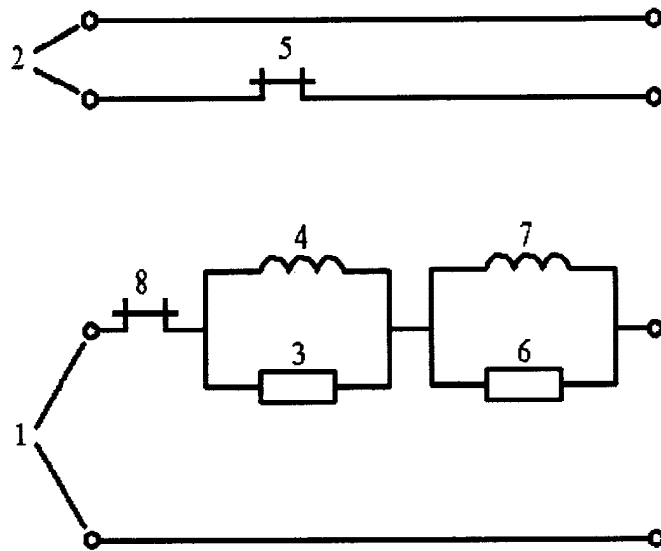
$j_{кр1}$ - критическая плотность тока дополнительного токоограничителя;

$j_{кр2}$ - критическая плотность тока основного токоограничителя;

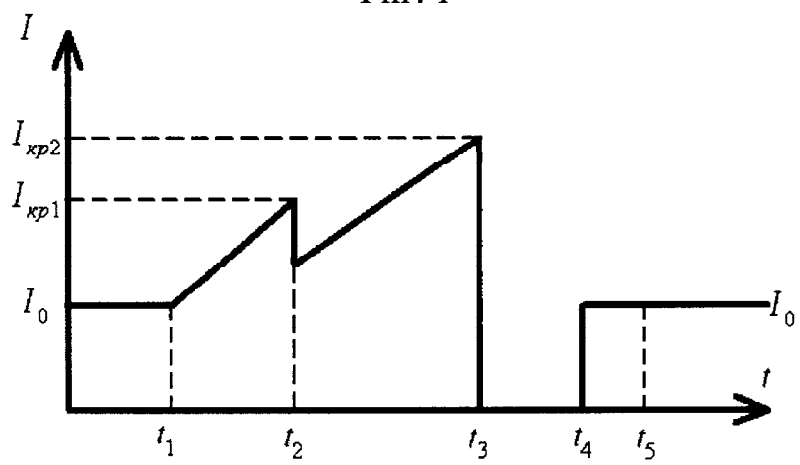
$B_{кр2}$ - индукция критического поля основного токоограничителя;

k - коэффициент первого срабатывания ($k=0,6-0,9$).

3. Способ изготовления двухступенчатого сверхпроводникового токоограничителя-выключателя, при котором на изолирующую подложку по толсто пленочной технологии наносят пленочную дорожку токоограничитель из высокотемпературного сверхпроводника, отличающийся тем, что вначале наносят дорожку из материала с более высокой температурой вжигания, затем проводят ее вжигание, после чего наносят изолирующую пленку, затем параллельно первой наносят вторую дорожку и вжигают ее.



Фиг. 1



Фиг. 3