



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007127940/28, 20.07.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 20.07.2007

(45) Опубликовано: 10.02.2009 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2253169 C1, 27.05.2005. RU 2224313 C2, 20.02.2004. US 4942379 A, 17.07.1990. EP 0458043 A1, 27.11.1991. JP 4137799 A, 12.05.1992.

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),
 Буев Андрей Романович (RU),
 Иванов Валерий Васильевич (RU),
 Большаков Александр Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

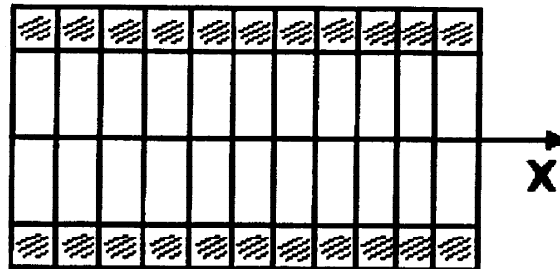
Государственное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 Марийский государственный технический
 университет (RU)

(54) СОСТАВНОЙ МАГНИТНЫЙ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЙ ЭКРАН

(57) Реферат:

Изобретение относится к криоэлектронике и криоэлектротехнике. Технический результат изобретения - повышение качества магнитных экранов, а также экономия высокотемпературного сверхпроводникового материала, путем регулировки параметров экрана под магнитное поле конкретной индукции и конфигурации. Сущность изобретения: в составном магнитном сверхпроводниковом экране, состоящем из сверхпроводниковых шайб, собранных в цилиндр, шайбы разделяют зазорами, а необходимую линейную плотность экрана определяют по

величине экранируемого поля по предложенной зависимости. 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2007127940/28, 20.07.2007

(24) Effective date for property rights: 20.07.2007

(45) Date of publication: 10.02.2009 Bull. 4

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),
Buev Andrej Romanovich (RU),
Ivanov Valerij Vasil'evich (RU),
Bol'shakov Aleksandr Pavlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

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

(54) COMPOSITE SUPERCONDUCTING MAGNETIC SCREEN

(57) Abstract:

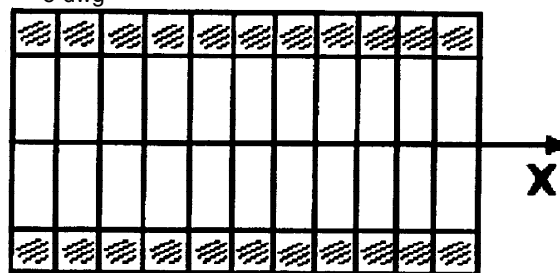
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to cryoelectronics and cryoelectric engineering. In a composite superconducting magnetic screen, which consists of a cylinder made of superconducting disks, gaps between the disks are provided and required linear density of the screen is determined according to the value of the field being screened using the suggested formula.

EFFECT: improved magnetic screen quality, as well as reduced consumption of high-temperature superconducting material by adjusting the screen

parameters to the magnetic field of specific density and configuration.

5 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к криоэлектронике, криоэлектротехнике и может быть использовано для экранирования магнитных полей.

Известны сверхпроводниковые магнитные экраны представляющие собой полые фигуры (цилиндры, сферы, стаканы), использующие эффект Мейсснера - выталкивание магнитного поля из сверхпроводника [1]. Поскольку экраны имеют сложную форму, их изготовление часто связано с технологическими трудностями.

Наиболее близким техническим решением является известный составной магнитный ВТСП экран [2]. Он изготовлен из высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) в виде шайб, собранных в цилиндр с помощью проводникового клея. Шайбы отбирают по величине критического тока и между ними нет воздушных зазоров [2]. Такой экран защищает от равномерного магнитного поля с фиксированной максимальной магнитной индукцией B_{em} . Согласно формуле Бина [3]:

$$B_{em} = 2j_{кр}\mu_0 d, \quad (1)$$

где μ_0 - магнитная постоянная;

$j_{кр}$ - плотность критического тока;

d - ширина шайбы.

Если индукция поля по всей длине экрана или на отдельных участках меньше максимальной ($B_e < B_{em}$), то масса ВТСП экрана оказывается явно избыточной. Особенно это существенно при высокой стоимости ВТСП материала и в случае, если экран является элементом индуктивного ограничителя тока, и его объем составляет сотни см³.

Техническим результатом изобретения является повышение качества магнитных экранов, а также экономия ВТСП материала путем регулировки параметров экрана под конкретное магнитное поле.

Технический результат достигается тем, что между ВТСП шайбами формируют зазоры заданной толщины, т.е. помещают диэлектрические шайбы так, чтобы магнитные поля сверхпроводящих токов шайб перекрывались. Функционально наличие и увеличение толщины зазоров аналогично уменьшению толщины экрана или ширины шайбы d (1). В этом случае критическое экранируемое поле B_e будет ниже, чем B_{em} . Величина этого уменьшения определяется т.н. "линейной плотностью" экрана n_s :

$$n_s = l_w / l, \quad (2)$$

где l_w - суммарная толщина набора шайб;

l - длина экрана.

С учетом (1) и (2) можно записать:

$$n_s = l_w / l = kB_e / B_{em} = kB_e / (2j_{кр}\mu_0 d), \quad (3)$$

где k - эмпирический коэффициент, зависящий от координат датчика поля и конструкции экрана.

Если экран представляет собой длинный полый цилиндр, а датчик размещен в центре цилиндра, $k=1$.

Если же магнитное поле является неоднородным - $B(x)$, то и плотность экрана также может быть неоднородной - $n_s(x) + \Delta n$, т.е. зазоры между шайбами будут меньше на участках полей с большей индукцией и наоборот.

$$n_s(x) = n_s + [B_e(x) - B_e] / B_e. \quad (4)$$

Таким образом, можно сконструировать оптимальный экран для конкретного магнитного поля. Величина максимальной индукции поля, естественно, ограничена выражением (1).

Таким образом, устанавливая необходимую плотность экрана для данного магнитного поля, можно затратить минимальное количество ВТСП материала.

Сопоставительный анализ заявленного решения с прототипом показывает, что заявленный экран отличается тем, что его шайбы разделяют зазорами и линейную плотность экрана определяют по величине экранируемого поля согласно (3), или в случае неравномерного поля согласно (4). Таким образом, заявленный экран соответствует критерию "новизна".

Известны технические решения, в которых магнитный экран состоит из шайб, собранных

в цилиндрическую форму, например [4], однако совокупность существенных признаков, состоящая из наличия зазоров постоянной или переменной толщины и плотности экрана, определяемой самой величиной экранируемого поля в совокупности с ограничительными признаками, позволяет обнаружить у заявляемого экрана иные в отличие от известных, свойства, к числу которых можно отнести:

- использование минимального количества ВТСП материала для экранирования данного поля;
- создание экрана для конкретной конфигурации магнитного поля;
- возможность варьировать коэффициент ослабления поля;
- возможность изменять порог ограничения тока в СП индуктивных токовых ограничительных устройствах;

Таким образом, иные, в отличие от известных технических решений, свойства, присущие предложенному экрану, доказывает наличие существенных отличий, направленных на достижение технического результата.

На фиг.1 показан составной магнитный ВТСП экран без зазоров для магнитного поля с максимальной индукцией B_{em} . На фиг.2 показан составной магнитный экран для постоянного поля $B_{e2} < B_{em}$. На фиг.3 показан составной магнитный экран для постоянного поля с меньшей индукцией ($B_{e3} < B_{e2}$). На фиг.4 показан магнитный экран для неоднородного поля $B_e(x) = B_e(1 + \sin x)$. На фиг.5 показаны графики $B_i = f(B_e)$ для фиг.1, 2, 3, 4.

Составной магнитный экран состоит из ВТСП шайб 1, разделенных зазорами 2. Внешнее постоянное магнитное поле B_e выталкивается из объема СП шайбы на поверхность, где оно возбуждает сверхпроводящий ток (эффект Мейсснера). Этот ток создает свое магнитное поле, равное и противоположное B_e , что обеспечивает экранирование в центре кольца.

Предлагаемый экран изготавливали из Y-123 порошка путем прессования и обжига. Внешний и внутренний диаметр шайб составлял 12 и 6 мм, высота - 2 мм. Для эксперимента отобрали шайбы, у которых одинакова плотность критического тока 650 A/cm^2 . Из таких шайб собирали цилиндрические экраны длиной 70 мм. Первый экран был без зазоров (фиг.1); во втором экране $n_3 = 0,75$ (фиг.2); в третьем - $n_3 = 0,5$ (фиг.3). В этих двух случаях зазоры между ВТСП шайбами были одинаковой толщины. В четвертом случае предполагалось экранировать магнитное поле с индукцией $B_e(x) = B_e(1 + \sin x)$, поэтому распределение шайб соответствовало закону $n_{34} = n_3(1 + \sin x)$ (фиг.4). Каждый экран тестировали на зависимость величины внутреннего поля B , от поля внешнего $B_e - B_i = f(B_e)$, для чего располагали холловские датчики магнитного поля вне экрана и в центре цилиндра. Результаты представлены на фиг.5. Кривые 1, 2, 3 соответствуют первому (фиг.1), второму (фиг.2) и третьему (фиг.3). Анализ графиков показывает следующее. В первом случае максимальное экранируемое поле порядка 12 мТл. Для второго экрана эта величина - 8 мТл; в третьем - 6 мТл. Для четвертого экрана $B_{im} \approx 6 \text{ мТл}$. Таким образом, результаты показывают, что есть возможность конструировать магнитные экраны для полей определенной индукции и конфигурации, т.е. технический результат достигается.

Источники информации

1. Бондаренко С.И., Шерemet В.И. Применение сверхпроводимости в магнитных измерениях - Л.: Энергоатомиздат, 1982. - с.59-92.

2. Пат. РФ №2253169, 27.05.05.

3. Лаппо И.С. и др. Технология магнитных ВТСП экранов // Получение, свойства и анализ высокотемпературных сверхпроводниковых материалов и изделий. - Екатеринбург: УроАН СССР, 1991. с.94-97.

4. US Pat. №3281737.

Формула изобретения

Составной магнитный сверхпроводниковый экран, состоящий из сверхпроводниковых шайб, собранных в цилиндр, отличающийся тем, что шайбы разделяют зазорами и необходимую линейную плотность экрана $n_3 = I_{\text{ш}}/I$ определяют по величине экранируемого

поля B_e ,

$$n_3 = kB_e / (2j_{кр}\mu_0 d),$$

где $j_{кр}$ - критическая плотность тока сверхпроводника;

d - толщина экрана (ширина шайбы);

5 μ_0 - магнитная постоянная;

k - эмпирический коэффициент, зависящий от координат датчика поля и конструкции экрана;

$l_{ш}$ - суммарная толщина набора шайб;

l - длина экрана,

10 а в случае неоднородного поля с учетом характера изменения его индукции $B_1(x)$

$$n_3(x) - n_3 + [B_e(x) - B_e] / B_e.$$

15

20

25

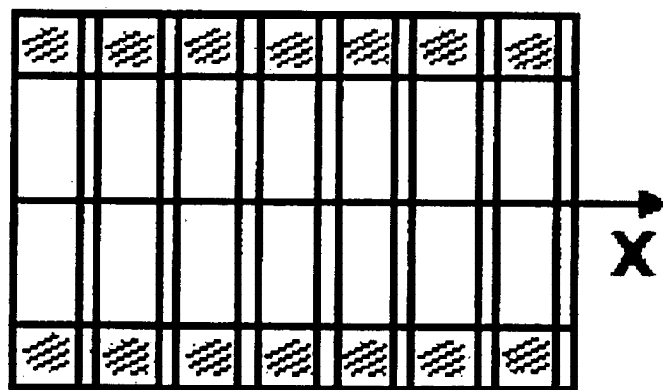
30

35

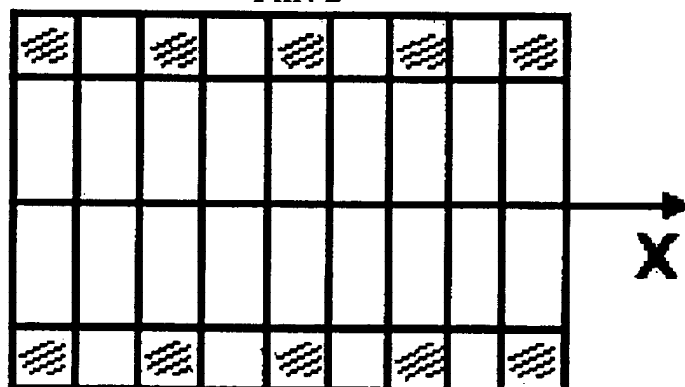
40

45

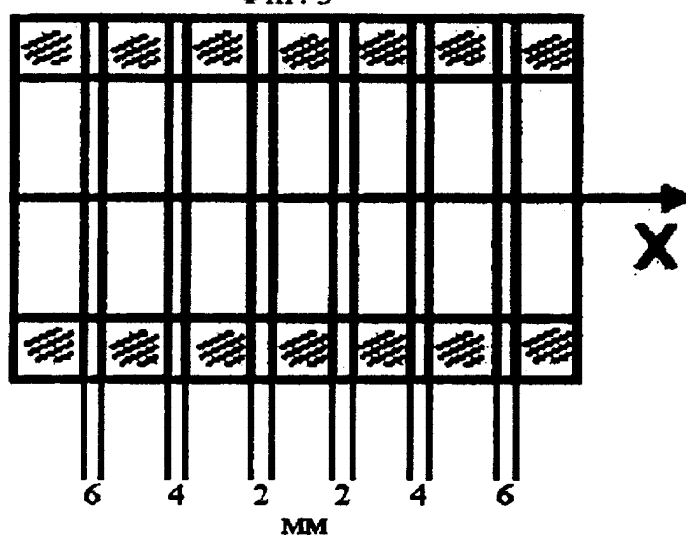
50



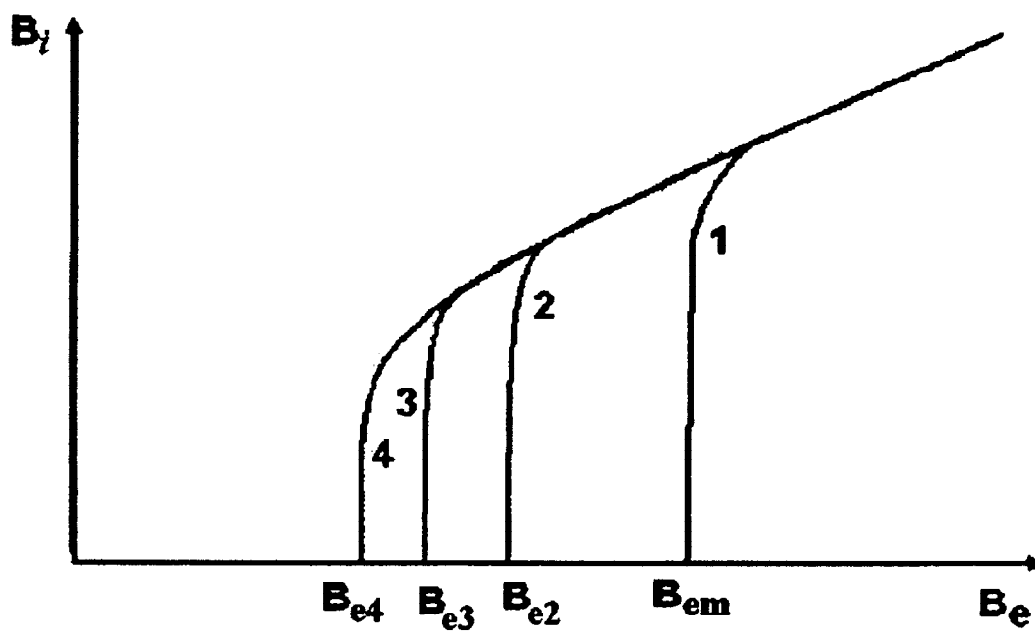
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5