



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011108111/07, 05.08.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.08.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
06.08.2008 JP 2008-202807

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2012 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 20.04.2013 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP 2004342972 A, 02.12.2004. US 7355307
B2, 08.04.2008. JP 2007060748 A, 08.03.2007.
JP 3155103 A, 03.07.1991. JP 7142245 A,
02.06.1995. JP 7-142235 A, 02.06.1995. JP
2001006920 A, 12.01.2001. SU 1229827 A,
07.05.1986.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 09.03.2011(86) Заявка РСТ:
JP 2009/003756 (05.08.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/016254 (11.02.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364

(72) Автор(ы):

**ФУКАЯ Ацуко (JP),
ООТА Томоя (JP),
СУГИМОТО Хидехико (JP)**

(73) Патентообладатель(и):

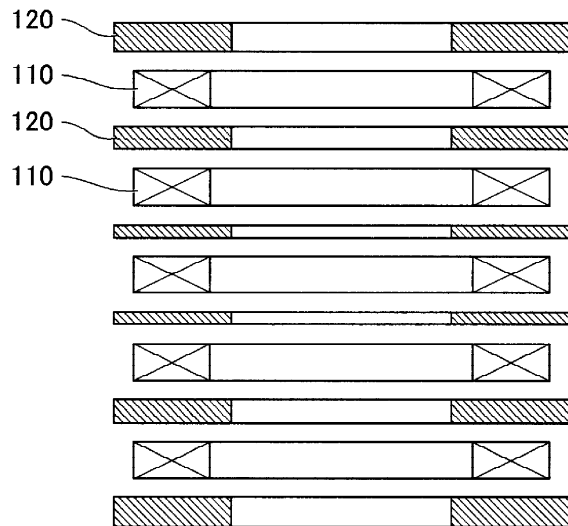
АйЭйчАй КОРПОРЕЙШН (JP)**(54) СБОРКА СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КАТУШЕК И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, к оборудованию для генерирования магнитного поля. Технический результат состоит в уменьшении потерь переменного тока. Сборка (100) сверхпроводящих катушек, в которой множество блоков (110) катушек, выполненных из сверхпроводящего материала, расположено коаксиально по отношению к одному и тому же направлению, включающая

в себя элементы (121) регулирования магнитного поля, выполненные из феррита, порошкового металлического сердечника или порошка пермендюра, которые имеют более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал, и расположены вблизи от блоков катушек. Элементы регулирования магнитного поля имеют форму кольца с осью, коаксиальной по отношению к каждой оси блоков катушек. Внутренние

кольцевые элементы, размещенные в диаметральной направленности на внутренних сторонах элементов регулирования магнитного поля, и внешние кольцевые элементы, размещенные отдельно в диаметральной направлении на внешних сторонах элементов регулирования магнитного поля, больше, чем элементы регулирования магнитного поля в аксиальном направлении. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 10 ил.



ФИГ.2

RU 2479880 C2

RU 2479880 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011108111/07, 05.08.2009**

(24) Effective date for property rights:
05.08.2009

Priority:

(30) Convention priority:
06.08.2008 JP 2008-202807

(43) Application published: **20.09.2012 Bull. 26**

(45) Date of publication: **20.04.2013 Bull. 11**

(85) Commencement of national phase: **09.03.2011**

(86) PCT application:
JP 2009/003756 (05.08.2009)

(87) PCT publication:
WO 2010/016254 (11.02.2010)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

**FUKAJa Atsuko (JP),
OOTA Tomoja (JP),
SUGIMOTO Khidekhiko (JP)**

(73) Proprietor(s):

AjEhjchAj KORPOREJShN (JP)

(54) **ASSEMBLY OF SUPERCONDUCTIVE COILS AND EQUIPMENT FOR GENERATION OF MAGNETIC FIELD**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: assembly (100) of superconductive coils, in which multiple blocks (110) of coils made of a superconductive material, is arranged coaxially relative to one and the same direction, and comprising elements (121) of magnetic field control, made of ferrite, a powder metal core or powder of permendur, which have higher magnetic permeability compared to the superconductive material, and are located near to the coil blocks.

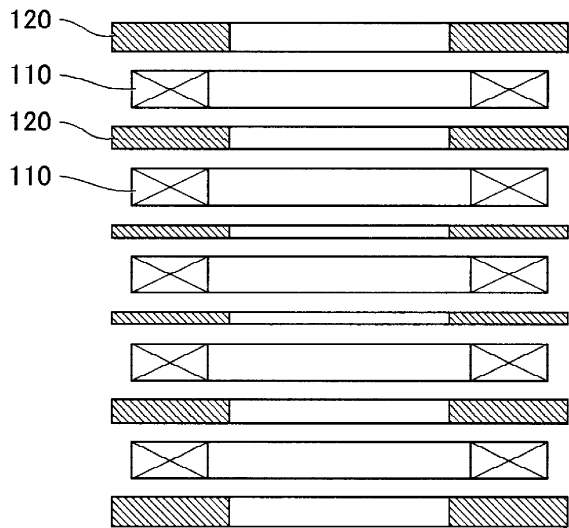
Elements of magnetic field control have a shape of a ring with an axis coaxial relative to each axis of coil blocks. Internal circular elements arranged in diametrical direction on inner sides of magnetic field control elements, and external circular elements placed separately in diametrical direction on the external sides of magnetic field control elements are larger than the elements of magnetic field control in the axial direction.

EFFECT: reduced AC losses.

4 cl, 7 dwg

RU 2 479 880 C2

RU 2 479 880 C2



ФИГ.2

RU 2479880 C2

RU 2479880 C2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к сборке сверхпроводящих катушек и оборудованию для генерирования магнитного поля. По заявке испрашивается приоритет заявки на патент Японии №2008-202807, поданной 6 августа 2008.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Имеется сборка сверхпроводящих катушек, которая сформирована, например, посредством намотки сверхпроводящего элемента в форме ленты на основе висмута или иттрия и т.п. вокруг бобины для формирования блока катушки, например, в форме диска, веерообразной форме или овальной форме, и затем расположения множества этих блоков катушек коаксиально по отношению к одному и тому же направлению.

В такой сборке сверхпроводящих катушек амплитуда критического тока сверхпроводящего элемента, как известно, зависит от силы магнитного поля, действующего на сверхпроводящий элемент. Более конкретно, амплитуда критического тока сверхпроводящего элемента, главным образом, зависит от силы магнитного поля, действующего в направлении, перпендикулярном широкой поверхности сверхпроводящей проволочной ленты (то есть в диаметральном направлении блока катушки), и амплитуда критического тока уменьшается по мере увеличения силы магнитного поля в перпендикулярном направлении. Кроме того, в сборке сверхпроводящих катушек для переменного тока есть проблема потерь (потери на переменном токе) из-за перемагничивания магнитного поля, что характерно для сверхпроводимости.

Для решения этой проблемы в патентном документе 1 публикации Японского Патента №2004-342972 раскрыт элемент, в котором элементы регулирования магнитного поля, выполненные диспергированием железного порошка, состоящего из ферромагнитного материала, такого как чистое железо в смоле, располагаются через электроизоляционные элементы между блоками катушек, которые являются смежными в осевом направлении. Согласно этому строению, магнитный поток, проникающий через сверхпроводящий материал, захватывается элементами регулирования магнитного поля, таким образом, сила магнитного поля, действующая на сверхпроводящий материал в диаметральном направлении, понижается, и понижение критического тока подавляется.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Так как элемент регулирования магнитного поля согласно Патентному Документу 1 выполнен из железного порошка, диспергируемого в смоле, он имеет высокое электрическое сопротивление, может подавить вихревой ток, вызванный переменным магнитным полем, и может подавить генерирование теплоты, вызванной переменным магнитным полем. Однако этот элемент регулирования магнитного поля имеет низкую магнитную проницаемость и, по этой причине, не может в достаточной мере захватить магнитный поток, проникающий через сверхпроводящий материал.

Кроме того, элементы регулирования магнитного поля согласно Патентному Документу 1 расположены между блоками катушек без учета того факта, что распределение магнитного поля зависит от положения в сборке сверхпроводящих катушек. Например, в центре осевого направления сборки сверхпроводящих катушек магнитное поле, перпендикулярное сверхпроводящему элементу, меньше, чем магнитное поле на концах осевого направления. Следовательно, если элемент регулирования магнитного поля, имеющий заданный размер, предусмотрен около центра, где магнитное поле мало, магнитный поток наоборот может быть подведен к

сверхпроводящим блокам катушек около центра.

Настоящее изобретение было выполнено с учетом проблем, описанных выше. Задачей настоящего изобретения является создание сборки сверхпроводящих катушек и оборудования для генерирования магнитного поля, которое может подавить
5 понижение критического тока и подавить потери при переменном токе.

Для решения вышеупомянутых задач настоящее изобретение обеспечивает сборку сверхпроводящих катушек, в которой множество блоков катушек, выполненных из сверхпроводящего материала, расположено коаксиально по отношению к одному и
10 тому же направлению, включающую в себя элементы регулирования магнитного поля, выполненные из феррита, порошкового металлического сердечника или порошка пермендюра, которые имеют более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал, и размещены вблизи от блоков катушек.

Согласно этой конфигурации в настоящем изобретении элементы регулирования магнитного поля выполнены из феррита, порошкового металлического сердечника или порошка пермендюра. Поэтому элементы регулирования магнитного поля
15 настоящего изобретения имеют высокое удельное электрическое сопротивление и могут подавить вихревой ток. Кроме того, элементы регулирования магнитного поля настоящего изобретения имеют высокую магнитную проницаемость и могут в
20 достаточной мере захватывать магнитный поток.

В настоящем изобретении элементы регулирования магнитного поля расположены между отдельными катушками так, чтобы прослаивать каждый блок катушек в осевом направлении, или чтобы прослаивать блоки катушек с обоих концов в осевом
25 направлении.

Согласно этой конфигурации, в настоящем изобретении элементы регулирования магнитного поля предусмотрены между отдельными катушками так, чтобы прослаивать каждый блок катушки в осевом направлении, или прослаивать блоки катушек с обоих концов в осевом направлении.
30

Кроме того, в настоящем изобретении элементы регулирования магнитного поля имеют ширины в осевом направлении и/или ширины в направлении, ортогональном к оси в зависимости от распределения магнитного поля в их местах расположения.

Согласно этой конфигурации, регулируя размер элементов регулирования магнитного поля в зависимости от распределения магнитного поля, можно добиться, чтобы элементы регулирования магнитного поля захватывали магнитный поток, соответствующий их местам расположения.
35

Кроме того, в настоящем изобретении элементы регулирования магнитного поля выполнены в форме кольца, коаксиального по отношению к оси блоков катушек.
40

Так как согласно этой конфигурации в данном изобретении элементы регулирования магнитного поля являются кольцеобразными, они могут захватить магнитный поток, действующий на отдельные катушки в любом направлении по диаметральному направлению.
45

Кроме того, в данном изобретении внутренние кольцевые элементы, которые предусмотрены на внутренних сторонах в диаметральном направлении элементов регулирования магнитного поля, и внешние кольцевые элементы, которые предусмотрены отдельно на внешних сторонах в диаметральном направлении элементов регулирования магнитного поля, больше в осевом направлении, чем элементы регулирования распределения магнитного поля.
50

Согласно этой конфигурации, в настоящем изобретении могут быть получены нагрузки, которые действуют на внутренний кольцевой элемент и на внешний

кольцевой элемент (например, сила магнитного поля, действующая на элемент регулирования магнитного поля в магнитном поле, сила, создаваемая во время его установки в пакет катушек, сила, создаваемая разностью коэффициентов теплового расширения между элементом регулирования магнитного поля и материалом смолы во время охлаждения (или повышения температуры), и т.д.). Поэтому даже если элемент регулирования магнитного поля представляет собой хрупкий материал, такой как феррит, повреждения и т.п. вследствие упомянутых выше нагрузок, столкновений, и т.д. могут быть предотвращены.

Настоящее изобретение дополнительно обеспечивает оборудование генерирования магнитного поля, которое содержит вышеописанную сборку сверхпроводящих катушек и генерирует магнитное поле, используя ток возбуждения, подаваемый к каждому блоку катушки извне.

Согласно этой конфигурации данное изобретение получает оборудование для генерирования магнитного поля, включающее в себя сборку сверхпроводящих катушек, которая может дополнительно подавить понижение критического тока и может подавить потери на переменном токе.

Согласно сборке сверхпроводящих катушек настоящего изобретения множество блоков катушек, выполненных из сверхпроводящего материала, расположено коаксиально по отношению к одному и тому же направлению. Элементы регулирования магнитного поля, выполненные из феррита, порошкового металлического сердечника или порошка пермендюра, которые имеют более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал, расположены вблизи от блоков катушек. Поэтому в настоящем изобретении сборка сверхпроводящих катушек имеет высокое удельное электрическое сопротивление и может подавить вихревой ток. Кроме того, сборка сверхпроводящих катушек настоящего изобретения имеет высокую магнитную проницаемость и может в достаточной мере захватывать магнитный поток.

Поэтому сборка сверхпроводящих катушек настоящего изобретения обеспечивает оборудование для генерирования магнитного поля, включающее в себя сборку сверхпроводящих катушек, которая может дополнительно подавить понижение критического тока и может подавить потери на переменном токе.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На чертежах:

Фиг.1 изображает в частично разобранном виде конфигурацию сверхпроводящего двигателя, согласно варианту воплощения данного изобретения;

Фиг.2 изображает вид в разрезе конфигурации сборки сверхпроводящих катушек, согласно варианту воплощения;

Фиг.3 изображает вид сверху кольца регулирования магнитного поля, согласно варианту воплощения;

Фиг.4 изображает вид в разрезе кольца регулирования магнитного поля по линии X-X на фиг.3;

Фиг.5А изображает схематичное представление эффекта кольца регулирования магнитного поля, согласно варианту воплощения;

Фиг.5В изображает схематичное представление эффекта кольца регулирования магнитного поля, согласно варианту воплощения;

Фиг.6А изображает результат моделирования магнитного распределения сборки сверхпроводящих катушек, согласно варианту воплощения;

Фиг.6В изображает результат моделирования магнитного распределения сборки

сверхпроводящих катушек, согласно варианту воплощения;

Фиг.7А изображает увеличенный вид оконечной части сборки сверхпроводящих катушек, на фиг.6;

5 Фиг.7В изображает увеличенный вид оконечной части сборки сверхпроводящих катушек на фиг.6.

ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ВОПЛОЩЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

10 Вариант воплощения данного изобретения будет объяснен со ссылками на чертежи. Во-первых, будет объяснена схематическая конфигурация сверхпроводящего двигателя (оборудования для генерирования магнитного поля), включающего в себя сборку сверхпроводящих катушек, согласно варианту воплощения.

15 Фиг.1 изображает в частично разобранном виде конфигурацию сверхпроводящего двигателя 1 согласно варианту воплощения данного изобретения.

15 Как показано на фиг.1, сверхпроводящий двигатель 1 включает в себя корпус 2, вал 3 двигателя, роторы 4 и статор 5.

Корпус 2 имеет полу ю круговую цилиндрическую форму и отверстие, сформированное вокруг его центральной оси для вставки вала 3 двигателя.

20 Вал 3 двигателя вставлен в отверстие в корпусе 2 и вращается свободно вокруг оси вращения, проходящей в осевом направлении относительно корпуса 2.

25 Пара роторов 4 размещена в корпусе 2, и между ними находится статор 5 в осевом направлении. Роторы 4, соединенные с валом 3 двигателя, могут вращаться свободно относительно корпуса 2. Постоянные магниты 41 обеспечены на одной стороне каждого ротора 4 и обращены к статору 5, задние ярма 42 также обеспечены как путь линий магнитной индукции на задней поверхности постоянного магнита 41.

30 Статор 5 размещен в корпусе 2 и прикреплен к корпусу 2. Статор 5 включает в себя железные сердечники 51, которые проходят в его осевом направлении и обращены к постоянным магнитам 41, сборки 100 сверхпроводящих катушек, обеспеченные вокруг железных сердечников 51, и криостат 52, который окружает сборки 100 сверхпроводящих катушек.

35 Железный сердечник 51 усиливает магнитный поток, генерируемый каждым блоком 110 катушки, и передает магнитный поток.

35 Сборка 100 сверхпроводящих катушек включает в себя множество блоков 110 катушек, расположенных коаксиально по отношению к одному и тому же направлению. Сборка 100 сверхпроводящих катушек генерирует магнитное поле, подавая ток возбуждения (переменный ток) к каждому блоку 110 катушки извне.

40 Криостат 52 представляет собой контейнер теплоизолирующей и охлаждающей среды, чтобы удерживать сборки 100 сверхпроводящих катушек при крайне низких температурах, и хранит чрезвычайно низкотемпературную охлаждающую среду, такую как жидкий азот, жидкий неон или жидкий гелий.

45 В сверхпроводящем двигателе 1, имеющем вышеописанную конфигурацию, переменный ток подается извне к сборкам 100 сверхпроводящих катушек, таким образом, северный полюс и южный полюс поочередно генерируются на концах каждого железного сердечника 51 в соответствии с циклом переменного тока. Силы притяжения и отталкивания действуют между железным сердечником 51 и постоянными магнитами 41 в роторах 4, посредством чего роторы 4 вращаются 50 вокруг своей оси. В ответ на вращение роторов 4 вал двигателя 3 вращается относительно корпуса 2, и сверхпроводящий двигатель 1 получает требуемую вращательную движущую силу.

Далее со ссылками на фиг.2-4 будет подробно объяснена конфигурация сборки 100 сверхпроводящих катушек сверхпроводящего двигателя 1.

Фиг.2 изображает вид в разрезе сборки 100 сверхпроводящих катушек, согласно варианту воплощения.

5 Фиг.3 изображает вид сверху кольца 120 регулирования магнитного поля согласно варианту воплощения.

Фиг.4 изображает вид в разрезе кольца 120 регулирования магнитного поля 120 по линии X-X на фиг.3.

10 Как показано на фиг.2, сборка 100 сверхпроводящих катушек включает в себя блоки 110 катушек и кольца 120 регулирования магнитного поля. Между блоком 110 катушки и кольцом 120 регулирования магнитного поля обеспечен промежуток как путь протекания охлаждающей среды.

15 Блок 110 катушки является, например, так называемой, двойной плоской катушкой, сформированной наматыванием сверхпроводящего материала в форме ленты на основе висмута или иттрия и т.п. вокруг бобины в двухслойной плоскостиральной форме в аксиальном направлении. Блок 110 катушки может также быть сформирован с использованием сверхпроводящего материала с одной обмоткой или же обмоткой

20 веерообразной формы, овальной обмоткой и т.д. Множество блоков 110 катушек расположено с заданными интервалами в аксиальном направлении.

Кольцо 120 регулирования магнитного поля является элементом, имеющим более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал, который

25 составляет блок 110 катушки, и регулирует силу магнитного поля, главным образом, в направлении, перпендикулярном к блоку 110 катушки (диаметральном направлении). Кольца 120 регулирования магнитного поля помещены между блоками 110 катушек так, чтобы прослаивать каждую из них в аксиальном направлении. Как показано на фиг.3, каждое кольцо 120 регулирования магнитного поля является кольцеобразным.

30 Как показано на фиг.4, кольцо 120 регулирования магнитного поля включает в себя элементы 121 регулирования магнитного поля, внутренний кольцевой элемент 122А, внешний кольцевой элемент 122В и тонколистовые элементы 123.

В варианте воплощения элементы 121 регулирования магнитного поля выполнены из феррита, который обладает высоким удельным электрическим сопротивлением и

35 высокой магнитной проницаемостью. Феррит производится спеканием ферритового порошка. Соответствующим образом может использоваться феррит марганца.

Как показано на фиг.3, элементы 121 регулирования магнитного поля имеют форму кольца, разделенного на множество секций в круговом направлении. Эта

40 конфигурация выбрана после рассмотрения вопроса с точки зрения трудности в формировании отдельной кольцеобразной детали вследствие хрупкости феррита, и с точки зрения подавления электрического тока вследствие чередования магнитного поля. Форма при виде сверху разделенных частей элементов 121 регулирования магнитного поля может быть в виде дуги окружности, трапецидальной или

45 прямоугольной.

Если элементы 121 регулирования магнитного поля, которые представляют собой мягкий магнитный материал, имеют высокое удельное электрическое сопротивление и не проводят ток в переменном магнитном поле, то они не нуждаются в разделении в

50 круговом направлении и могут быть сформированы в виде единой детали.

Чтобы подавить вихревые токи из-за переменного магнитного поля, смежные элементы 121 регулирования магнитного поля расположены с фиксированным интервалом между ними в круговом направлении и электрически изолированы друг от

друга. Концы вдоль кругового направления каждого элемента 121 регулирования магнитного поля покрыты клеем, или же между смежными элементами 121 регулирования магнитного поля вставлены изоляционные листы, таким образом, расстояние между смежными элементами 121 регулирования магнитного поля может
5 быть сокращено в максимально возможной степени, или же промежутки между смежными элементами 121 регулирования магнитного поля отсутствуют.

Внутренний кольцевой элемент 122А, внешний кольцевой элемент 122В и тонколистовые элементы 123 являются элементами, которые совместно обхватывают
10 элементы 121 регулирования магнитного поля и удерживают его в заданной форме. Внутренний кольцевой элемент 122А, внешний кольцевой элемент 122В и тонколистовые элементы 123 выполнены из армированного волокном пластика (FRP), который является смесью смолистого материала и волокнистого материала с учетом
15 теплового коэффициента сжатия и прочности.

Внутренний кольцевой элемент 122А расположен в диаметральном направлении с внутренней стороны кольцевой формы элементов 121 регулирования магнитного поля. Внешний кольцевой элемент 122В расположен в диаметральном направлении с
20 внешней стороны кольцевой формы элементов 121 регулирования магнитного поля. Таким образом, элементы 121 регулирования магнитного поля расположены между внутренним кольцевым элементом 122А и внешним кольцевым элементом 122В в диаметральном направлении. Кроме того, элементы 121 регулирования магнитного поля ограждены в аксиальном направлении парой тонколистовых элементов 123 совместно с внутренним кольцевым элементом 122А и внешним кольцевым
25 элементом 122В.

Чтобы предохранить хрупкие элементы 121 регулирования магнитного поля от нагрузок (например, силы магнитного поля, действующей на элементы 121 регулирования магнитного поля в магнитном поле, силы, создаваемой во время их
30 установки в пачку катушек, силы, генерируемой разностью коэффициентов теплового расширения феррита и смолистого материала во время охлаждения (или повышения температуры), и т.д.), внутренний кольцевой элемент 122А и внешний кольцевой элемент 122В больше, чем элементы 121 регулирования магнитного поля, в аксиальном направлении.

Тонколистовые элементы 123 сформированы в листовидной форме с заданной толщиной, которая не затрудняет выделение тепла элементами 121 регулирования магнитного поля.
35

Так как кольцо 120 регулирования магнитного поля удерживает свою кольцевую форму посредством вышеописанной конфигурации, то когда появляются трещины в хрупких элементах 121 регулирования магнитного поля, можно предотвратить
40 выступание расколотой детали, посредством чего требуемые функции могут быть сохранены.

Возвращаясь к фиг.2, кольца 120 регулирования магнитного поля вышеописанной конфигурации имеют ширину в аксиальном направлении или ширину в направлении, пересекающем ось (диаметральном направлении), которые зависят от распределения магнитного поля в их месте расположения. Таким образом, учитывая особенность, что их распределение магнитного поля зависит от положения в аксиальном
45 направлении сборки 100 сверхпроводящих катушек, размеры колец 120 регулирования магнитного поля (точнее говоря, элементов 121 регулирования магнитного поля в них) спроектированы различными.
50

В варианте воплощения, так как магнитное поле сильно с обоих концов сборки 100

сверхпроводящих катушек, то ширина аксиального направления кольца 120 регулирования магнитного поля спроектирована большой. С другой стороны, так как магнитное поле слабо около центра сборки 100 сверхпроводящих катушек, ширина аксиального направления кольца 120 регулирования магнитного поля спроектирована малой. Более точно, ширина аксиального направления кольца 120 регулирования магнитного поля постепенно уменьшается от обоих концов блока 100 сверхпроводящих катушек к ее центру.

Далее, со ссылками на фиг.5А-7В будут пояснены эффекты кольца 120 регулирования магнитного поля с вышеописанной конфигурацией.

На фиг.5А и 5В представлены схемы эффектов кольца 120 регулирования магнитного поля согласно варианту воплощения данного изобретения.

На фиг.6А и 6В представлены результаты моделирования магнитного распределения сборки 100 сверхпроводящих катушек согласно варианту воплощения данного изобретения.

Фиг.7А и 7В изображают увеличенный вид торцевой части сборки 100 сверхпроводящих катушек согласно фиг.6А и 6В.

На фиг.5А поясняется случай, когда кольца 120 регулирования магнитного поля не предусмотрены, а на фиг.5В поясняется случай, когда кольца 120 регулирования магнитного поля предусмотрены. Фиг.6А, 6В, 7А и 7В изображают результаты моделирования, когда железный сердечник 51 расположен на оси сборки 100 сверхпроводящих катушек.

Когда к сборке 100 сверхпроводящих катушек подается переменный ток, генерируется магнитное поле, как показано на фиг.5А и 5В.

Как показано на фиг.5А, когда сборка 100 сверхпроводящих катушек не включает в себя кольца 120 регулирования магнитного поля, магнитный поток проникает через каждый блок 110 катушки по диаметральному направлению каждого блока 110 катушки. Критический ток сверхпроводящего материала, формирующего блок 110 катушки, ухудшается, и генерируются потери на переменном токе (тепловые). Явление, заключающееся в том, что магнитный поток проникает через блоки 110 катушек, может быть также подтверждено результатами моделирования фиг.6А и фиг.7А. На концах аксиального направления сборки 100 сверхпроводящих катушек плотность магнитного потока высокая. С другой стороны, в центре по аксиальному направлению сборки 100 сверхпроводящих катушек плотность магнитного потока низкая.

Со ссылкой на фиг.5В, будет пояснен случай, когда сборка 100 сверхпроводящих катушек включает в себя кольца 120 регулирования магнитного поля. Элементы 121 регулирования магнитного поля кольца 120 регулирования магнитного поля выполнены из феррита с высокой магнитной проницаемостью и могут в достаточной мере захватывать магнитный поток. Как видно на фиг.5В, кольца 120 регулирования магнитного поля захватывают магнитный поток, проникающий через каждый блок 110 катушки по диаметральному направлению так, что магнитный поток стягивается к кольцу 120 регулирования магнитного поля, обеспеченному около этого блока 110 катушки, посредством чего величина магнитного потока, проникающего через каждый блок 110 катушки, может быть понижена.

Захват магнитного потока кольцами 120 регулирования магнитного поля может быть подтвержден результатами моделирования, показанными на фиг.6В и 7В.

Как показано на фиг.3, так как смежные разделенные части элементов 121 регулирования магнитного поля электрически изолированы друг от друга,

предотвращается теплообразование из-за тока, генерируемого магнитным полем переменного тока.

Кольца 120 регулирования магнитного поля в варианте воплощения имеют ширины в аксиальном направлении, соответствующие их местам расположения, и, как
5 показано на фиг.6В и 7В, на концах в аксиальном направлении сборки 100 сверхпроводящих катушек, кольца 120 регулирования магнитного поля должны захватывать больше магнитного потока. Напротив, кольца 120 регулирования магнитного поля не должны захватывать много магнитного потока около центра по
10 аксиальному направлению, и кольца 120 регулирования магнитного поля имеют меньшие ширины в аксиальном направлении, чем ширины тех, что расположены на концах в аксиальном направлении. Устанавливая подходящую ширину в аксиальном направлении, можно предотвратить неадекватное воздействие кольца регулирования магнитного поля на соседние блоки 110 катушек посредством намагничивания самого
15 кольца регулирования магнитного поля и подавить теплообразование в феррите.

Как описано выше, кольца 120 регулирования магнитного поля могут понизить силу магнитного поля, действующего на сверхпроводящий материал в диаметральной
направлении, и подавить понижение критического тока. Кроме того, можно также
20 понизить потери при переменном токе.

Согласно варианту воплощения, сборка 100 сверхпроводящих катушек сформирована посредством расположения множества блоков 110 катушек, выполненных из сверхпроводящего материала, коаксиально по отношению к одному
и тому же направлению, и включает в себя, вблизи от блоков 110 катушек,
25 элементы 121 регулирования магнитного поля, выполненные из феррита и имеющие более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал. Кольцо 120 регулирования магнитного поля имеет высокое удельное электрическое сопротивление и подавляет вихревые токи. Кроме того, кольцо 120 регулирования магнитного поля имеет высокую магнитную проницаемость и может в достаточной
30 мере захватывать магнитный поток.

Поэтому вариант воплощения может обеспечить сборку 100 сверхпроводящих катушек, которая дополнительно подавляет понижение критического тока и подавляет потери на переменном токе.

Кроме того, в варианте воплощения каждый блок 110 катушки в аксиальном направлении располагается между элементами 121 регулирования магнитного поля. Поэтому возможно захватить магнитный поток в диаметральной направлении, действующий на каждый блок 110 катушки, и дополнительно понизить потери на
40 переменном токе.

В варианте воплощения элементы 121 регулирования магнитного поля имеют ширину в аксиальном направлении, которая зависит от распределения магнитного поля в их месте расположения. Поэтому, когда размер элементов 121 регулирования магнитного поля отрегулирован в зависимости от распределения магнитного поля,
45 элементы 121 регулирования магнитного поля могут быть способны захватывать магнитный поток, соответствующий их местам расположения. Также возможно предотвратить возникновение эффектов, которые противоположны задаче данного изобретения, вследствие возможностей элементов 121 регулирования магнитного поля захватывать магнитный поток и иметь намагничивание.

В варианте воплощения элемент регулирования магнитного поля имеет форму кольца, коаксиального по отношению к оси блока 110 катушки. Поэтому элементы 121 регулирования магнитного поля могут захватить магнитный поток в

любом направлении, действующий на блок 110 катушки в диаметральной направлении.

В варианте воплощения внутренний кольцевой элемент 122А, обеспеченный на внутренних сторонах в диаметральной направлении элементов 121 регулирования магнитного поля, и внешний кольцевой элемент 122В, обеспеченный отдельно на внешних сторонах в диаметральной направлении элементов 121 регулирования магнитного поля, больше в аксиальном направлении, чем элементы 121 регулирования магнитного поля. Поэтому внутренний кольцевой элемент 122А и внешний кольцевой элемент 122В могут воспринимать нагрузки, которые действуют на элементы 121 регулирования магнитного поля (например, сила магнитного поля, действующая на магнитное тело в магнитном поле, сила, генерируемая, когда его закрепляют в пачке катушек, сила, генерируемая разностью коэффициентов теплового расширения феррита и смолистого материала во время охлаждения (или повышения температуры), и т.д.), посредством чего, даже если элементы 121 регулирования магнитного поля являются хрупким материалом, таким как феррит, может быть предотвращена поломка и т.п., вызванная нагрузкой, соударением и т.п.

В варианте воплощения сверхпроводящий двигатель 1 включает в себя сборки 100 сверхпроводящих катушек, описанные выше, и генерирует магнитное поле, используя ток возбуждения, подаваемый к блокам 110 катушек извне. Следовательно, получен сверхпроводящий двигатель 1, который может подавить потери на переменном токе, может стабильно функционировать и иметь высокую эффективность.

Хотя предпочтительный вариант воплощения данного изобретения был описан со ссылкой на чертежи, не предполагается, что это ограничивает данное изобретение. Будет подразумеваться, что формы, комбинации и т.п. составляющих элементов, показанных в варианте воплощения, являются просто примерами и могут модифицироваться различными способами для индивидуальных требований проекта, основываясь на основных пунктах данного изобретения.

Например, хотя в варианте воплощения в качестве элементов 121 регулирования магнитного поля используется феррит, это не является ограничением данного изобретения. Например, порошковый металлический сердечник, произведенный прессовкой стального порошка или порошка пермендюра, может также успешно осуществлять цели данного изобретения.

В варианте воплощения, например, ширина в аксиальном направлении кольца 120 регулирования магнитного поля увеличена для того, чтобы отрегулировать характеристики захвата магнитного потока. Однако эта конфигурация не является ограничением данного изобретения, допустимо корректировать ширину в направлении, ортогональном к оси (диаметральном направлении) в зависимости от распределения магнитного поля в месте расположения. Кроме того, возможность захватывать магнитный поток изменяется в зависимости от ширины в диаметральной направлении кольца 120 регулирования магнитного поля. Поэтому, например, может использоваться конфигурация, в которой ширина в диаметральной направлении является большой на концах аксиального направления блока 100 сверхпроводящих катушек, в то время как ширина в диаметральной направлении мала в центре аксиального направления.

В варианте воплощения, каждый блок 110 катушки в аксиальном направлении располагается между элементами 121 регулирования магнитного поля. Однако это не является ограничением данного изобретения. Например, они могут быть расположены внутри отдельной катушки или могут располагаться с обоих концов

отдельной катушки в аксиальном направлении. Кроме того, места расположения элементов 121 регулирования магнитного поля могут быть выбраны в соответствии с распределением магнитного поля. Например, может использоваться конфигурация, в которой элементы 121 регулирования магнитного поля не предусмотрены в центрах аксиального направления, где магнитное поле диаметрального направления слабо, или в которой элементы 121 регулирования магнитного поля не предусмотрены в некоторой области в круговом направлении.

В варианте воплощения, оборудование для генерирования магнитного поля, которое включает в себя сборки 100 сверхпроводящих катушек и генерирует магнитное поле, используя ток возбуждения, подаваемый к блоку 110 катушки извне, является сверхпроводящим двигателем 1. Однако данное изобретение не ограничено этой конфигурацией и может быть применено в различных типах оборудования для генерирования магнитного поля, таких как, например, трансформатор, электрогенератор и электромагнит.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

Элемент регулирования магнитного поля данного изобретения имеет высокое электрическое сопротивление, подавляет генерирование вихревых токов, имеет высокую магнитную проницаемость и может захватывать магнитный поток.

ОПИСАНИЕ НОМЕРОВ ДЛЯ ССЫЛОК

1 сверхпроводящий двигатель (оборудование для генерирования магнитного поля)
 100 сборка сверхпроводящих катушек
 110 блок катушки
 121 элемент регулирования магнитного поля
 122А внутренний кольцевой элемент
 122В внешний кольцевой элемент.

Формула изобретения

1. Сборка сверхпроводящих катушек, в которой множество блоков катушек, выполненных из сверхпроводящего материала, расположено коаксиально по отношению к одному и тому же направлению, содержащая:

элементы регулирования магнитного поля, выполненные из феррита, порошкового металлического сердечника или порошка пермендюра, которые имеют более высокую магнитную проницаемость, чем сверхпроводящий материал, и обеспечены вблизи от блоков катушек, при этом

элементы регулирования магнитного поля имеют форму кольца с осью,

коаксиальной по отношению к каждой оси блоков катушек, и

внутренние кольцевые элементы, размещенные в диаметральной направлении на внутренних сторонах элементов регулирования магнитного поля, и внешние кольцевые элементы, размещенные отдельно в диаметральной направлении на внешних сторонах элементов регулирования магнитного поля, больше, чем элементы регулирования магнитного поля в аксиальном направлении.

2. Сборка сверхпроводящих катушек по п.1, в которой между блоками катушек размещены элементы регулирования магнитного поля так, чтобы прослаивать каждый блок катушки в аксиальном направлении, или так, чтобы прослаивать блоки катушек с обоих концов в аксиальном направлении.

3. Сборка сверхпроводящих катушек по п.1, в которой элементы регулирования магнитного поля, каждый, имеют ширину в аксиальном направлении и/или ширину в направлении, ортогональном к оси, которая зависит от распределения магнитного

поля в их местах расположения.

4. Оборудование для генерирования магнитного поля, содержащее сборку сверхпроводящих катушек по п.1 и генерирующее магнитное поле, используя ток возбуждения, подаваемый к каждому блоку катушки извне.

5

10

15

20

25

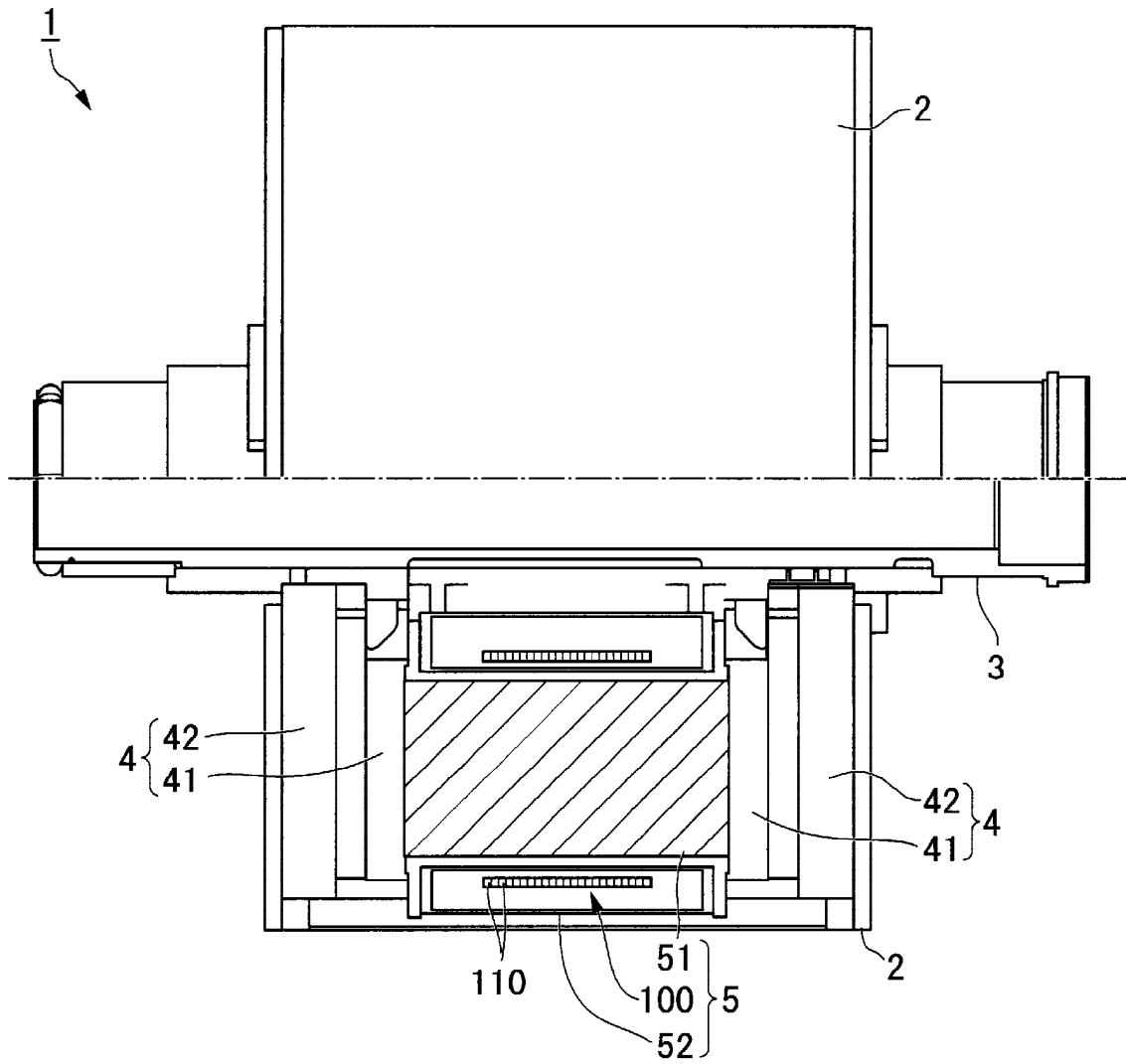
30

35

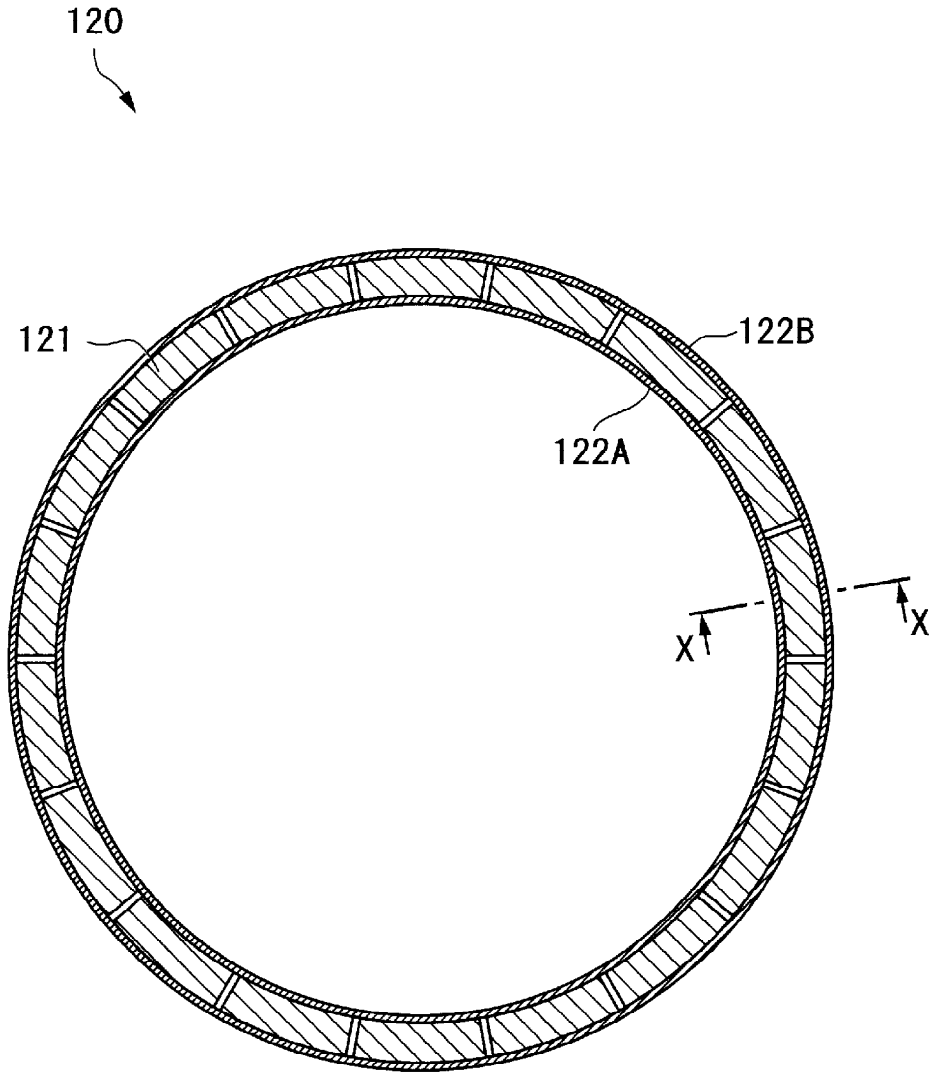
40

45

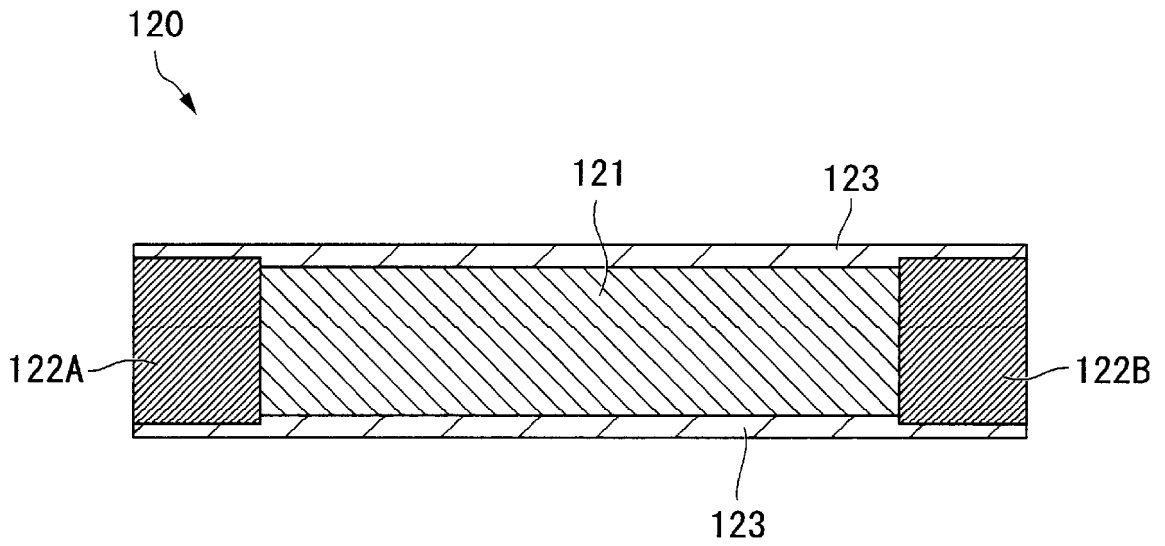
50



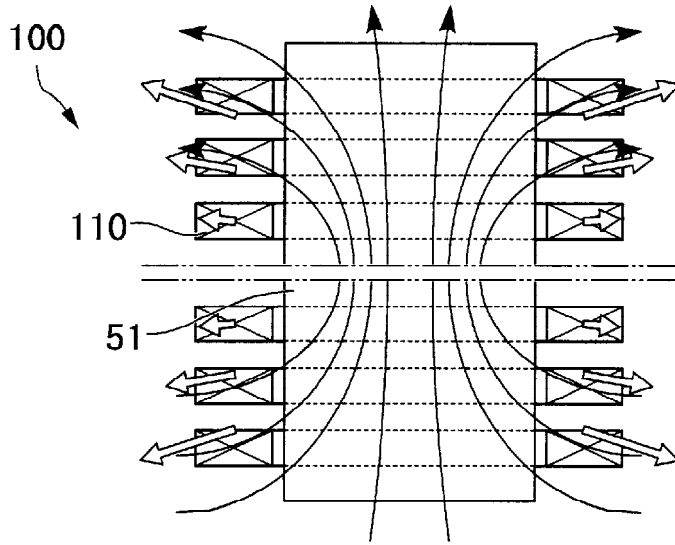
ФИГ.1



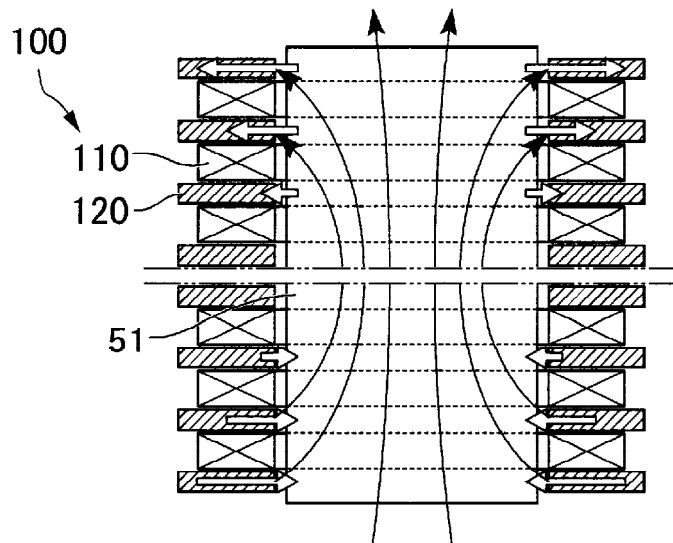
ФИГ.3



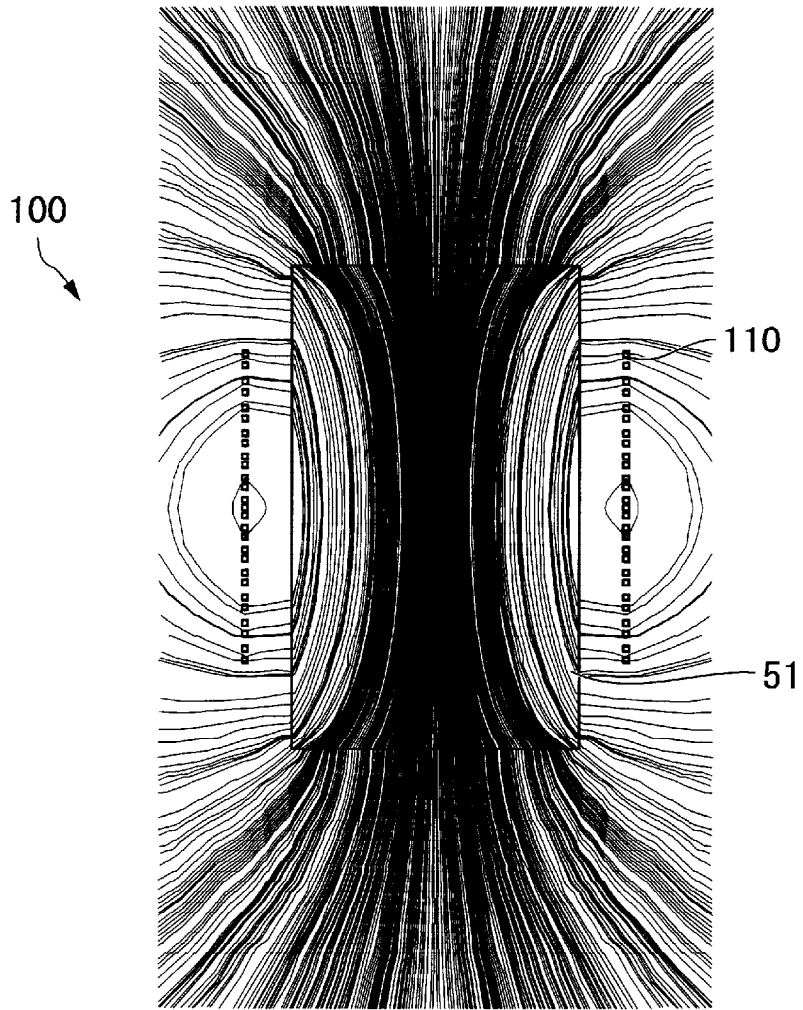
ФИГ.4



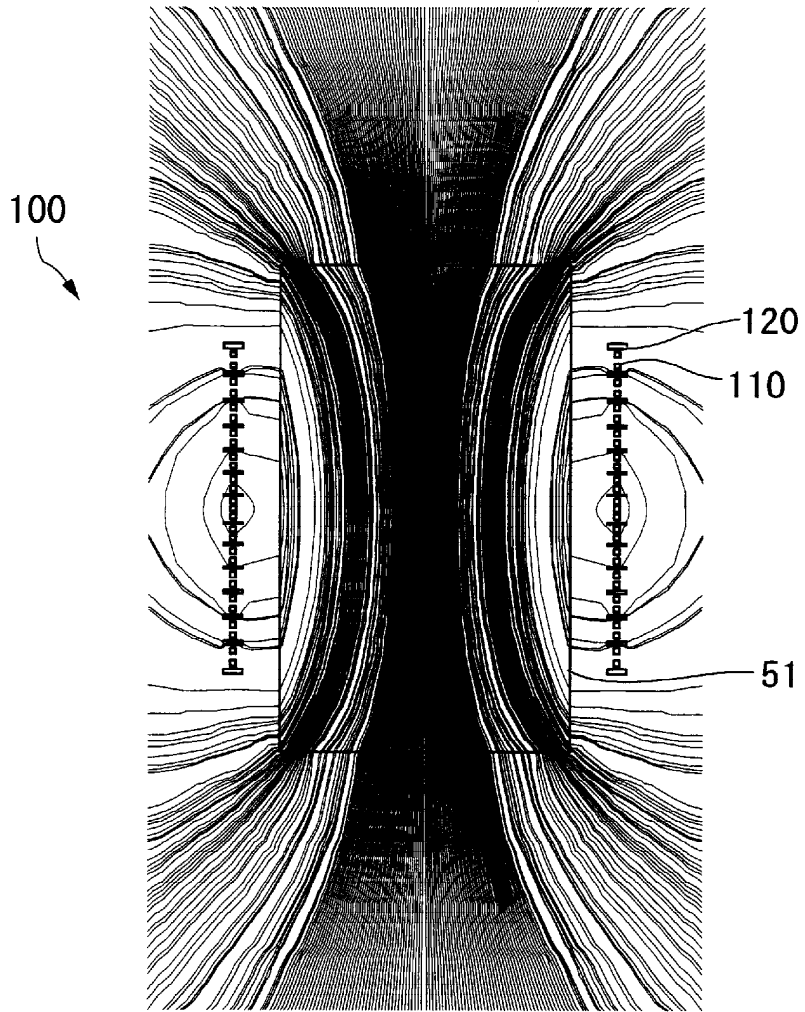
ФИГ.5А



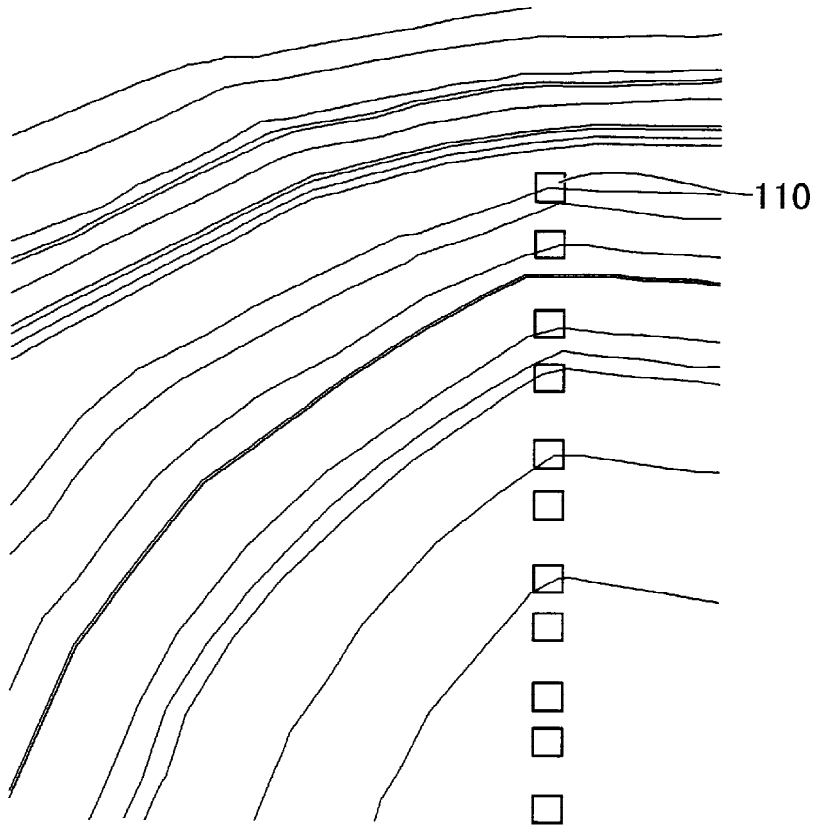
ФИГ.5В



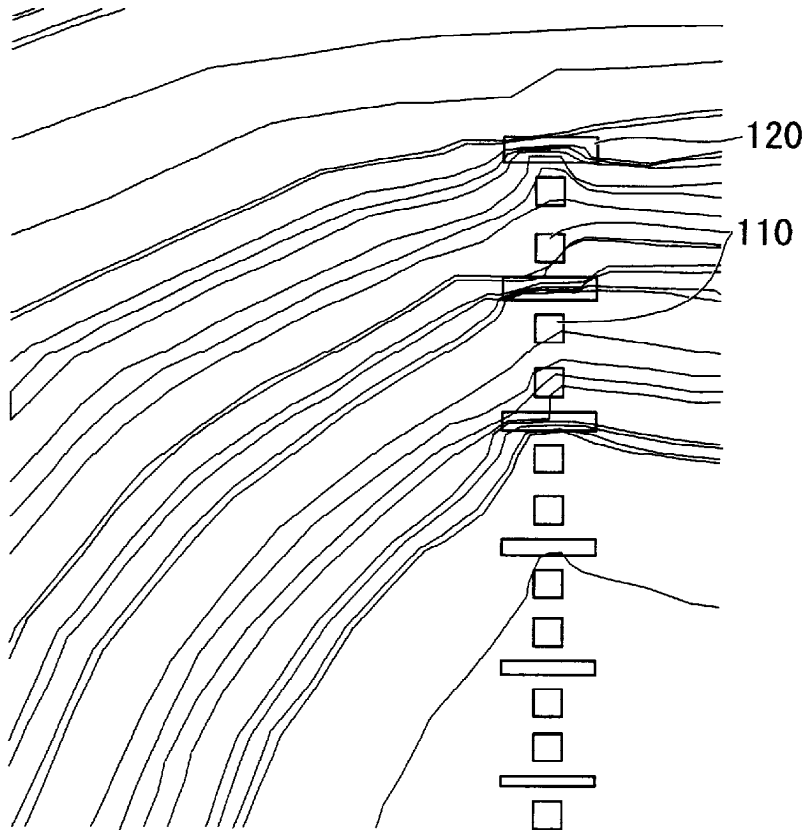
ФИГ.6А



ФИГ.6В



ФИГ.7А



ФИГ.7В