

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3953813号
(P3953813)

(45) 発行日 平成19年8月8日(2007.8.8)

(24) 登録日 平成19年5月11日(2007.5.11)

(51) Int.C1.

F 1

HO 1 F	6/06	(2006.01)	HO 1 F	5/08	C
HO 1 B	12/10	(2006.01)	HO 1 F	5/08	B
HO 1 B	13/00	(2006.01)	HO 1 F	5/08	D
			HO 1 B	12/10	Z A A
			HO 1 B	13/00	5 6 5 D

請求項の数 20 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-512596 (P2001-512596)
 (86) (22) 出願日 平成12年5月23日 (2000.5.23)
 (65) 公表番号 特表2003-505877 (P2003-505877A)
 (43) 公表日 平成15年2月12日 (2003.2.12)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2000/014105
 (87) 國際公開番号 WO2001/008173
 (87) 國際公開日 平成13年2月1日 (2001.2.1)
 審査請求日 平成15年6月18日 (2003.6.18)
 (31) 優先権主張番号 09/359,497
 (32) 優先日 平成11年7月23日 (1999.7.23)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500117059
 アメリカン スーパーコンダクター コーポレーション
 AMERICAN SUPERCONDUCTOR CORPORATION
 アメリカ合衆国 O 1 5 8 1 マサチューセッツ州 ウエストボロー トゥー テクノロジー ドライブ
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超伝導磁気コイルを備えるロータアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持部材と、
 軸線と、第1端部と、第2端部とを有する超伝導コイルとを備え、該超電導コイルは、
 該超伝導コイルの前記軸線の周囲に巻回され、該軸線に沿って配設されるとともに、該軸
 線に沿う方向において該超伝導コイルの第1端部から第2端部
 まで漸減する寸法を有する開口を画定する複数の同心的ターンを提供するセラミック系高
 温超伝導体テープからなり、該超伝導体テープの各ターンは該コイルの軸線にほぼ平行で
 ある広幅面を有し、

前記超伝導体テープは、前記超伝導コイルが支持部材の表面に従うように、巻回されて
 いる、ロータアセンブリ。 10

【請求項 2】

前記支持部材の第1の面に従う前記超伝導コイルの超伝導体テープは、一対の対向する
 略直線状側部区域に連結された一対の対向する弧状端部区域とを画定する形状に巻回され
 る請求項1に記載のロータアセンブリ。

【請求項 3】

前記超伝導コイルの超伝導体テープは、複数の別個の超伝導フィラメントを有するマル
 チフィラメント複合超伝導体を備え、前記超伝導フィラメントは前記マルチフィラメント
 複合導体の連続する長さにわたって延在し、かつマトリクス形成材料により包囲されてい
 る請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 4】

前記超伝導コイルの超伝導体テープが、異方性高温超伝導体を備える請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 5】

前記異方性高温超伝導体が、 $B_{12}Sr_2Ca_2Cu_3O$ である請求項4に記載のロータアセンブリ。

【請求項 6】

前記異方性高温超伝導体が、希土類-銅-酸化物系の要素である請求項4に記載のロータアセンブリ。

【請求項 7】

前記超伝導コイルの超伝導体テープは、複数の別個の超伝導フィラメントを有するマルチフィラメント複合超伝導体を備え、前記超伝導フィラメントは前記マルチフィラメント複合導体の連続する長さにわたって延在し、かつマトリクス形成材料により包囲されている請求項4に記載のロータアセンブリ。

【請求項 8】

前記超伝導コイルの超伝導体テープは、一対の超伝導体層と、少なくとも一つの機械的補強層とを有する請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 9】

前記超伝導コイルの超伝導体テープは、一対の機械的補強層を有し、その各補強層がステンレス鋼を含む請求項8に記載のロータアセンブリ。

10

【請求項 10】

前記超伝導コイルの超伝導体テープは、複数の別個の超伝導フィラメントを有するマルチフィラメント複合超伝導体を備え、前記超伝導フィラメントは前記マルチフィラメント複合導体の連続する長さにわたって延在し、かつマトリクス形成材料により包囲されている請求項9に記載のロータアセンブリ。

【請求項 11】

前記コイルがパンケーキ状コイルの形態にある請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 12】

前記パンケーキ状コイルが二重パンケーキ状コイルである請求項11に記載のロータアセンブリ。

20

【請求項 13】

超伝導コイルの巻回された超伝導体テープが、コイルの軸線に沿って延在する該コイルの直線状テーパ内面を画定する請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 14】

超伝導コイルの巻回された超伝導体テープが、コイルの軸線に沿って延在する該コイルの湾曲内面を画定する請求項2に記載のロータアセンブリ。

【請求項 15】

超伝導コイルの湾曲内面が、対向する略直線状側部区域の各々に沿って円筒状であり、かつ対向する弧状端部区域の各々に沿って球形状のテーパー形状を有する請求項14に記載のロータアセンブリ。

30

【請求項 16】

前記支持部材の少なくとも一部の形状が円錐形である請求項1に記載のロータアセンブリ。

【請求項 17】

前記支持部材の少なくとも一部の形状がテーパー状にされている請求項1に記載のロータアセンブリ。

【請求項 18】

前記支持部材が外表面を有するトルク管からなり、その外表面が前記超伝導コイルを支持する請求項1に記載のロータアセンブリ。

【請求項 19】

40

50

トルク管の外表面が環状領域を画定し、該環状領域内には前記超伝導コイルの少なくとも一部が配置される請求項18に記載のロータアセンブリ。

【請求項20】

前記超伝導コイルは前記環状領域に合致する請求項19に記載のロータアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

連邦支援による研究に関する説明

本発明は、エネルギー省によりリライアンスエレクトリック社(Reliance Electric
c t r i c C o .)に与えられた本契約第 D E - F C 3 6 - 9 3 C H 1 0 5 8 0 号に基づく政府支援により為されたものである。米国政府は、本発明に基づく一定の権利を有する。
10

【0002】

発明の背景

本発明は超伝導磁気コイル、およびその超伝導磁気コイルを備えた、同期モータなどのためのロータアセンブリに関する。

超伝導体は、ソレノイド、多重極磁石などの超伝導磁気コイルを作製するために使用され得、前記超伝導磁気コイルでは超伝導体はコイル状に巻回されている。超伝導体が超伝導状態で存在し得るに十分なほどコイルの温度が低い場合、電流容量、ならびに、該コイルにより生成される磁界の大きさは相當に増大される。

【0003】

典型的な超伝導材料としては、ニオブ-チタン、ニオブ-スズ、ならびに、希土類-銅-酸化物系(すなわち Y B C O)、タリウム-バリウム-カルシウム-銅-酸化物系(すなわち T B C C O)、水銀-バリウム-カルシウム-銅-酸化物系(すなわち H g B C C O)およびビスマス-ストロンチウム-カルシウム-銅-酸化物系(鉛置換基を有するか又は鉛置換基を有さないもの、すなわち、 $(B i , P b)_2 S r_2 C a_2 C u_3 O_{10}$ 、 $B i_2 S r_2 C a_2 C u_3 O_{10}$ (B S C C O (2 2 2 3))の要素(member)などの銅酸化物セラミクスなどがあり、これらは、これらの超伝導性および対応する大きな電流密度特性が比較的高温($T_c = 108^{\circ}K$)にて達成されることから特に良好に機能する。
20

【0004】

特定の超伝導磁気コイルを作製する場合、超伝導体は、該導体がコアの直径の周囲に周囲に湾曲され得る様に、薄いテープの形状に形成され得る。例えば高温超伝導体(HTS)は、マルチフィラメント複合超伝導体が、ほぼ該マルチフィラメント複合導体の長さにわたって延在し、かつ一般には銀または他の貴金属であるマトリクス形成材料により包囲された複数の別個の超伝導フィラメントを備える薄いテープとして作製されることが多い。上記マトリクス形成材料は電気を導通するが、それは超伝導ではない。上記超伝導フィラメントおよびマトリクス形成材料は協働して、上記マルチフィラメント複合導体を形成する。特定の用途において上記超伝導フィラメントおよびマトリクス形成材料は、絶縁層内(図示せず)に収納される。
30

【0005】

超伝導テープを巻回して磁気コイルとする一つの手法は、パンケーキ状巻回(pancake winding)として公知であり、この場合に超伝導体テープは先行する巻きの上に一巻きされることにより、コイルの軸線に直交する巻き平面を形成する。一連のパンケーキ状コイルを使用してコイルを形成するという用途において、各パンケーキ状コイルは二重パンケーキ(double pancake)として巻回され得る。
40

【0006】

いくつかの用途においては(一重または二重であるかを問わず)パンケーキ状コイルを使用した超伝導磁気コイルアセンブリは、該コイルアセンブリの長さに沿って同軸的に配設された数個のコイルを備え得る。個々のコイルは、例えば銅酸化物セラミクスなどのような上述の種類の超伝導材料から作成された短い超伝導ワイヤもしくはリボンを使用して相互接続される。
50

【0007】

この配置構成の一例は、本発明の譲受人に対して譲渡されると共に、本明細書中に援用される米国特許第5,581,220号に記述されている。前記特許は、可変径方向断面を備えた（階段状などの）可変外形超伝導磁気コイルを記載している。パンケーキ状コイルが積層された配置構成を有する超伝導コイルの別の例は、角部が丸められた長円形もしくは矩形の“サドル形”コイルである。

【0008】

上記の可変縦断面コイルおよびサドル形コイルは、超伝導磁気コイルが回転式電気機械などのアセンブリの環状領域に合致するか、または該領域内に配置されることが必要な用途において好適に使用される。

10

【0009】

発明の要約

本発明は、円錐形（conical）もしくはテーパ状（tapered）の外形（profile）を有する超伝導コイルを備えたロータアセンブリを特徴とする。

本発明の一つの態様において、上記超伝導コイルは、該コイルの軸線の周囲に巻回され、かつ該軸線に沿って配設されて、上記軸線に沿う方向において該コイルの第1端部から第2端部まで漸減する寸法を有する開口を画定する複数の同心的ターン（turn）を提供する超伝導体テープを備える。上記超伝導体テープの各ターンは、上記コイルの上記軸線とほぼ平行に維持された広幅面を有する。

【0010】

20

上記コイルの巻回形状により画定される上記の寸法減少開口は、テーパ状の外形を有するコイルを提供する。この配置構成を有するテーパ状超伝導コイルの利点は多数ある。例えば上記テーパ状超伝導コイルは、（例えばモータまたは発電機などの）回転式電気機械において一般的に見られるような環状空間内にコイルが配置される用途における使用に特に適している。一般に、上記テーパ状配置構成は、他の積層配置に共通する段状の外形を排除する。特に、環状空間を充填する上で、上記テーパ状超伝導コイルが必要とする積層個別コイルの数は比較的少ない。これは、環状空間を充填するために、多数のより薄寸の個別コイルの積層を必要とする他の超伝導コイルアセンブリと対照的である。更に、個別コイルの個数を低減すると個別コイル間の電気接続箇所の個数が減少することから、各テーパ状コイルを使用するコイルアセンブリの全体的な性能および信頼性が高められる。

30

【0011】

これに加えて、本発明の超伝導体テープは、その広幅面が上記コイルの上記軸線（ならびに各隣接ターン）とほぼ平行に維持されながら巻回される。この特徴は、上記テープがセラミック系高温超伝導材料などの可撓性が低く脆い材料で作成される場合に特に好適である。

【0012】

更に、上記テーパ形状は、より良好な臨界電流（I_c）保持特性を提供し、より良好なコイル等級を許容する。

本発明の別の態様において、超伝導コイルアセンブリは、各々が上述の特性を有する、積層配置された複数の超伝導コイルを含む。各コイルの超伝導体テープの各ターンの広幅面は、上記コイルアセンブリの軸線にほぼ平行に維持されることから、各個別コイルはスペーサもしくは楔なしで容易に積層される。本発明のこの態様の特定の実施形態においては、各コイルはほぼ同一であり、それはコイルアセンブリが所定の環状空間内に載置されるという特定の用途（例えば回転式機械）において特に有利である。

40

【0013】

特定の積層配置において、積層体の各端部（第1端部コイルおよび第2端部コイルの各々）における頂部および底部コイル（例えばパンケーキ）は、該積層体の頂部および底部コイルの間に配置された複数のコイルの臨界電流保持特性よりも大きな臨界電流保持特性を有するように予め選択される。同様に、前記コイルアセンブリの頂端部および底端部におけるコイル群は、より大きな臨界電流保持特性を有するように予め選択され得る。大きな

50

臨界電流保持特性を有する頂部パンケーキ状コイルおよび底部パンケーキ状コイルをこの様に配置すると、該コイルアセンブリ全体の電力損失が相当に減少され得る。前記頂部パンケーキ状コイルおよび底部パンケーキ状コイルは、それらの内在的特性に依り予め選択されるか、それにかわって、超伝導体テープの寸法を僅かに変更して予め選択され得る。

【0014】

本発明のこれらの態様の各実施形態はまた、以下の特徴の一つ以上も含み得る。

超伝導体テープは、一対の対向する弧状端部区域および一対の対向する略直線状側部区域を画定するレーストラック形に巻回される。

【0015】

超伝導体テープは、複数の別個の超伝導フィラメントを含むマルチフィラメント複合超伝導体をし、前記超伝導フィラメントは、前記マルチフィラメント複合導体の長さにわたって延在し、かつマトリクス形成材料により包囲されている。上記超伝導体テープは、好ましくは $(Bi, Pb)_2 Sr_2 Ca_2 Cu_3 O$ などの異方性高温超伝導体を含む。別の実施形態において、上記超伝導体テープとして、希土類-銅-酸化物系(すなわちYBCO)の要素などの銅酸化物セラミクスなどが挙げられる。

【0016】

特定の実施形態において、超伝導体テープは、一対の超伝導体層および少なくとも一つの機械的補強層を備える。前記一対の超伝導体層は、各々がステンレス鋼を含む一対の機械的補強層の間に配設される。

【0017】

前記超伝導コイルは、二重パンケーキ状コイルなどのパンケーキ状コイルの形態にある。一実施形態において、超伝導体テープは、コイルの軸線に沿って延在する前記コイルの直線的なテーパ状内面を提供するように巻回される。別の実施形態において、超伝導体テープは、コイルの軸線に沿って延在するコイルの湾曲内面を提供するように巻回される。この実施形態において、巻回された超伝導体テープの湾曲内面は、対向する略直線状側部区域に沿っては円筒状であり、かつ対向する弧状端部区域に沿っては球形状である。

【0018】

本発明の別の態様において、超伝導コイルを提供する方法は以下の工程を含む。超伝導体テープがコイルの軸線の周囲に巻回されて、該コイルの前記軸線に対してほぼ平行に維持された広幅面を有する内寸を備える開口を画定する複数の同心的ターンを提供する。上記テープは、上記開口が前記軸線に沿う方向において第1端部から第2端部まで漸減するよう巻回される。

【0019】

本発明のこの態様の実施形態は、以下の特徴の一つ以上を含む。

前記超伝導コイルは、前記テーパを画定する各表面を有するマンドレルを使用して巻回される。例えば各表面は、直線的なテーパ状にされてもよいし、または湾曲されてもよい(例えば、円筒状または球形状)。代替的手法においては、一対の加熱プレートを使用して熱および圧力を加え、超伝導コイルをテーパ状の外形に成形する。

他の利点および特徴は以下の説明および請求の範囲から明らかとなろう。

【0020】

発明の詳細な説明

図1を参照すると、テーパ状超伝導コイル10は略長円形もしくは略レーストラック形(racettrack shape)に巻回された超伝導体テープ12を備える。“レーストラック形”的超伝導コイル10は、対向する一対の略直線状側部区域14aおよび対向する一対の湾曲端部区域14bを備え、それらの区域は一体となって角部が丸められた略矩形のコイルを形成する。コイル10は“レーストラック形”ではあるが、該コイルが公知のレーストラックコイルの形状もしくは構造を有するのではないことを銘記することが重要である。一つの作製手法に関して以下に記載されるように、コイル10は連続した1本のまたは一連の長尺状の超伝導体テープから該コイルの軸線16の周囲に巻回されることにより、該コイルの多数の巻線(winding)すなわちターン(turn)18を

10

20

30

40

50

形成する（図3参照）。これらのターンは協働して、以下で更に詳述されるように最も内側のターンから最も外側のターンにかけて寸法が増大する開口19を画定する。超伝導体テープを巻回するこの手法は、多くの場合、超伝導体テープが先行ターンの上に一巻きされることによりコイル10の軸線16に直交するターンの平面を形成するというパンケーキ状巻回と称される。

【0021】

図3を参照すると、超伝導体テープ12は広幅側面22および狭幅側面24を備える。一実施形態において、超伝導体テープはマルチフィラメント複合超伝導体層25を含むが、この層25は、実質的にマルチフィラメント複合導体の長さに沿って延在し、かつ銀などのマトリクス形成材料により包囲された複数の別個の超伝導フィラメントを有する。上記超伝導フィラメントおよびマトリクス形成材料は協働してマルチフィラメント複合導体を形成する。多くの用途において、上記超伝導フィラメントおよびマトリクス形成材料は絶縁層（図示せず）に被包されている。10

【0022】

図2を参照すると、一実施形態において、一対の超伝導体層25は、超伝導体層20に対して機械的支持を提供するステンレス鋼などの一対の補強部材26の間に挟持される。この様に補強された超伝導体テープを作製する一つの手法は、本発明の譲受人であるアメリカン・スーパー・コンダクタ社（American Superconductor Corporation）に譲渡されると共に本明細書中に援用される米国特許出願第08/701,375号に記載される。20

【0023】

図3を参照すると、超伝導体テープ12の各ターン18は、軸線16の方向において各ターンが先行ターンから僅かに偏倚されることにより、最も内側のターン18a（図1）から最も外側のターン18bにかけてコイル10が仮想線28に沿ってテーパ状に巻回される様に巻回される。各ターン18の広幅側面22が軸線16と相互に平行なことに注目することが重要である。

【0024】

図4を参照すると、ここではマンドレル30は例えばアルミニウムからなり、更に超伝導体層およびステンレス補強部材の各巻枠（いずれもが図示せず）を担持する巻回機構とともに使用されて、超伝導体コイル10を巻回する。マンドレル30は、対向するテーパ付け用側部区域34および対向するテーパ付け用端部区域36により包囲された中央取付け区域32を備える。マンドレルは、コイル10を巻回するための形状およびテーパの角度を定義する。工具（図示せず）はマンドレル30の表面に従って、該マンドレル上の所定位置に超伝導体テープ12を案内する。30

【0025】

図5Aおよび図5Bを参照すると、テーパ状超伝導コイル10を形成する代替的手法が示されている。この手法において超伝導コイル10は先ず、テーパ状の縁部を有さない従来のパンケーキ状コイル10aとして形成され、すなわち、コイル10aの各ターンはその全体が先行ターンの上に直接載置される。上記パンケーキ状コイルの巻回プロセスの間ににおいて、超伝導体テープ12と共に、B段階エポキシを有するカプトン（Kapton（登録商標））テープ（デラウェア州、ウィルミントン所在のE.I.デュポン・ド・ヌムール・アンド・カンパニー（E.I.duPont de Nemours and Company）の製品）が“手巻き”で被覆される。上記エポキシは、隣接する各ターンを相互に保持するのを助力する粘着特性を有する。図5Aを参照すると、パンケーキ状コイル10aは次に、超伝導コイル10のための形状および所望のテーパ角度を定義する各テーパ表面42を有する一対の加熱プレート40の間に載置される。図5Bを参照すると加熱プレート40は（図5Aの矢印43の方向に）相互に合わせられてパンケーキ状コイル10aに対して熱および圧力を加えることで超伝導コイル10を形成する。上記の熱および圧力は所定時間後に除去されて、上記エポキシを冷却させ、その結果、超伝導コイル10の隣接するターンが相互に接合される。4050

【0026】

図6を参照すると、超伝導コイルの代替実施形態100は、コイル10を巻回するために上述したのと同一の超伝導体テープ12を巻回して示されている。但し、この実施形態においては、超伝導体テープ12は、対向する側部区域104aに沿ったテープの領域が円筒状にテーパ状にされ、一方、対向する端部区域104bに沿ったテープの領域は球形状にテーパ状にされる様に巻回される。

【0027】

特に図7を参照すると、超伝導体テープ12は側部区域104aおよび端部区域104bの双方にて仮想湾曲線106に沿ってテーパ状に巻回される。側部区域104aはコイルの平面内において直線状であることから、これらの区域に沿ったテーパ付けは円筒形に基づくものである。一方、丸められた端部区域104bにおいてテーパ付けは球面の1/4の部分に基づいている。直線状にテーパ付けられた上記実施形態の場合と同様に、この場合の超伝導体テープの各ターンの広幅側面22同士は依然として相対的に平行であり、かつ軸線16に対して平行であることに留意されたい。

【0028】

図8を参照すると、超伝導コイル100を形成するマンドレル130が示される。対向する各テーパ付け用側部区域134および対向する各テーパ付け用端部区域136の夫々の表面が湾曲されて、丸められた側部区域104aおよび端部区域104bの湾曲形状を画定することを除き、マンドレル130は本質的に上述のマンドレル30と同一である。

【0029】

超伝導コイル10および超伝導コイル100は双方ともに、電気モータのロータアセンブリにおいて一般的な様に円弧形状(angularly-shaped)の領域内にコイルが配置される必要があるという用途に良く適している。

【0030】

図9を参照すると、一例において、同期モータ用のロータアセンブリ200は、アセンブリ全体内の真空層を包囲する外側シールドの無い4極トポロジを有する。この実施形態において、ロータアセンブリ200は、高強度を有する延性の非磁性材料(例えばステンレス鋼)から作製されたトルク管220を備える。トルク管220の外側面は、各巻線がモータの一つの極に対応する4個の超伝導コイルアセンブリ230(2個のみが示されている)を支持する。上記トルク管の内側空間内には、透磁性が高く飽和磁束密度の高い材料(例えば鉄)で形成された中空コア部材250が配置されて、コイルアセンブリ230により生成された磁界に対する低リラクタンスの磁束経路を提供する。コイルアセンブリ230は、トルク管220と協働して円筒を画定するトルク管220の外側面と磁極キャップ260の内面とにより画定された環状領域240内に配置される。

【0031】

その形状の故に環状領域240は、積層パンケーキおよびレーストラックコイルなどの超伝導コイルを受容するに良好に適するものではない。故にこれらの種類の超伝導コイルにより各環状領域240を充填するためには、上記コイルアセンブリが、階段状に段差配置された別個のコイル(例えばパンケーキ)により構成される必要がある。上記環状領域を効率的に充填するには、比較的に多数の個別コイルが薄く形成され、積層されてから相互に接続されることが必要である。これらの配置構成において個別コイルを接続することは容易では無く、かつ、一般的に、各コイルアセンブリを支持するためには対応する階段状表面による上記トルク管の加工が必要であって、これはモータ製造のコストおよび複雑さを増大する。

【0032】

上記超伝導コイル10および超伝導コイル100はテーパ付けされていることから、いずれのコイルアセンブリも直線的にもしくは湾曲された様式で各環状領域240内に合致して各環状領域240を充填し得る。また、上述の積層パンケーキの配置構成とは異なり、上記空間を充填するために必要なコイルの個数は相当に少なくなることから、接続の数が少なくなり、かつコイルアセンブリの信頼性および性能は増大する。故に、更に効率的で

10

20

30

40

50

組み立てが容易なモータ構造が提供される。しかもテープ状コイルは、モータのアーマチュアにより接近して好適に配置される。

【0033】

更に、多くの用途において上記環状領域は、積層されてテープ状にされた超伝導コイルがほぼ同一である様に形成され得ることから、製造コストが更に削減される。斯かる環状領域内には、積層された一群のほぼ同一のテープ状超伝導コイルが単純に接続して載置される。

【0034】

上記の円錐状もしくはテープ状の超伝導コイルの別の重要な利点は、積層された配置構成においてその形状は、超伝導体テープの長辺面に直交する磁界から各積層コイルの内側のものを遮蔽するということである。故に一連のテープ状超伝導コイルは、より良好な性能特性を有するコイルが積層体の頂部および底部に載置される様にして積層され得る。10

【0035】

他の実施形態は特許請求の範囲の範囲内である。例えば上記においては、テープ状超伝導コイルまたは円錐状超伝導コイルの単一配置構成および積層配置構成の双方について記載した。しかし特定の用途においては、同一幅を有する薄寸のコイルの多数個を積層するのでは無く、単一のパンケーキとして超伝導コイルを巻回することが望ましい。単一のパンケーキ配置構成は、自己シールド特性および大きな臨界電流保持特性を提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る超伝導コイルの部分的破断斜視図。20

【図2】 図1の超伝導コイルを巻回する超伝導テープの一部の側断面図。

【図3】 図1の3-3線に沿った超伝導コイルの一部の分解図。

【図4】 図1の超伝導コイルを巻回するに適したマンドレルの斜視図。

【図5A】 図1の超伝導コイルを形成する代替的手法を示す図。

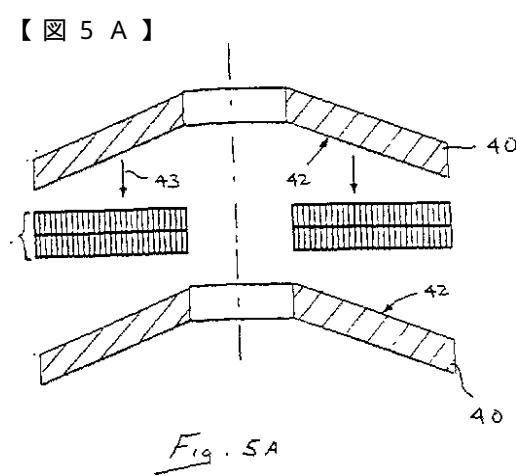
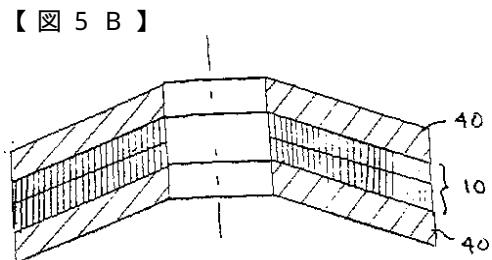
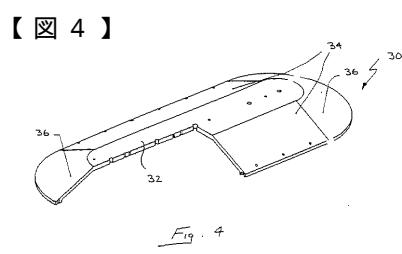
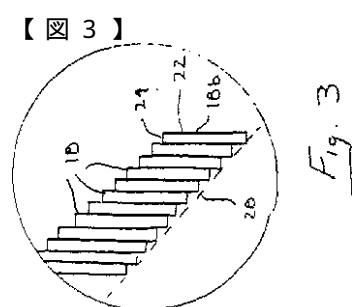
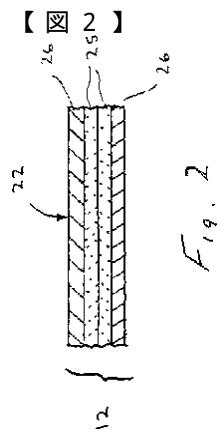
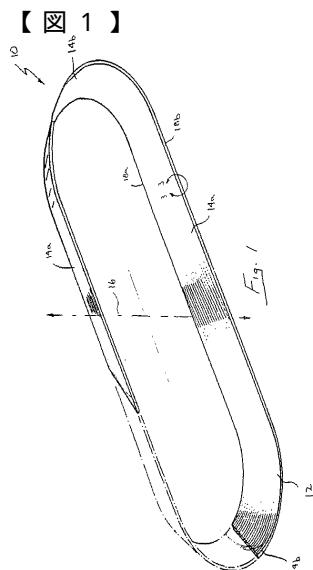
【図5B】 図1の超伝導コイルを形成する代替的手法を示す図。

【図6】 超伝導コイルの代替実施形態の斜視図。

【図7】 図6の7-7線に沿った超伝導コイルの一部の分解図。

【図8】 図6の超伝導コイルを巻回するに適したマンドレルの斜視図。

【図9】 図6の超伝導コイルを含むロータの一部の端部断面図。



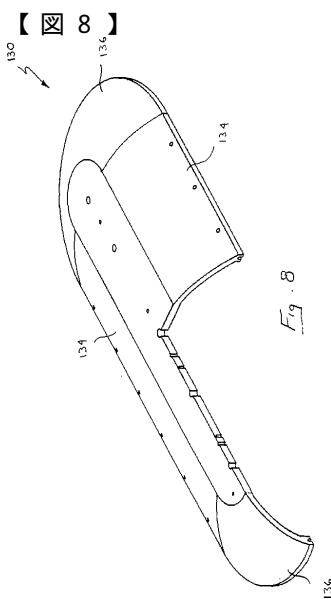
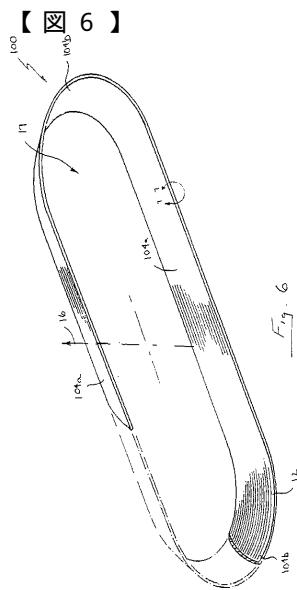


FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 スニッチラー、グレゴリー エル.
アメリカ合衆国 01545 マサチューセッツ州 シュルーズベリー イレタ ロード 64
- (72)発明者 ガンブル、ブルース ピー.
アメリカ合衆国 02181 マサチューセッツ州 ウェルズリー パインウッド ロード 14
- (72)発明者 ヴォッティオ、ジョン ピー.
アメリカ合衆国 02143 マサチューセッツ州 サマービル スケバン ストリート 16

審査官 右田 勝則

- (56)参考文献 特表平10-507589(JP,A)
特開昭61-272903(JP,A)
特開昭52-139955(JP,A)
国際公開第99/014770(WO,A1)
米国特許第03045195(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01B 12/00-13/00

H01F 6/00- 6/06