

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7220213号  
(P7220213)

(45)発行日 令和5年2月9日(2023.2.9)

(24)登録日 令和5年2月1日(2023.2.1)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 B	7/02 (2006.01)	H 0 1 B	7/02	A Z N M
H 0 1 B	7/42 (2006.01)	H 0 1 B	7/42	C
H 0 2 K	3/32 (2006.01)	H 0 2 K	3/32	
H 0 2 K	3/04 (2006.01)	H 0 2 K	3/04	Z

請求項の数 60 (全31頁)

(21)出願番号	特願2020-525861(P2020-525861)	(73)特許権者	598077037 エセックス フルカワ マグネット ワイヤ ユーエスエイ エルエルシー アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 3 2 7 アトランタ パワーズ フェリー ロード ノースウエスト 5 7 7 0 スイート 3 0 0
(86)(22)出願日	平成30年11月8日(2018.11.8)	(74)代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(65)公表番号	特表2021-502673(P2021-502673 A)	(74)代理人	230118913 弁理士 杉村 光嗣
(43)公表日	令和3年1月28日(2021.1.28)	(74)代理人	100211395 弁理士 鈴木 裕貴
(86)国際出願番号	PCT/US2018/059836	(72)発明者	マシュー リーチ アメリカ合衆国 インディアナ州 4 6 8 最終頁に続く
(87)国際公開番号	WO2019/094597		
(87)国際公開日	令和1年5月16日(2019.5.16)		
審査請求日	令和3年8月13日(2021.8.13)		
(31)優先権主張番号	62/585,127		
(32)優先日	平成29年11月13日(2017.11.13)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 内部空洞を有する巻線物品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの曲げ部を含む所定の形状に形成された導体と、  
前記導体の周りに形成された絶縁体と、  
を備える、絶縁巻線物品であって、  
前記絶縁巻線物品は、前記導体内に形成された複数の空洞を含み、  
前記複数の空洞は、前記導体内に形成された内部支持体、格子、またはクロスビームによって画定されていることを特徴とする、絶縁巻線物品。

【請求項 2】

前記導体は、(i)金属または(ii)カーボンナノチューブのうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 3】

前記導体は中心コアおよび該中心コアの周りに形成された外層を含み、前記複数の空洞は前記中心コア内に形成されている、請求項1に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 4】

前記中心コアは第1の導電性材料を含み、前記外層は第1の導電性材料とは異なる第2の導電性材料を含む、請求項3に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 5】

前記中心コアはカーボンナノチューブを含み、前記外層は金属材料を含む、請求項3に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 6】

前記中心コアは誘電体材料を含み、前記外層は導電性材料を含む、請求項 3 に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 7】

前記導体は、正方形、長方形、円形、楕円形、六角形、または八角形の断面形状のうちの 1 つを含む、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 8】

前記絶縁体は、( i ) エナメル、( i i ) 押出ポリマー材料、( i i i ) 半導電性材料、または( i v ) 絶縁材料のコンフォーマル層のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

10

## 【請求項 9】

前記複数の空洞は、前記物品に沿った断面位置に配置された複数の空洞を含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 10】

前記複数の空洞は、前記物品の長手方向の長さに沿ってエンドツーエンドに配置された複数の空洞を含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 11】

前記複数の空洞は、前記物品の長手方向の長さに沿ってエンドツーエンドに配置された第 1 の複数の空洞と、前記物品に沿った断面位置に配置された第 2 の複数の空洞とを含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

20

## 【請求項 12】

前記複数の空洞に含まれる少なくとも 1 つの空洞は、円形、楕円形、正方形、長方形、六角形、八角形、波形状、または正弦波状の断面形状のうちの 1 つを含む、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 13】

前記複数の空洞は二カム配列に配置された複数の空洞を含む、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 14】

前記複数の空洞は、前記導体内に配置された( i ) 1 つ以上のスポーク、( i i ) 1 つ以上の垂直支持体、( i i i ) 1 つ以上のクロスビーム、または( i v ) 1 つ以上の対角支持体のうちの少なくとも 1 つによって画定される複数の空洞を含む、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

30

## 【請求項 15】

前記複数の空洞は、( i ) 行、( i i ) 列、( i i i ) アレイ、または( i v ) グリッドのうちの少なくとも 1 つに配置された複数の空洞を含む、請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 16】

前記複数の空洞は、前記導体内の冷却を高める、請求項 1 から 15 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 17】

前記複数の空洞は、前記導体内の対流冷却を促進する、請求項 16 に記載の絶縁巻線物品。

40

## 【請求項 18】

前記複数の空洞は、前記導体内の流体の循環を促進する、請求項 16 に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 19】

前記流体は、( i ) ガス、( i i ) 冷媒、または( i i i ) 液体のうちの 1 つを含む、請求項 18 に記載の絶縁巻線物品。

## 【請求項 20】

前記複数の空洞に含まれる少なくとも 1 つの空洞の表面に形成されたライニングをさら

50

に含む、請求項 1 から 19 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 21】

前記ライニングは、(i)ポリマー、(ii)エポキシ、または(iii)無機化合物のうち少なくとも1つを含む、請求項 20 に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 22】

前記ライニングは、前記導体内の冷却剤の循環を促進する、請求項 20 に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 23】

前記冷却剤は、(i)エチレングリコール、(ii)トルエン、(iii)プロピレングリコール、(iv)アンモニア、(v)冷媒、(vi)油、(vii)アルコール、(viii)水素、(ix)アルゴン、(x)窒素、(xi)空気、(xii)二酸化炭素、(xiii)超臨界二酸化炭素、(xiv)水、(xv)メタン、または(xvi)液体メタンのうち少なくとも1つを含む、請求項 22 に記載の絶縁巻線物品。

10

【請求項 24】

前記複数の空洞のうち少なくとも1つの空洞は、0.00010平方インチ(0.00064516平方センチメートル)から24.9平方インチ(160.64484平方センチメートル)の間の断面積を有する、請求項 1 から 23 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 25】

前記所定の形状はU字形ヘアピンを含む、請求項 1 から 24 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

20

【請求項 26】

前記所定の形状は波形を含む、請求項 1 から 24 のいずれか一項に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 27】

絶縁巻線物品を形成する方法であって、  
 少なくとも1つの曲げ部を含む所定の形状を有する導体を提供するステップと、  
 前記導体の周りに絶縁体を形成するステップと、  
 を含み、  
 複数の空洞が、前記導体内に形成されており、  
 前記複数の空洞は、前記導体内に形成された内部支持体、格子、またはクロスビームによって画定されていることを特徴とする、方法。

30

【請求項 28】

前記導体を提供するステップは、金属またはカーボンナノチューブのうち少なくとも1つを含む導体を提供するステップを含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

前記導体を提供するステップは、複数の材料層を有する導体を提供するステップを含む、請求項 27 または 28 に記載の方法。

【請求項 30】

前記導体を提供するステップは、中心コアおよび該中心コアの周りに形成された外層を備える導体を提供するステップを含み、前記複数の空洞は前記中心コア内に形成される、請求項 29 に記載の方法。

40

【請求項 31】

前記導体を提供するステップは、第1の導電性材料を含む中心コアを提供するステップと、前記第1の導電性材料とは異なる第2の導電性材料を含む外層を提供するステップとを含む、請求項 30 に記載の方法。

【請求項 32】

前記導体を提供するステップは、カーボンナノチューブを含む中心コアを提供するステップと、金属材料を含む外層を提供するステップとを含む、請求項 30 に記載の方法。

【請求項 33】

前記導体を提供するステップは、誘電体材料を含む中心コアを提供するステップと、導

50

電性材料を含む外層を提供するステップとを含む、請求項 3.0 に記載の方法。

【請求項 3.4】

前記導体を提供するステップは、正方形、長方形、円形、楕円形、六角形、または八角形の断面形状のうちの 1 つを有する導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 3.3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3.5】

前記絶縁体を形成するステップは、(i) エナメル、(ii) 押出ポリマー材料、(iii) 半導電性材料、(iv) 絶縁材料のコンフォーマル層、または(v) 材料の蒸着層の少なくとも 1 つを含む絶縁体を形成するステップを含む、請求項 2.7 から 3.4 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 3.6】

前記導体を提供するステップは、導体に沿った断面位置に配置された複数の空洞を備える導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 3.5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3.7】

前記導体を提供するステップは、導体の長手方向の長さに沿ってエンドツーエンドに配置された複数の空洞を備える導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 3.5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3.8】

前記導体を提供するステップは、導体の長手方向の長さに沿ってエンドツーエンドに配置された第 1 の複数の空洞および導体に沿った断面位置に配置された第 2 の複数の空洞を含む導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 3.5 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 3.9】

前記複数の空洞の少なくとも 1 つは、円形、楕円形、正方形、長方形、六角形、八角形、波形状、または正弦波状の断面形状のうちの 1 つを含む、請求項 2.7 から 3.8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4.0】

前記複数の空洞は、八二カム配列に配置された複数の空洞を含む、請求項 2.7 から 3.9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4.1】

前記複数の空洞は、前記導体内に配置された(i) 1 つ以上のスポーク、(ii) 1 つ以上の垂直支持体、(iii) 1 つ以上のクロスビーム、または(iv) 1 つ以上の対角支持体のうちの少なくとも 1 つによって画定される複数の空洞を含む、請求項 2.7 から 3.9 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 4.2】

前記複数の空洞は、(i) 行、(ii) 列、(iii) アレイ、または(iv) グリッドのうちの少なくとも 1 つに配置された複数の空洞を含む、請求項 2.7 から 3.9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4.3】

前記複数の空洞は前記導体内の冷却を高める、請求項 2.7 から 4.2 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 4.4】

前記複数の空洞は前記導体内の対流冷却を促進する、請求項 4.3 に記載の方法。

【請求項 4.5】

前記導体内の冷却を促進するために、前記複数の空洞に含まれる少なくとも 1 つの空洞内で循環する流体を提供するステップをさらに含む、請求項 4.3 に記載の方法。

【請求項 4.6】

前記流体を提供するステップは、(i) ガス、(ii) 冷媒、または(iii) 液体のうちの 1 つを提供することを含む、請求項 4.5 に記載の方法。

【請求項 4.7】

前記複数の空洞に含まれる少なくとも 1 つの空洞の表面にライニングを形成するステッ

50

ブをさらに含む、請求項 2.7 から 4.6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4.8】

前記ライニングを形成するステップは、(i) ポリマー、(ii) エポキシ、(iii) 無機化合物、または(iv) 蒸着によって塗布される材料の少なくとも1つを含むライニングを形成することを含む、請求項 4.7 に記載の方法。

【請求項 4.9】

前記ライニングを形成するステップは、前記導体内の冷却剤の循環を促進するライニングを形成することを含む、請求項 4.7 に記載の方法。

【請求項 5.0】

前記導体内に冷却剤を配置するステップをさらに含む、請求項 4.9 に記載の方法。

10

【請求項 5.1】

前記冷却剤を配置するステップは、(i) エチレングリコール、(ii) トルエン、(iii) プロピレングリコール、(iv) アンモニア、(v) 冷媒、(vi) 油、(vii) アルコール、(viii) 水素、(ix) アルゴン、(x) 窒素、(xi) 空気、(xii) 二酸化炭素、(xiii) 超臨界二酸化炭素、または(xiv) 水、のうちの少なくとも1つを配置するステップを含む、請求項 5.0 に記載の方法。

【請求項 5.2】

前記導体を提供するステップは、0.00010 平方インチ (0.00064516 平方センチメートル) から 24.9 平方インチ (160.64484 平方センチメートル) の間の断面積を有する少なくとも1つの空洞を有する導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 5.1 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 5.3】

前記導体を提供するステップは、ワイヤを前記所定の形状に曲げるまたは成形するステップを含む、請求項 2.7 から 5.2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5.4】

前記導体を提供するステップは、積層造形によって導体を形成するステップを含む、請求項 2.7 から 5.2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5.5】

前記導体を提供するステップは、射出成形プロセスによって導体を形成するステップを含む、請求項 2.7 から 5.2 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 5.6】

前記導体を提供するステップは、U字形のヘアピン形状を有する導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 5.5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5.7】

前記導体を提供するステップは、波形形状を有する導体を提供するステップを含む、請求項 2.7 から 5.5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5.8】

少なくとも1つの曲げ部を含む所定の形状に形成された導体と、  
前記導体内に形成され、前記導体の長手方向の長さに沿って延びる少なくとも1つの空洞と、

40

前記少なくとも1つの空洞の表面に形成された、(i) ポリマー、(ii) エポキシ、または(iii) 無機化合物のうちの少なくとも1つを含むライニングと、

前記導体の周りに形成された絶縁体と、  
を備える絶縁巻線物品であって、

前記少なくとも1つの空洞は、前記導体内に形成された内部支持体、格子、またはクロスビームによって画定されていることを特徴とする、絶縁巻線物品。

【請求項 5.9】

前記少なくとも1つの空洞は、前記導体内に形成された複数の空洞のうちの少なくとも1つを含む、請求項 5.8 に記載の絶縁巻線物品。

【請求項 6.0】

50

前記ライニングは前記導体内の冷却剤の循環を促進する、請求項 5.8 または 5.9 に記載の絶縁巻線物品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、2017年11月13日に出願された、「内部空洞を有する絶縁巻線および巻線物品」と題する、米国特許仮出願第62/585,127号の優先権を主張するものであり、その開示内容はその全てが参照により本願明細書に組み込まれるものとする。

【0002】

本発明は、概して、絶縁巻線で形成される物品に関し、特に、内部空洞、空所、または内部導体空間を含む巻線物品に関する。

【背景技術】

【0003】

マグネットワイヤまたは絶縁巻線とも呼ばれる磁気巻線は、電気機械的作業を実行するための電場および/または磁場の発生を必要とする多数の装置で使用されている。このようなデバイスの例としては、電気モータ、発電機、変圧器、アクチュエータコイルなどが含まれる。通常、マグネットワイヤは、銅、アルミニウム、または合金導体などの金属導体に電気絶縁を施すことによって構成される。連続マグネットワイヤは、通常、電気装置に組み込むために、切断され、所定の物品に曲げられる。従来のマグネットワイヤ導体は、通常、中実の銅などの中実の材料から形成される。中実の導体は、マグネットワイヤの重量を増加させるとともに、導体内に蓄積される熱により動作性能を制限する。したがって、独特の導体形状を有するマグネットワイヤおよびマグネットワイヤ物品を形成する機会がある。たとえば、内部空洞、空所、または内部導体空間を含む導体を有するマグネットワイヤ物品を形成する機会がある。

【発明の概要】

【0004】

以下、添付図面に基づいて本発明を詳細に説明する。図面において、参照符号の最も左側の桁は、参照符号が最初に表される図を示す。異なる図面における同一参照符号は、類似要素又は同一要素を示す。ただし、様々な実施形態においては、図示の要素及び/又は構成要素以外の要素及び/又は構成要素を使用することができる。更に、図面は、本明細書に記載された例示的な実施形態を示すものであり、本開示の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】本開示の例示的な実施形態による、複数の内部空洞を含む例示的なマグネットワイヤ物品の斜視図である。

【図2】図2A~2Eは、本開示の例示的な実施形態による、様々なタイプの絶縁層を含む例示的なマグネットワイヤ物品構造の断面図である。

【図3】図3A~3Fは、本開示の様々な実施形態による、マグネットワイヤ物品に使用し得る例示的な断面形状を示す。

【図4】図4A~4Fは、本開示の様々な実施形態による、マグネットワイヤ物品に使用し得る例示的な断面導体構造を示す。

【図5】図5A~5Iは、本開示の様々な実施形態による、マグネットワイヤ物品に組み込むことができる例示的な内部空洞構成の断面図を示す。

【図6】本開示の様々な実施形態による、内部空洞を含む例示的なマグネットワイヤ物品を示す。

【図7】本開示の様々な実施形態による、内部空洞を含む例示的なマグネットワイヤ物品を示す。

【図8】本開示の様々な実施形態による、内部空洞を含む例示的なマグネットワイヤ物品

10

20

30

40

50

を示す。

【図9】図9A～9Fは、本開示の様々な実施形態による、内部空洞を含む例示的なマグネットワイヤ物品を示す。

【発明を実施するための形態】

【0006】

本開示の様々な実施形態は、巻線または磁気巻線（以下、「マグネットワイヤ」と呼ぶ）から形成される、またはそれらを組み込む物品、器具、および/またはアセンブリに関する。マグネットワイヤ物品は、導体および導体の周囲に形成された少なくとも1つの絶縁層を含むことができる。導体および導体の周囲の絶縁体は多種多様の適切な材料を使用して形成することができる。さらに、本開示の一態様によれば、複数の空洞、空所、または内部導体空間（以下、「空洞」と呼ぶ）を導体に形成することができる。空洞を組み込むことにより、物品に組み込まれる材料の量を減らすことができ、特定の実施形態では、従来のマグネットワイヤ物品と比較して、物品の重量および/またはコストを削減することができる。その結果、回転電気機械（例えば、モータ、スタータジェネレータなど）および/または物品を組み込む他の電気器具の重量および/またはコストを削減することができる。さらに、特定の実施形態では、1つ以上の空洞の使用は導体の熱伝達表面積を改善し、それにより、物品および/または物品を組み込む器具のより効果的な冷却を促進することができる。

10

【0007】

次に、本開示の実施形態を、本開示の特定の実施形態を示す添付の図面を参照して、以下においてより詳細に説明する。しかしながら、本発明は、多くの異なる形態で具体化することもでき、本明細書に記載される実施形態に限定されると解釈されるべきではない。むしろ、これらの実施形態は、本開示を完全なものとするとともに、本発明の範囲を当業者に完全に伝えるために提供されるものである。同じ参照番号は本明細書全体に亘って同じ要素を指す。

20

【0008】

図1を参照すると、本開示の実施形態による例示的なマグネットワイヤ物品100の斜視図が示されている。物品100は、中心導体105と、中心導体105の周囲に形成された任意の数の絶縁層110とを含むことができる。さらに、本開示の一態様によれば、導体105内に、複数の空洞、空所、または内部導体空間115を形成することができる。必要に応じて、絶縁層110は、任意の数の副層、例えば図1に示される5つの例示的な副層120A～E、図示の副層の任意のサブセット、または副層の任意の他の適切な組み合わせ、を含むことができる。次に、物品100の各層または構成要素についてより詳細に説明する。

30

【0009】

本開示の一態様によれば、物品100は所定の形状に形成することができる。例えば、物品100は1つまたは複数の曲げ部またはねじれ部、例えば、円錐状、放射状、軸方向、および/または横方向の曲げなどを含む所定の形状を有することができる。その結果、物品100は、直線ワイヤまたは円形スプールに巻かれたワイヤの形状以外の全体形状を有するものとするすることができる。特定の実施形態では、物品100は、1つまたは複数の比較的鋭い曲げ部または滑らかなでない曲げ部を含むことができる。これらの曲げ部は、電気装置への組み込みまたは電気装置の最終形状を表現するために形成することができ、したがって、最終設計において他のワイヤまたは構造との接触を回避し、および/または機械的または電氣的クリアランスを維持するために、広範囲の曲げ部および/またはねじれ部を含むことができる。例えば、曲げ部は、マグネットワイヤの巻き付けに関連するか推奨される曲率よりも大きな曲率を有することができる。特定の実施形態では、物品100は、角度を形成するまたはほぼ形成する少なくとも1つの曲げ部を含むことができる。言い換えると、物品100の2つの部分は、曲げ部のいずれかの側から異なる方向に延びることができる。曲げ部が角度を形成するまたはほぼ形成する場合、多種多様な適切な角度を適用することができる。たとえば、曲げ部は、約30度、40度、45度、50度、60

40

50

度、70度、80度、90度、100度、110度、120度、130度、135度、140度、150度、160度、170度、180度、上記の値のうちの任意の2つの間の範囲に含まれる角度、または上記の値のうちの1つを最小値または最大値とする範囲のいずれかに含まれる角度（たとえば、約90度以上の角度など）を有することができる。他の実施形態では、物品100は、1つ以上のねじれ部を含むことができる。例えば、物品100は、ワイヤが延びる長手方向に対して回転方向（例えば、時計回りまたは反時計回りの方向）にねじることでもでき、また他の方法で形成してもよい。必要に応じて、任意の適切なねじり率を適用することができる。

#### 【0010】

物品100は、1つ以上の曲げ部および/またはねじり部で形成し、多種多様の適切な形状をもたらすことができる。特定の実施形態では、図1に示されるように、物品100は、「U」またはほぼ「U」形状を有するヘアピンとして形成することができる。例えば、物品100は、U字形のエンドターンを有することができ、該エンドターンはそこから延びる2つの脚部を有する。「U」形状という用語は、限定を意図するものではなく、脚部を有する多種多様な形状のエンドターン、例えば「V」形状または「W」形状を含むことができる。様々な実施形態で望まれるように、2つの脚部は、等しくないかほぼ等しい長さを有することができる。他の実施形態では、物品100は、波形形状に形成することもできる。他の実施形態では、物品100は、電気装置の巻線用にバー形状に形成することができる。特定の実施形態では、物品100のワイヤは、最終的な巻線形状または暫定的な組立工程を容易にするために、ほぼ三角形の形状またはほぼ台形の形状に成形してもよい。物品に関連して利用することができるいくつかの例示的な形状は、図6～図9Fを参照して以下においてより詳細に説明される。

#### 【0011】

必要に応じて、1つ以上のマグネットワイヤ物品（例えば、ヘアピン、バー、コイルなど）が、モータ、スタータ、ジェネレータ、または他の回転電気機械などの器具に組み込まれ得る。様々な実施形態において、物品に形成された空洞は、器具の重量を減らし、器具内の熱伝達を促進し、器具の冷却を促進し、および/または器具内の冷却流体の循環を促進することができる。

#### 【0012】

導体105は、多種多様の適切な材料または材料の組み合わせから形成することができる。例えば、導体105は、1つ以上の金属材料（例えば、銅、アルミニウム、焼きなまし銅、無酸素銅、銀めっき銅、ニッケルめっき銅、銅被覆アルミニウム（「CCA」）、銀、金、ニッケル、ステンレス鋼、導電性合金、バイメタルなど）、カーボンナノチューブ（CNT）、CNTを含む1つ以上のポリマー複合材料、CNTを含む1つ以上の金属複合材料、グラフェン、グラフェンを含む1つ以上のポリマー複合材料、グラフェンを含む1つ以上の金属複合材料、1つ以上の半導体材料、および/または他の適切な導電性材料、から形成することができる。導体105は、単一の材料（例えば、銅導体など）から、または複数の異なる材料から形成することもできる。たとえば、導体105は、内部層またはコア層の周りに形成された外部層などの2層の材料で形成することができる。様々な実施形態では、例示的な導体は、2つの金属層（例えば、銅上のアルミニウムなど）、CNTの層上に形成された金属層などで形成することができる。さらに他の実施形態では、導体105は、誘電体コアまたは内部層の周りに形成された1つ以上の外部導電層（たとえば、銅など）で形成することができる。導体構造のいくつかの非限定的な例を、図4A～図4Fを参照して以下においてより詳細に説明する。

#### 【0013】

導体105は、任意の適切な断面形状で形成することができる。図1に示すように、導体105は、矩形の断面形状を有することができる。しかしながら、図3A～図3Fを参照して以下でより詳細に説明されるように、導体105は、様々な他の断面形状、例えば正方形、円形、楕円形、長円形、六角形、八角形、または他の形状で形成してもよい。導体105は、必要に応じて、丸めた角部、鋭い角部、滑らかな角部、湾曲した角部、角度

10

20

30

40

50

のついた角部、面取りされた角部、またはその他の角部を有することができる。さらに、導体 105 は、任意の適切な寸法で形成することができる。例えば、長方形の導体は、約 0.050 インチ (0.127 センチメートル) から約 5.0 インチ (12.7 センチメートル) の間の長辺と、約 0.015 インチ (0.0381 センチメートル) から約 5.0 インチ (12.7 センチメートル) の間の短辺を有することができる。例示的な正方形の導体は、約 0.30 インチ (0.762 センチメートル) と約 5.0 インチ (12.7 センチメートル) の間の辺を有することができる。例示的な円形導体は、約 0.050 インチ (0.127 センチメートル) と約 5.0 インチ (12.7 センチメートル) の間の直径を有することができる。他の適切な寸法を必要に応じて利用することができ、記載された寸法はほんの一例にすぎない。特定の実施形態では、導体 105 は任意の適切な断面積、例えば約 0.00070 平方インチ (0.00451612 平方センチメートル) と約 25 平方インチ (161.29 平方センチメートル) の間の断面積を有することができる。様々な断面形状を有する様々な導体の寸法は、必要に応じて、所望の断面積を提供するようにサイズ設定することができる。

#### 【0014】

図 1 は、導体 105 の周りに形成された複数の絶縁層 110 を含む物品 100 を示す。任意の数の絶縁層、絶縁の種類、および/または絶縁層の任意の組み合わせを、導体 105 の周りに形成することができる。絶縁体 110 は、1 つ以上のエナメル層、1 つ以上の押出ポリマー材料層、1 つ以上のコンフォーマル層、1 つ以上のテープまたはラップ、1 つ以上の他の誘電体層、1 つ以上の半導電性材料層などを含み得る。特定の実施形態では、絶縁システムの各絶縁層または副層は、同じ材料から形成することができる。例えば、異なるエナメル層を同じポリマー材料から形成することもできる。他の実施形態では、少なくとも 2 つの絶縁層または副層は異なる材料から形成してもよい。例えば、異なるエナメル層を異なるポリマー材料から形成してもよい。別の例として、エナメルの 1 つまたは複数の層の上に押出断熱材を形成することもできる。

#### 【0015】

図 1 には、導体 105 の周りに同心的に形成された複数の絶縁層 120 A ~ E を有する物品 100 が示されている。例えば、導体 105 の周りに複数のエナメル層 120 A ~ C を形成し、エナメル層 120 A ~ C の周りに押出層 120 D を形成し、押出層 120 D の周りにコンフォーマル層 120 E を形成することができる。異なるタイプの絶縁体および/または絶縁層の組み合わせで形成された導体のいくつかの非限定的な例を、図 2 A ~ 図 2 E を参照して以下でより詳細に説明する。図 2 A ~ 図 2 E に示される例示的な構造のいずれも物品 100 と共に利用することができる。

#### 【0016】

特定の実施形態では、絶縁体 110 は、1 つ以上のエナメル層 (例えば、エナメル層 120 A ~ C) を含むことができる。図 2 A は、複数のエナメル層 204、206、208 が導体 202 上に形成された例示的な物品 200 を示す。エナメル層は、通常、導体 105 (または別の下層) にポリマーワニス塗布し、次に導体 105 を適切なエナメル加工用オープンまたは炉内で焼成することによって形成される。必要に応じ、所望のエナメルの厚さまたは構造を達成するために、複数のエナメル層を導体 105 に塗布することができる。さらに、エナメルの各層および/またはエナメル構造全体を任意の所望の厚さにすることができる。

#### 【0017】

多種多様の異なるタイプのポリマー材料を利用してエナメル層を形成することができる。これらの材料の例には、ポリイミド、ポリアミドイミド、アミドイミド、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリスルフィド、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、1 つまたは複数の適切な熱硬化性材料などが含まれるが、これらに限定されない。特定の実施形態では、エナメル層は 2 つ以上の材料の混合物として形成することができる。さらに、異なるエナメル層を同じ材料または異なる材料から形成することもできる。必要に応じ、1 つまたは複数の適切な

10

20

30

40

50

充填材および/または添加剤をエナメル層に組み込むこともできる。充填材の例には、金属、遷移金属、ランタニド、アクチニド、および/またはアルミニウム、スズ、ホウ素、ゲルマニウム、ガリウム、鉛、ケイ素、チタン、亜鉛、イットリウム、バナジウム、ジルコニウム、ニッケルなどの適切な材料の金属酸化物、水和酸化物、硝酸塩、硫化物、リン酸塩、ケイ酸塩、または塩化物などの無機材料；ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリフェニレン、ポリピロール、その他の導電性粒子などの適切な有機材料；および/または任意の適切な材料の組み合わせ、が含まれるが、これらに限定されない。充填材により、エナメルおよび/または絶縁システム全体の耐コロナ性を高めることができる。特定の実施形態では、充填材により、エナメルおよび/または絶縁システム全体の1つ以上の熱特性、例えば、耐熱性、カットスルー抵抗、および/またはヒートショックを高めることもできる。充填材料の粒子は任意の適切な寸法、例えば任意の適切な直径とすることができ、充填材とエナメル基材との混合比は任意の適切な値とすることができ、

10

## 【0018】

特定の実施形態では、絶縁体110は、ポリマーテープ、カプトンテープなどの1つまたは複数の適切なラップまたはテープを含むことができる。必要に応じて、追加の材料または添加物を組み込む、埋め込む、または接着することができる。テープは様々な適切な寸法、例えば任意の適切な厚さおよび/または幅にすることができる。さらに、テープは、導体の長手方向または長さに沿って任意の角度で導体105の周りに巻き付けることができる。

## 【0019】

他の実施形態では、絶縁体110は、押出材料の1つ以上の層（例えば、押出層120D）を含むことができる。必要に応じて、押出層は、導体105上に直接形成してもよく、また代りに、1つ以上の下地層（例えば、1つ以上のエナメル層など）の上に形成してもよい。図2Bは、押出層214が導体212上に直接形成されている例示的な物品210を示す。図2Cは、1つ以上のエナメル層224、226が導体222の周りに形成され、次に1つ以上の押出層228がエナメル層224、226の周りに形成されている例示的な物品220を示す。

20

## 【0020】

特定の実施形態では、押出層は、適切な熱可塑性樹脂で形成することができる。押出層を形成するのに使用される樹脂又は複数の樹脂には、様々かつ適切な材料を組み込むことができる。適切な材料の例には、ポリエーテルエーテルケトン（「PEEK」）、ポリアリールエーテルケトン（「PAEK」）、ポリエーテルエーテルケトンケトン（「PEEKK」）、ポリエーテルケトンケトン（「PEKK」）、ポリエーテルケトン（「PEK」）、ポリエーテルケトンケトンエーテルケトン（「PEKKEK」）、ポリケトン（「PK」）、少なくとも1つのケトン基を含む他の任意の適切な材料、熱可塑性ポリイミド（「PI」）、芳香族ポリアミド、芳香族ポリエステル、ポリフェニレンスルファイド（「PPS」）、1つ以上のフルオロポリマーを基材と組み合わせた材料、任意の適切な熱可塑性材料が含まれるが、これらに限定されない。他の実施形態では、押出絶縁層を形成するために、1つ以上の熱硬化性材料（例えば、ポリイミド、ポリアミドイミドなど）を比較的高温でペースト押出加工してもよい。さらに、特定の実施形態では、単一の押出層を形成してもよい。他の実施形態では、複数の押出層を形成してもよい。複数の層を使用する場合、押出層は同じ材料から形成してもよく、あるいは、代わりに少なくとも2つの層を異なる材料から形成してもよい。押出層はまた、任意の適切な厚さで形成してもよい。特定の実施形態では、押出層は、導体105または下地層（例えば、エナメル層など）の上に直接形成してもよい。他の実施形態では、1つまたは複数の適切な結合剤、接着促進剤、または接着層を、押出層とその下の導体105または層との間に組み入れてもよい。さらに他の実施形態では、導体または絶縁層（例えば、エナメル層など）は、引き続き形成される絶縁層の結合および付着を向上させるために、プラズマ処理、コロナ処理、火炎処理、および/またはイオン処理を含むがこれらに限定されない1つ以上の適切な技術によって処理してもよい。

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

特定の実施形態では、絶縁体 1 1 0 は、1 つ以上のコンフォーマル材料の層、例えば 1 つ以上の最外側コンフォーマル層（例えば、1 2 0 E）を含むことができる。特定の実施形態では、1 つ以上のコンフォーマル層は、導体 1 0 5 の周りに直接形成してもよい。他の実施形態では、1 つ以上のコンフォーマル層は、1 つ以上のベース絶縁層または他の絶縁層の周りに形成してもよい。図 2 D は、ベース絶縁層（例えば、エナメル、押出絶縁層など）2 3 4 が導体 2 3 2 の周りに形成され、複数のコンフォーマル層 2 3 6、2 3 8 が最外側の絶縁層として形成されている例示的な物品 2 3 0 を示す。必要に応じて、コンフォーマル層を形成する前に、接着促進剤を下側層（例えば、導体、ベース絶縁層など）に塗布することができる。任意の数のコンフォーマル層を形成することができ、各コンフォーマル層は、下側の物品または物品を組み込む器具の輪郭に適合する比較的薄いポリマーフィルムで構成することができる。

10

## 【 0 0 2 2 】

コンフォーマル層を形成するには、多種多様の適切な材料、例えば、1 つ以上のパリレンまたはパリレン含有材料、1 つ以上のアクリル材料、1 つ以上のエポキシ材料、ポリウレタン、シリコン、ポリイミド、フルオロポリマーなど、を使用することができる。複数のコンフォーマル層が形成される場合、各コンフォーマル層は同じ材料から形成してもよく、または少なくとも 2 つのコンフォーマル層は異なる材料（例えば、異なるパリレン材料など）から形成してもよい。必要に応じて、2 つのコンフォーマル層の間に、1 つ以上の介在層、例えば接着層または 1 つ以上の接着促進剤を含む層、を配置することができる。コンフォーマル層はまた、例えば約数百オングストローム程度の薄さから約 2 0 0  $\mu$  m 程度までの任意の適切な厚さで形成してもよい。さらに、コンフォーマルコーティングは、化学蒸着などのさまざまな技術を利用して塗布することができる。コンフォーマル層は、導体 1 0 5 の欠陥、きず、空隙、ピンホール、および/または露出部分を除去および/または低減し、それにより、物品 1 0 0 の電気的性能および/またはライフサイクルを改善することができる。加えて、コンフォーマル層は、酸化、湿度、化学薬品、オイル（たとえば、トランスミッション液など）、および/または紫外線（「UV」）光の耐性を促進することができる。コンフォーマル層はまた、より低い摩擦係数を提供することができる。それにより、物品 1 0 0 をより容易に器具に組み込むことができる。

20

## 【 0 0 2 3 】

特定の実施形態では、1 つ以上の半導電層を物品 1 0 0 に組み込むことができる。例えば、1 つ以上の半導電層は導体 1 0 5 上に形成するか、または絶縁体 1 1 0 に組み込むことができる。図 2 E は、導体 2 4 2 の周りに半導電層 2 4 4 が形成されている例示的な物品 2 4 0 を示す。次に、追加の絶縁層 2 4 6（例えば、1 つ以上のエナメル層、1 つ以上の押出層、1 つ以上のコンフォーマル層など）を半導電層 2 4 4 上に形成することができる。半導電層は、導体と絶縁体の中間の導電率を有することができる。半導電層は、多種多様の適切な材料および/または材料の組み合わせから形成することができる。例えば、1 つ以上の適切な半導電性エナメル、押出半導電性材料、半導電性テープ、および/または半導電性ラップを使用することができる。特定の実施形態では、半導電層は、1 つ以上の適切な充填材料と 1 つ以上の基材を組み合わせた材料から形成することができる。例えば、半導電性および/または導電性充填材料は、1 つ以上の基材と組み合わせることができる。充填材料の例には、適切な無機材料、例えば、金属材料および/または金属酸化物（例えば、亜鉛、銅、アルミニウム、ニッケル、酸化スズ、クロム、チタン酸カリウムなど）、および/またはカーボンブラック；適切な有機材料、例えば、ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリフェニレン、ポリピロール、その他の導電性粒子；および/または任意の適切な材料の組み合わせが含まれるが、これらに限定されない。充填材の粒子は、任意の適切な寸法（例えば任意の適切な直径）を有することができる。適切な基材の例には、ポリイミド、ポリアミドイミド、アミドイミド、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、多硫化物、ポリフェニレンスルファイド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、又は適切な安定性を有する他の高温熱可塑性材料又は他の材

30

40

50

料が含まれるが、これらに限定されない。更に、充填材と基材との間には、任意の適切な混合比を適用することができる。更に、半導電層は、任意の適切な厚さを有することができる。1つ以上の半導電層を物品100内に組み込む結果として、不均一な電場、磁場、及び/又は、電磁場(以後、電場と総称する)を均一化又は「平滑化」することができ、それにより絶縁体における局所的なストレスを低減し、電気的性能を改善することが可能となる。言い換えれば、1つ以上の半導電層は、絶縁体における電圧ストレスの均一化および/またはコロナ放電の散逸を助けることができる。

#### 【0024】

上述のように、層および/または材料の任意の組み合わせを使用して絶縁体110を形成することができる。さらに、絶縁体110(および/または任意の副層)は、任意の所望の同心度で形成することができる。同心度は、物品100の長さに沿う任意の所定の断面点における層の厚さと層の薄さの比である。特定の実施形態では、絶縁体110および/または任意の副層は、約1.1、1.2、1.3、1.4、1.5以下、または他の適切な値の同心度で形成することができる。さらに、絶縁体110は、任意の所望の全体的な厚さを有することができる。絶縁体110は、必要に応じて、任意の数の所望の特性、例えば、誘電率「 $\epsilon$ 」(例えば、約25で約5.0、4.5、4.0、3.75、3.5、3.25、3.0未満の誘電率)、所望のNational Electric Manufacturers Association(「NEMA」)の耐熱クラスまたは定格(たとえば、A、B、F、H、N、R、Sまたはそれ以上)、所望の部分放電開始電圧(「PDIV」)、所望の絶縁耐力、所望のカットスルー値など、を有する1つ以上の材料から形成することができる。

#### 【0025】

本開示の一態様によれば、複数の空洞115、空所、または内部導体空間(一般に「空洞」という)を、物品105内に形成するか、または組み込むことができる。各空洞115は、導電性材料で占有されない導体115内の空間として形成することができる。様々な実施形態において、必要に応じて、任意の数の空洞を導体115に組み込むことができる。特定の実施形態では、複数の空洞を導体115に、任意の所定の断面位置で組み込むことができる。他の実施形態では、導体115に複数の隣接する空洞を長手方向に間隔を空けて組み込み、所定の各断面位置に1つの空洞を位置させることができる。さらに他の実施形態では、導体115に単一の空洞、例えば、長手方向に延びる単一の空洞を組み込むことができる。以下でより詳細に説明するように、様々な実施形態において様々な空洞構成を使用することができる。

#### 【0026】

各空洞115は、任意の適切な断面形状で形成することができる。図1~図3Fに示されるように、1つまたは複数の空洞を六角形の断面形状で形成することができる。図4A~図4Fに示されるように、空洞は、正方形または長方形の断面形状で形成することもできる。様々な実施形態では、空洞115は、長方形、正方形、六角形、八角形、円形、半円形、四分円形、楕円形、三角形、多角形、波形、正弦波形、または任意の他の適切な断面形状で形成することができる。空洞115は、必要に応じて、直線状の、丸みを帯びた、鋭い、滑らかな、湾曲した、角度の付いた、面取りされた、または別の方法で形成された1つ以上の角部または縁部を有することができる。いくつかの例示的な空洞の断面形状および例示的な空洞の構造が、図5A-5Iを参照して以下でより詳細に説明される。

#### 【0027】

各空洞115はまた、多種多様の適切な断面寸法で形成することができる。例えば、空洞115は、任意の適切な断面高さ、幅、半径、直径、長軸、短軸、および/または他の適切な寸法で形成することができる。例えば、長方形の断面形状を有する空洞115は、約0.030インチ(0.762センチメートル)~約4.990インチ(12.6746センチメートル)の幅を有し、約0.005インチ(0.127センチメートル)~約4.990インチ(12.6746センチメートル)の高さを有することができる。別の例として、円形の断面形状を有する空洞115は、約0.005インチ(0.127

10

20

30

40

50

7センチメートル)~約4.990インチ(12.6746センチメートル)の直径を有することができる。さらに別の例として、六角形の断面形状を有する空洞115は、約0.003インチ(0.00762センチメートル)~約4.990インチ(12.6746センチメートル)の最大直径を有することができる。様々な実施形態において、空洞115は、以下の断面寸法(例えば、高さ、幅、直径、軸など):約0.005、0.010、0.015、0.020、0.025、0.030、0.040、0.050、0.060、0.070、0.080、0.090、0.10、0.20、0.25、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70、0.80、0.90、1.0、1.10、1.20、1.25、1.30、1.40、1.50、1.60、1.70、1.80、1.90、2.0、2.10、2.25、2.30、2.50、2.75、3.0、3.25、3.50、3.75、4.0、4.25、4.5、4.75、4.90、4.95または4.99インチ(0.0127、0.0254、0.0381、0.0508、0.0635、0.0762、0.1016、0.127、0.1524、0.1778、0.2032、0.2286、0.254、0.508、0.635、0.762、1.016、1.27、1.524、1.778、2.032、2.286、2.54、2.794、3.048、3.175、3.302、3.556、3.81、4.064、4.318、4.572、4.826、5.08、5.334、5.715、5.842、6.35、6.985、7.62、8.255、8.89、9.525、10.16、10.795、11.43、12.065、12.446、12.573または12.6746センチメートル);上記の値のうちの任意の2つの間の範囲に含まれる値;または上記の値のうちの1つを最小値または最大値とする範囲のいずれかに含まれる値;を有することができる。さらに、空洞115は、任意の適切な断面積で形成してもよい。例えば、空洞115は、約0.0001、0.0002、0.0003、0.0004、0.0005、0.0006、0.0007、0.0008、0.0009、0.001、0.002、0.003、0.004、0.005、0.006、0.007、0.008、0.009、0.010、0.015、0.020、0.025、0.030、0.035、0.040、0.045、0.050、0.060、0.0625、0.0650、0.070、0.075、0.080、0.090、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.35、0.40、0.45、0.50、0.60、0.65、0.70、0.75、0.80、0.85、0.90、1.0、1.1、1.15、1.20、1.25、1.30、1.40、1.50、1.60、1.70、1.75、1.80、1.90、2.0、2.1、2.2、2.25、2.3、2.4、2.5、2.6、2.7、2.8、2.9、3.0、3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、4.0、4.25、4.50、4.75、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0、8.5、9.0、10.0、11.0、12.0、13.0、14.0、15.0、16.0、17.0、18.0、19.0、20.0、21.0、22.0、23.0、24.0、24.5または24.9平方インチ(0.00064516、0.00129032、0.00193548、0.00258064、0.0032258、0.00387096、0.00451612、0.00516128、0.00580644、0.0064516、0.0129032、0.0193548、0.0258064、0.032258、0.0387096、0.0451612、0.0516128、0.0580644、0.064516、0.096774、0.129032、0.16129、0.193548、0.225806、0.258064、0.290322、0.32258、0.387096、0.403225、0.419354、0.451612、0.48387、0.516128、0.580644、0.64516、0.96774、1.29032、1.6129、1.93548、2.25806、2.58064、2.90322、3.2258、3.87096、4.19354、4.51612、4.8387、5.16128、5.48386、5.80644、6.4516、7.09676、7.41934、7.74192、8.0645、8.38708、9.03224、9.6774、10.32256、10

10

20

30

40

50

. 9 6 7 7 2、 1 1 . 2 9 0 3、 1 1 . 6 1 2 8 8、 1 2 . 2 5 8 0 4、 1 2 . 9 0 3 2、  
 1 3 . 5 4 8 3 6、 1 4 . 1 9 3 5 2、 1 4 . 5 1 6 1、 1 4 . 8 3 8 6 8、 1 5 . 4  
 8 3 8 4、 1 6 . 1 2 9、 1 6 . 7 7 4 1 6、 1 7 . 4 1 9 3 2、 1 8 . 0 6 4 4 8、 1  
 8 . 7 0 9 6 4、 1 9 . 3 5 4 8、 1 9 . 9 9 9 9 6、 2 0 . 6 4 5 1 2、 2 1 . 2 9 0  
 2 8、 2 1 . 9 3 5 4 4、 2 2 . 5 8 0 6、 2 3 . 2 2 5 7 6、 2 3 . 8 7 0 9 2、 2 4 .  
 5 1 6 0 8、 2 5 . 1 6 1 2 4、 2 5 . 8 0 6 4、 2 7 . 4 1 9 3、 2 9 . 0 3 2 2、 3  
 0 . 6 4 5 1、 3 2 . 2 5 8、 3 5 . 4 8 3 8、 3 8 . 7 0 9 6、 4 1 . 9 3 5 4、 4 5  
 . 1 6 1 2、 4 8 . 3 8 7、 5 1 . 6 1 2 8、 5 4 . 8 3 8 6、 5 8 . 0 6 4 4、 6 4 .  
 5 1 6、 7 0 . 9 6 7 6、 7 7 . 4 1 9 2、 8 3 . 8 7 0 8、 9 0 . 3 2 2 4、 9 6 . 7  
 7 4、 1 0 3 . 2 2 5 6、 1 0 9 . 6 7 7 2、 1 1 6 . 1 2 8 8、 1 2 2 . 5 8 0 4、 1  
 2 9 . 0 3 2、 1 3 5 . 4 8 3 6、 1 4 1 . 9 3 5 2、 1 4 8 . 3 8 6 8、 1 5 4 . 8 3  
 8 4、 1 5 8 . 0 6 4 2 または 1 6 0 . 6 4 4 8 4 平方センチメートル)、 上記の値のうち  
 の任意の 2 つの間の範囲に含まれる面積、または上記の値のうちの 1 つを最小値または  
 最大値とする範囲のいずれかに含まれる面積、を有することができる。

10

【 0 0 2 8 】

空洞 1 1 5 は、物品 1 0 5 の長手方向寸法に沿って任意の適切な長手方向の長さで形成  
 してよい。特定の実施形態において、1 つ以上の空洞 1 1 5 は、物品 1 0 5 の長手方向の  
 長さに沿って連続してよい。他の実施形態では、1 つ以上の空洞 1 1 5 は、物品 1 0 5 の  
 長手方向の長さよりも短い長手方向の長さを有してよい。例えば、複数の空洞 1 1 5 は、  
 物品 1 0 5 の長手方向の長さに沿って互いに隣接して（例えば、端から端までなど）配置  
 され、導電性材料（または他の固体材料）が長手方向に隣接する空洞の間に配置されてよ  
 い。さらに他の実施形態では、少なくとも 1 つの第 1 の空洞は長手方向に連続し、少なく  
 とも 1 つの第 2 の空洞は導体 1 0 5 の長さよりも短い長手方向の長さを有してよい。

20

【 0 0 2 9 】

各空洞 1 1 5 はまた、任意の適切な内部容積で形成してよい。特定の実施形態では、空  
 洞 1 1 5 は、導体 1 1 5 内に開放空洞または中空空洞として形成してもよい。言い換えれ  
 ば、空洞 1 1 5 は、物品 1 0 0 の内部支持構造および/または他の構成要素がなくてもよ  
 い。1 つ以上のスポーク、クロスピース、支持構造、スパインなどの 1 つ以上の要素を空  
 洞 1 1 5 内に配置することができる。特定の実施形態では、空洞 1 1 5 内に配置される 1  
 つ以上の要素は同じ材料から形成することができる。他の実施形態では、1 つまたは複数  
 の要素は、誘電体材料、半導体材料などの 1 つ以上他の材料から形成することができる。

30

【 0 0 3 0 】

特定の実施形態では、マグネットワイヤに組み込まれた各空洞 1 1 5 は、同様の寸法を  
 有することができる。例えば、各空洞は、同様の断面形状、断面寸法、および/または長  
 手方向の長さを有し得る。他の実施形態では、少なくとも 2 つの空洞は、1 つまたは複数  
 の異なる寸法を有することができる。例えば、2 つの空洞は、異なる断面形状、断面寸法  
 、および/または長手方向の長さを有し得る。

【 0 0 3 1 】

様々な実施形態では、必要に応じて、様々な空洞構成を使用することができる。例えば  
 、図 1 に示すように、導体 1 0 5 内にハニカム構造または配列を形成するために、複数の  
 六角形空洞 1 1 5 を配置することができる。他の例として、任意の適切な断面形状を有す  
 る複数の空洞 1 1 5 を任意の数の行、列、アレイ、グリッド、および/または多種多様の  
 適切なパターンに配置することができる。特定の実施形態では、導体 1 0 5 に沿った所定  
 の断面点に配置された空洞 1 1 5 のそれぞれは、同様の寸法を有することができる。他の  
 実施形態では、少なくとも 2 つの空洞は、互いに異なる 1 つ以上の寸法を有することが  
 できる。例えば、少なくとも 2 つの空洞は、異なる断面形状および/または断面寸法（例  
 えば、幅、高さ、直径など）を有することができる。さらに、特定の実施形態では、複数  
 の空洞 1 1 5 は、導体 1 0 5 内に内部格子または支持構造が形成されるように配置するこ  
 とができる。例えば、1 つまたは複数のスパイン、垂直要素、クロスビーム要素、対角要素  
 、および/または他の支持要素を複数の空洞 1 1 5 によって導体 1 0 5 内に画定すること

40

50

ができる。いくつかの非限定的な空洞の構成例が、図 5 A ~ 図 5 I を参照して以下でより詳細に説明される。

#### 【 0 0 3 2 】

各空洞 1 1 5 は、1 つ以上のガス（例えば、空気、窒素、ヘリウム、冷却ガス、ガスの混合物等）、液体（例えば、冷媒、冷却液、脱イオン水、冷却剤）、誘電体、またはその他の適切な物質で満たすことができる。例えば、チャップマン・エンスコーグモデルによって推定された熱伝導率のような所望の熱伝導率を有するガスまたはガスの混合物を選択することができる。別の例として、1 つ以上の空洞 1 1 5 は、水、グリコール、1 つ以上の誘電性流体などの適切な冷媒または冷却液で満たすことができる。さらに、特定の実施形態では、物質（例えば、空気など）が空洞 1 1 5 内に自由に移動可能にしてよい。他の実施形態では、物品 1 0 0 は、物品 1 0 0 を通る冷却物質の流れを促進する 1 つ以上の適切な循環システムに接続してもよい。

10

#### 【 0 0 3 3 】

特定の実施形態では、少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 は、導体 1 0 5 を通って長手方向に連続する空洞またはチャネルとして形成し、対流冷却および / または少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 内の再循環による冷却を促進することができる。対流冷却の例では、導体 1 0 5 および / または物品 1 0 0 の一部が熱くなると、少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 内の流体（例えば、気体、液体など）が比較的高温または高温の部分からの熱を物品 1 0 0 の長手方向の長さに沿って伝達し得る。特定の実施形態では、対流熱伝達が主として物品 1 0 0 および / または少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 内の温度変動に基づいて起こり得る。他の実施形態では、1 つまたは複数の外部ファンにより、少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 を通るガス流を促進することができる。さらに別の例として、1 つまたは複数の外部ポンプシステム、圧縮機、冷却システムなどにより、少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 を通る冷却ガスおよび / または液体の流れを促進することができる。必要に応じて、1 つまたは複数の流体迂回エンドキャップおよび / または他の適切な構成要素を使用して、少なくとも 1 つの空洞 1 1 5 を通る流体（例えば、ガス、液体など）の再循環を促進することができる。

20

#### 【 0 0 3 4 】

必要に応じて、1 つまたは複数の空洞 1 1 5（例えば、導体 1 0 5 に形成された単一の空洞、導体 1 0 5 に形成された複数の空洞、導体 1 0 5 に形成された複数の空洞の 1 つ以上、など）の内面は、通常、導体 1 0 5 を破壊、劣化、または損傷する可能性のある冷却流体または物質の使用を促進または推進する 1 つ以上の層でコーティングまたはライニングすることができる。空洞 1 1 5 の表面にライニングを形成するために、多種多様な適切な材料および / または材料の組み合わせを使用することができる。材料の例には、1 つ以上のポリマー材料（例えば、ポリエチレン、ポリエーテルエーテルケトン（「PEEK」）、ポリアリールエーテルケトン（「PAEK」）、ポリエーテルエーテルケトンケトン（「PEEKK」）、ポリエーテルケトンケトン（「PEKK」）、ポリエーテルケトン（「PEK」）、ポリエーテルケトンケトンエーテルケトン（「PEKKEK」）、ポリケトン（「PK」）、少なくとも 1 つのケトン基を含むその他の適切な材料、熱可塑性ポリイミド（「PI」）、芳香族ポリアミド、芳香族ポリエステル、ポリフェニレンスルフィド（「PPS」）、1 つ以上のフルオロポリマーを基材と組み合わせた材料（たとえば、少なくとも 1 つのケトン基を含む材料など）、ポリオレフィン、任意の適切な熱可塑性材料など、パリレン、ポリイミド、ポリウレタン、またはその他の適切な熱硬化性材料など）、1 つまたは複数のエポキシ材料（たとえば、グリシジルおよび非グリシジルベースの樹脂など）、および / または 1 つ以上の無機化合物（例：ケイ素、亜鉛、炭化タングステン、インコネル、窒化物、ジルコニウム、アルミニウム、フレキシブルセラミックなど）が含まれるが、これらに限定されない。空洞ライニングは、単一の材料層から、または複数の材料層から形成することができる。多層空洞ライニングの異なる層は、同じ材料から形成してもよく、あるいは、少なくとも 2 つの層は異なる材料から形成してもよい。さらに、空洞ライニングは、任意の適切な厚さで形成してもよい。例えば、空洞ライニングは、約 0 . 0 0 1、0 . 0 0 2、0 . 0 0 3、0 . 0 0 4、0 . 0 0 5、0 . 0 0 6、0

30

40

50

. 0 0 7、0 . 0 0 8、0 . 0 0 9、0 . 0 1、0 . 0 1 5、0 . 0 2、0 . 0 2 5、0 . 0 3、0 . 0 3 5、0 . 0 4、0 . 0 5、0 . 0 6、0 . 0 7、0 . 0 7 5、0 . 0 8、0 . 0 8 5、0 . 0 9、0 . 0 9 5、または0 . 1 0 インチ ( 0 . 0 0 2 5 4、0 . 0 0 5 0 8、0 . 0 0 7 6 2、0 . 0 1 0 1 6、0 . 0 1 2 7、0 . 0 1 5 2 4、0 . 0 1 7 7 8、0 . 0 2 0 3 2、0 . 0 2 2 8 6、0 . 0 2 5 4、0 . 0 3 8 1、0 . 0 5 0 8、0 . 0 6 3 5、0 . 0 7 6 2、0 . 0 8 8 9、0 . 1 0 1 6、0 . 1 2 7、0 . 1 5 2 4、0 . 1 7 7 8、0 . 1 9 0 5、0 . 2 0 3 2、0 . 2 1 5 9、0 . 2 2 8 6、0 . 2 4 1 3 または 0 . 2 5 4 センチメートル) の厚さ、上記の値の任意の 2 つの間の範囲に含まれる厚さ、または上記の値のうちの一つを最小値または最大値とする範囲のいずれかに含まれる厚さ、で形成することができる。

10

#### 【 0 0 3 5 】

空洞ライニングは、物品 1 0 0 または物品 1 0 0 を組み込む器具内の多種多様の適切な冷却流体および/または物質の使用を可能にし得る。例示的な冷却流体および/または物質は、エチレングリコール、プロパングリコール、アンモニア、1 つ以上の冷媒、オイル、アルコール、水素、アルゴン、窒素、空気、二酸化炭素、超臨界二酸化炭素 ( 「 S C O <sub>2</sub> 」 )、メタン、液体メタン、トルエン、水、および/またはその他の適切な冷却剤が含まれるが、これらに限定されない。ライニングは、冷却液または物質が導体 1 0 5 を劣化または破壊する可能性を防止または低減することができる。さらに、ライニングは、通常導体内で使用される銅互換冷却剤などの特殊な流体の使用の回避を容易にすることができる。例えば、ライニングは、脱イオン水などの特殊な流体の使用の回避を可能にし得る。さらに、空洞ライニングは、従来の物質および/または設計に比べて、導体 1 0 5 を強くまたはより直接的に冷却する冷却流体の使用を容易にし得る。その結果、より効果的な冷却を行うことができ、抵抗加熱損失を低減することができ、それにより、物品 1 0 0 および/または物品 1 0 0 を組み込んだ構成要素の効率、コスト、および/または出力密度を改善することができる。

20

#### 【 0 0 3 6 】

多種多様の適切な方法および/または技法を利用して、空洞 1 0 5 を組み込んだ導体 1 0 5 および/または物品 1 0 0 を形成、製造、あるいは提供することができる。特定の実施形態では、空洞を有する物品 1 0 0 は、3 D 印刷または積層造形技術によって形成することができる。マグネットワイヤを切断し、成形して物品を形成するのではなく、積層造形技術を利用して 1 つまたは複数の物品 ( 例えばヘアピンなど) を製造することができる。例えば、複数の物品を複数の 3 D 印刷装置によって並行して生産することもできる。同様に、電気機器 ( 例えば、モータなど) の一部またはすべてを積層造形技術によって形成することもできる。任意の数のマグネットワイヤ物品やその他の設計を作成またはモデル化するために、多種多様の適切な 3 D モデルパッケージ、例えば、Solidworks、Autodesk、Inventor、Creo など、を使用することができる。さらに、多種多様の適切な積層造形技術や技術の組み合わせを利用することができる。積層造形技術の例には、材料押出、熔融堆積モデリング ( 「 F D M 」 )、材料噴射、バインダー噴射、シート積層、粉末床熔融 ( 例えば、直接金属レーザー焼結 ( 「 D M L S 」 )、電子ビーム熔融 ( 「 E M B 」 )、選択的熱焼結 ( 「 S H S 」 )、選択的レーザー熔融 ( 「 S L M 」 )、選択的レーザー焼結 ( 「 S L S 」 ) など)、直接エネルギー蒸着などが含まれるが、これらに限定されない。積層造形技術の使用は、任意の数の固有の幾何学的形状、形状、および/または構造のマグネットワイヤ物品の製造を容易にすることができる。

30

40

#### 【 0 0 3 7 】

導体 1 0 5 が積層造形技術を使用して作成されたら、多種多様の適切な技術を使用して絶縁体を形成することができる。特定の実施形態では、積層造形技術を使用して、導体 1 0 5 上に絶縁材料を形成または堆積することもできる。他の実施形態では、絶縁体 1 1 0 は、静電コーティング、蒸着 ( 例えば、コンフォーマルコーティングの蒸着など)、電気めっき、押出、1 つ以上のダイによる材料の塗布、1 つ以上のブラシまたはローラによる材料の塗布、などによって形成することができる。塗布された絶縁材は、必要に応じて、

50

熱硬化、紫外線（「UV」）硬化、放射線硬化、マイクロ波硬化、電子ビーム硬化、および/または任意の他の適切な硬化技術を使用して硬化または架橋することができる。

【0038】

積層造形技術によって空洞115を有する導体105を形成する代わりに、他の実施形態では、複数の空洞を有する導体105を射出成形プロセスによって形成することができる。導体105が形成されたら、絶縁体110を任意の適切なプロセス、例えば上述したプロセスのいずれかで塗布することができる。他の実施形態では、導体105が空洞105を含むように、導体105を適切なコンフォーム押出または連続押出プロセスによって押出成形することができる。例えば、導体105は、空洞115の形成をもたらす1つ以上の適切な金型または他の構造物に通して押出成形してもよい。導体105の押出成形後に、絶縁体110を任意の適切な技術によって導体105上に形成することができる。さらに他の実施形態では、ロッドミルを通して導体105を引き出すか引き抜いて空洞115を形成することができる。必要に応じて、引き出し前および/または後に、導体105または導体入力材料（ロッドストックなど）の断面形状を修正するために、1つまたは複数のフラットナおよび/またはローラを使用することができる。他の実施形態では他の適切な形成技術を使用することができる。特定の実施形態では、導体105を絶縁体110の一部または全部の塗布と並行して形成することができる。他の実施形態では、導体105は事前形成するか、外部供給源から入手してもよい。次に、絶縁体110を導体105上に塗布または他の方法で形成することができる。

10

【0039】

導体105に空洞115を組み込むことにより、物品100に組み込まれる材料の量を減らすことができる。材料を減らすと、従来のマグネットワイヤ物品と比較して、物品100の全体のコストおよび/または重量を減らすことができる。その結果、物品100を組み込んだ機器（例えば、回転電気機械、モータなど）の重量を減らすことができる。特定の実施形態では、空洞115の使用は、導体105の熱伝達表面積を改善し、それにより、物品100および/または物品100を組み込んだ器具のより効果的な冷却を促進することができる。言い換えると、空洞115の組み込みは、より大きな導体表面積を生成することによる熱伝達冷却率を高めることができる。空洞115はまた、導体の長さに沿った温度正規化による導体105内の対流熱伝達および/または導体105を通る1つ以上の冷却流体の循環を促進することができる。強化された熱伝達および/または冷却は、物品100および/または物品100を組み込んだ器具の効率を改善することができる。

20

30

【0040】

空洞115を組み込んだ物品100は、任意の適切な絶縁耐力、PDIV、および/または熱定格などの多種多様の適切な電気的性能特性を有するように設計することができる。特定の実施形態では、物品100は、約7,000、9,000、10,000、11,000、12,000、13,000、14,000、15,000ボルト/ミル、またはそれを超える絶縁耐力を有することができる。特定の実施形態では、物品100は、所望の閾値、例えば、約750、800、900、1000、1200、1300、1500、1700、2000、2500ボルト、またはそれを超えるPDIVを有することができる。物品100はまた、多種多様の熱定格、例えば、絶縁体の劣化なしに約180、200、220、240、またはそれ以上までの温度で比較的連続した期間（例えば、1,000、5,000、または20,000時間の期間）の使用を可能にする熱定格など、を有するように設計することができる。本開示の実施形態に従って形成された物品100はまた、多種多様の用途に適したものとし得る。例えば、物品100は、自動車モータ、ハイブリッド電気自動車および/または電気自動車用のスタータジェネレータ、オルタネータなどで使用するのに適したものとし得る。

40

【0041】

図1を参照して上記で説明した物品100は単なる例示にすぎない。様々な実施形態で望まれるように且つ図2A~図5Iを参照して論述されるように、例示の物品100には多種多様の変更を加えることができる。実際、本開示は、空洞が導体に組み込まれている

50

多種多様の適切な物品構造を想定している。これらの構造は、多種多様の適切な絶縁システム、導体形状、導体材料、および/または空洞構成を含み得る。

【0042】

上記のように、物品（例えば、図1の物品100）は、多種多様の適切な断面形状で形成し得る。図3A～図3Fは、物品に使用し得る例示的な断面形状を示す。図3A～図3Fの形状は導体形状として示されているが、同様の形状および/または外周を様々な絶縁層に使用し得ることは理解されよう。さらに、図3A～図3Fに示される各導体は、例えば八二カム配列に配置された空洞のような複数の六角形の空洞を含む。他の実施形態では、空洞の任意の適切な配置または構成を、任意の導体、例えば、図5A～図5Iに示される任意の空洞配置と共に使用することができる。

10

【0043】

まず、図3Aを参照すると、第1の例示的な物品300は、長方形の断面形状を有するものとして示されている。図示のように、物品300の角は、丸めても、鈍化しても、または面取りしてもよい。図3Bは、角が丸められた正方形の断面形状を有する第2の例示的な物品305を示す。図3Cは、円形の断面形状を有する第3の例示的な物品310を示す。図3Dは、楕円形または長円形の断面形状を有する第4の例示的な物品315を示す。図3Eは、六角形の断面形状を有する第5の例示的な物品320を示す。そして、図3Fは、八角形の断面形状を有する第6の例示的な物品325を示す。必要に応じて、物品の角は、鋭くても、丸めても、鈍化しても、面取りしても、湾曲させても、またはその他に形成してもよい。他の断面形状を必要に応じて使用することができ、図3A～3Fに示される形状は非限定的な例として提示されているに過ぎない。

20

【0044】

上記のように、物品（例えば、図1の物品100）は、多種多様の適切な材料または材料の組み合わせから形成された導体を含み得る。異なる材料および/または層構造を有する導体のいくつかの非限定的な例が図4A～図4Fに示されている。説明を簡単にするために、例示の各導体は長方形の導体として示されている。しかしながら、各導体は、任意の適切な断面形状、例えば図1および図2に示される形状のいずれかとして形成してもよい。さらに、各導体は、正方形または長方形の断面形状を有する1つまたは複数の空洞を含むものとして示されている。様々な実施形態で望まれるように、任意の数の空洞および/または空洞の構成を、図4A～図4Fに示す導体のいずれかに組み込むことができる。例えば、図5A～5Iに示される例示的な空洞構成のいずれかを図4A～図4Fの導体のいずれかとともに使用することができる。

30

【0045】

まず、図4Aを参照すると、第1の例示的な導体400が示されている。導体400は、銅などの単一の導電性材料から形成することができる。さらに、図示された2つの正方形の空洞405A、405Bなどの複数の空洞を導体400に形成することができる。図4Bは、少なくとも2つの異なる導電性材料から形成された第2の例示的な導体410を示す。例えば、第1の導電性材料が導体コア415を形成するために使用され、第1の導電性材料とは異なる第2の導電性材料がコア415の周りに層420を形成するために使用される。導体コア415には、例えば、2つの図示された空洞425A、425Bのような空洞を形成することができる。

40

【0046】

図4Cは、カーボンナノチューブから形成された第3の例示的な導体425を示す。さらに、導体400には図示された2つの正方形の空洞430A、430Bなどの空洞を形成することができる。図4Dは、少なくとも2つの異なる材料から形成された第4の例示的な導体435を示す。例えば、導電性コア440はカーボンナノチューブから形成することができ、コア435の周りに層445を形成するために第2の材料（例えば、銅など）を使用することができる。さらに、コア435に2つの図示された空洞450A、450Bのような空洞を形成することができる。図4Eは、少なくとも2つの異なる材料から形成された第5の例示的な導体455を示す。例えば、導体コア460は、誘電体材料（

50

または誘電体材料の組み合わせ)から形成することができ、第2の材料(例えば、銅、カーボンナノチューブなど)を使用してコア460の周りに層465を形成することができる。さらに、図示された2つの空洞468A、468Bのような空洞をコア460に形成することができる。

#### 【0047】

図4Fは、複数の空洞480A、480Bが形成された、導電性材料(例えば、金属、カーボンナノチューブなど)の1つまたは複数の層475を含む第6の例示的な導体470を示す。さらに、空洞(空洞480と総称する)の少なくとも1つの表面にライニング482またはコーティングを形成することができる。ライニング482は、通常は導電性材料475を破壊または劣化する可能性のある冷却流体または物質の使用を促進または推進することができる。ライニング482は様々な適切な材料、例えば図1に関連して述べた材料のいずれかで形成することができる。さらに、冷却流体または物質484を空洞480内に配置することもできる。冷却流体または物質484は任意の適切な材料、例えば図1に関連して述べた材料の1つまたは複数を含んでもよい。本開示の様々な実施形態では、必要に応じて、多種多様の他の導体構造を使用することができる。図4A~図4Fに示す構造は非限定的な例として提示されているにすぎない。

10

#### 【0048】

多種多様の異なる構成の空洞を様々な実施形態で使用することができる。空洞構成のいくつかの非限定的な例が、図5A~図5Iに示されている。図5A~図5Iは、長方形(図5A~5I)または円形(図5J)の断面形状のいずれかを有する単層導体を示す。導体は、他の適切な断面形状、例えば図3A~図3Fに示される断面形状のいずれかで形成してもよい。さらに、図5A~図5Iに示される空洞のいずれも、その中に配置されたライニングおよび/または冷却流体を含むことができる。

20

#### 【0049】

まず、図5Aを参照すると、六角形の断面形状を有する複数の空洞502を含む第1の例示的な導体500が示されている。任意の数の空洞502を導体500に形成することができる。さらに、空洞502は、任意の適切な数の行、列、アレイ、および/または他の配列に配置することができる。空洞502のそれぞれは、任意の適切な断面積、長手方向の長さなど、任意の適切な寸法を有することができる。特定の実施形態では、複数の空洞502は、ハニカム構成で配置することができる。

30

#### 【0050】

図5Bは、円形の断面形状を有する複数の空洞507を含む第2の例示的な導体505を示す。任意の数の空洞507を導体505に形成することができ、空洞507は、任意の適切な数の行、列、アレイ、および/または他の配列で配置することができる。空洞507のそれぞれは、任意の適切な直径、断面積、長手方向の長さなど、任意の適切な寸法を有することができる。図5Cは、正方形の断面形状を有する複数の空洞512を含む第3の例示的な導体510を示す。任意の数の空洞512を導体510に形成することができ、空洞512は、任意の適切な数の行、列、アレイ、および/または他の配列で配置することができる。空洞512のそれぞれは、任意の適切な幅、高さ、断面積、長手方向の長さなど、任意の適切な寸法を有することができる。図5A~5Cには六角形、円形および方形の空洞が示されているが、他の実施形態は、楕円形、長方形、および/または八角形の断面形状など、他の適切な断面形状を有する空洞を含むことができる。

40

#### 【0051】

特定の実施形態では、複数の空洞を導体に形成することができ、少なくとも2つの空洞を異なる寸法にすることができる。図5Dは、1つまたは複数の空洞520の第1のセットが第1の寸法を有し、1つまたは複数の空洞522の第2のセットが第1の寸法とは異なる第2の寸法を有する例示的な導体515を示す。図示のように、第1のセットの空洞520は正方形の断面形状で形成され、第2のセットの空洞522は長方形の断面形状で形成される。様々な空洞520、522は、多種多様の適切な断面寸法および/または長手方向の長さで形成してよい。特定の実施形態では、導体515に1つ以上の所望の利点

50

、例えば、改善された構造的支持および/または強化された熱伝達表面積など、を提供するために、異なる寸法の空洞 5 2 0、5 2 2 を配置することができる。例えば、図 5 D の空洞 5 2 0、5 2 2 の配置は、導体 5 1 5 のための強化された構造的支持を提供することができる。

#### 【 0 0 5 2 】

導体内の少なくとも 2 つの空洞の間で、任意の数の寸法を変えることができる。例えば、2 つの導体は、異なる断面形状、断面積、断面寸法（例えば、高さ、幅、直径など）、長手方向の長さ、および/または他の所望の寸法で形成してもよい。長方形および正方形の空洞が図 5 D に示されているが、様々な他の適切な空洞の変形および/または構成を利用することができる。

10

#### 【 0 0 5 3 】

図 5 E は、2 つの長方形の空洞のような 2 つの空洞 5 3 7 A、5 3 7 B が形成された例示的な導体 5 3 5 を示す。必要に応じて、空洞 5 3 7 A、5 3 7 B の一方または両方は、冷却流体の循環を容易にする空洞ライニングを含んでもよい。図 5 F は、波状または曲がりくねった断面形状を有する空洞 5 4 2 が形成された例示的な導体 5 4 0 を示す。実際、空洞は、必要に応じて、任意の適切な断面形状で形成してよい。例えば、空洞は、直線、湾曲、波状、蛇行、ジグザグ、または任意の他の適切な幾何学的形状で形成してよい。特定の実施形態では、パターンに従って複数の空洞を形成または配置することができる。他の実施形態では、複数の空洞をランダムにまたは擬似ランダムに形成または配置することができる。

20

#### 【 0 0 5 4 】

特定の実施形態では、導体内に形成された内部支持体、格子、クロスビーム、または他の構造によって複数の空洞を画定することができる。例えば、大きな空洞は、1 つ以上の内部支持体によってより小さな空洞に細分することができる。別の例として、複数の個別の空洞を支持構造によって画定することもできる。図 5 G は、三角形の断面形状を有する 4 つの空洞 5 4 7 を画定する 2 つの対角支持部材を有する例示的な矩形導体 5 4 5 を示す。図 5 H は、垂直部材と対角部材との組み合わせを含む格子または支持構造によって複数の空洞を画定する例示的な矩形導体 5 5 0 を示す。図 5 I は、内部空洞を互いに直交して二分する 2 つの支持部材 5 5 7、5 6 0 を含む例示的な円形導体 5 5 5 を示す。言い換えれば、支持部材 5 5 7、5 6 0 は、導体 5 5 5 内で十字を形成し、内部開口内に複数の空洞を画定する。必要に応じて、内部支持体および/または他の構造は、多種多様の適切な寸法（例えば、厚さなど）で、および/または多種多様の適切な構成または配置で形成してよい。

30

#### 【 0 0 5 5 】

上記のように、物品（例えば、図 1 ~ 図 5 I に示される物品のいずれか）は、所望のまたは所定の形状を有するものとし得る。特定の実施形態では、マグネットワイヤを形成し、任意の所望の長さのセクションに切断し、マグネットワイヤのセクションを曲げ、ねじり、および/または他の加工を加えることにより任意の適切な形状を有する物品を形成することができる。他の実施形態では、例えば、積層造形または射出成形によって、所望の形状を有する物品を形成または生成することができる。特定の実施形態では、物品は、角度を形成するか、ほぼ形成する少なくとも 1 つの曲げ部を含み得る。他の実施形態では、物品は 1 つ以上のねじれ部を含み得る。さらに、物品は、多種多様の適切な形状に形成してよい。特定の実施形態では、物品は、「U」またはほぼ「U」字形を有するヘアピンとして形成してもよい。例えば、物品は、エンドターンから延びる 2 つの脚部を備えた U 字形のエンドターンを有し得る。「U」字形という用語は、限定を意図するものではなく、「V」字形または「W」字形などの、延長脚部を有するエンドターンを含む様々な形状をカバーすることができる。様々な実施形態で望まれるように、2 つの脚部は、等しくないまたはほぼ等しい長さを有することができる。他の実施形態では、物品は波形形状を有するように形成してもよい。

40

#### 【 0 0 5 6 】

50

空洞を含むいくつかの例示的なマグネットワイヤ物品が、図 6 ~ 図 9 F に示されている。図 6 は、U 字形ヘアピンとして形成された第 1 の例示的な物品 6 0 0 を示す。物品 6 0 0 は、任意の適切な材料または材料の組み合わせから（例えば、曲げ、成形など）または他の方法（例えば、3 D 印刷など）により形成することができる。例えば、物品 6 0 0 は、銅または別の適切な金属材料から形成することができる。さらに、図 6 の分解部分図に示されるように、複数の空洞を物品 6 0 0 に形成することができる。上述したように、空洞は、八ニカムパターンなどの多種多様の適切な配列で配置することができる。図 7 は、複数の空洞を有する U 字形ヘアピンとして形成された第 2 の例示的な物品 7 0 0 を示す。物品 7 0 0 は、図 6 の物品 6 0 0 と同様とし得るが、物品 7 0 0 は、金属材料からではなく、カーボンナノチューブから形成された導体または導電素子を含むものとし得る。図 8 は、複数の空洞を有する U 字形ヘアピンとして形成された第 3 の例示的な物品 8 0 0 を示す。物品 8 0 0 は、外側構成要素 8 1 0 によって囲まれたコア構成要素 8 0 5 を含むことができる。例えば、コア構成要素 8 0 5 は、外側クラッド 8 1 0 によって囲まれた金属材料から形成することができる。様々な実施形態では、コア構成要素 8 0 5 および外側構成要素 8 1 0 は、異なる材料（例えば、異なる導電性材料、金属クラッドで囲まれたカーボンナノチューブコア、金属クラッドで囲まれた誘電体コアなど）から形成することができる。さらに、コア構成要素 8 0 5 内に、八ニカム配列に配置された図示の空洞などの任意の数の空洞を形成することができる。

#### 【 0 0 5 7 】

図 6 ~ 図 8 はいくつかの例示的な U 字形ヘアピンを示すが、多種多様の適切なヘアピンおよび/または他の形状の構成要素をマグネットワイヤ物品として利用することができる。いくつかの代替物品が図 9 A ~ 図 9 F に示されている。図 9 A は、U 字形のエンドターン部 9 0 5 と、エンドターン部 9 0 5 から延びる 2 つの脚部 9 1 0、9 1 5 とを含む第 1 の例示的な物品 9 0 0 を示す。図 9 B および図 9 C は、U 字形ヘアピンとして形成された他の例示的な物品 9 2 0、9 2 5 を示す。図 9 A の物品 9 0 0 とは対照的に、図 9 B および図 9 C に示される物品 9 2 0、9 2 5 の 1 つ以上の脚部には、必要に応じ更なる曲げ部を組み込むことができる。図 9 D は、巻線のエンドターン部を形成する 1 つ以上のねじれ端部を含む例示的な物品 9 3 0 を示す。図 9 E は、曲げられたまたは成形された端部を含み、巻線のバーとして使用し得る例示的な物品 9 3 5 を示す。図 9 F は、ほぼ三角形の断面形状を有するコイルの形成をもたらす曲げ部を含む例示的な物品 9 4 0 を示す。物品 9 4 0 は、例えば、軸方向磁束コイルとして使用することができる。任意の数の曲げ部および/またはねじれ部を含む多種多様な他の物品を形成することができる。図 6 ~ 図 9 F につき説明した物品は非限定的な例として提示されているにすぎない。

#### 【 0 0 5 8 】

上記においてより詳しく説明したように、物品は、多種多様の適切な構造で形成することができる。例えば、物品は、任意の数の寸法、層、および/または材料構造を有する導体、例えば図 3 A ~ 図 4 F に示される例示的な導体のいずれか、を含んでよい。別の例として、物品は、任意の適切な絶縁体、例えば図 1 ~ 図 2 E を参照して上記で説明した絶縁体のいずれか、を含んでよい。さらに、多種多様の空洞構成、例えば図 5 A ~ 5 I を参照して上で説明した構成のいずれか、を物品に組み込むことができる。実際、本明細書に記載の例示的な構造および/または構成を選択および/または組み合わせることにより、多種多様の適切な物品を形成することができる。

#### 【 0 0 5 9 】

条件付き表現、特に「できる」又は「可能である」などは、特に断りがない限り又は使用されている文脈中で他の意味で理解されない限り、基本的に、特定の実施形態において特定の特徵、要素、及び/又は、操作を含むのに対して、他の実施形態において特定の特徵、要素、及び/又は、操作を含まないことを意味する。即ち、このような条件付き表現は、1 つ以上の実施形態において特徴、要素、及び/又は、操作が何らかの形で必要であると意味したり、又はこれら特徴、要素、及び/又は、操作が 1 つ以上の実施形態において必然的に含まれることを意味したりするものではない。

【 0 0 6 0 】

言うまでもなく、本明細書に記載された実施形態以外の多くの変形及び他の実施形態は、上述した説明及び関連する図面に示された利点を有する。従って、本開示は、記載された特定の実施形態に限定されるわけではなく、変形及び他の実施形態が添付の特許請求の範囲内に包含されるものと解釈されるべきである。本明細書においては特定の用語が使用されているが、それら用語は一般的な意味でのみ使用され、限定を意図するものではない。

【 図 面 】

【 図 1 】

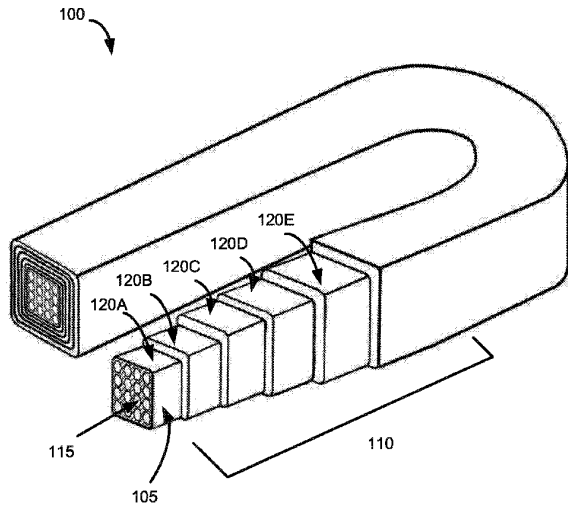


FIG. 1

【 図 2 A 】

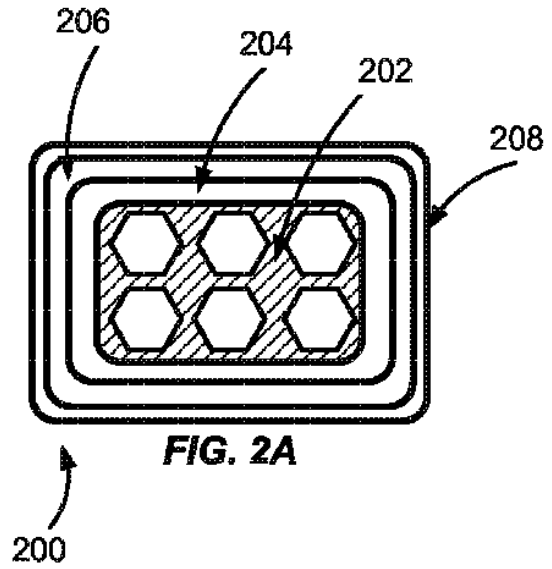


FIG. 2A

【 図 2 B 】

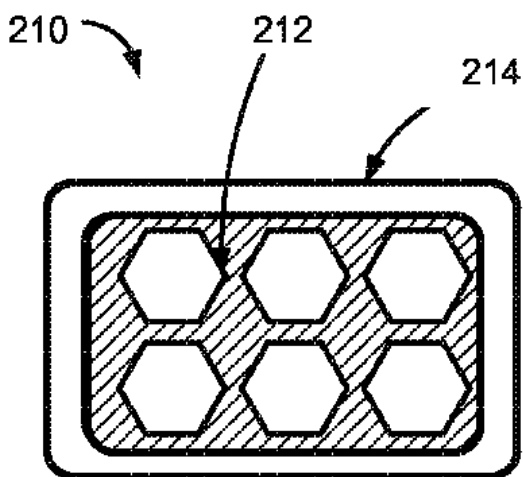


FIG. 2B

【 図 2 C 】

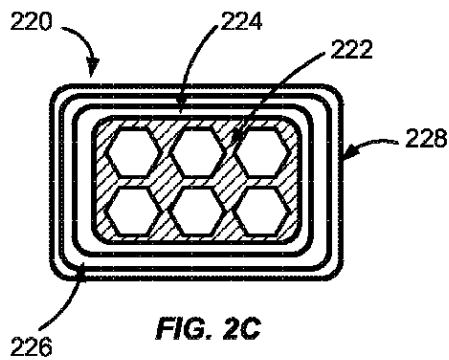


FIG. 2C

10

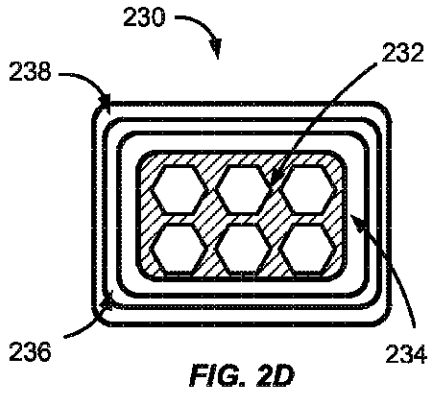
20

30

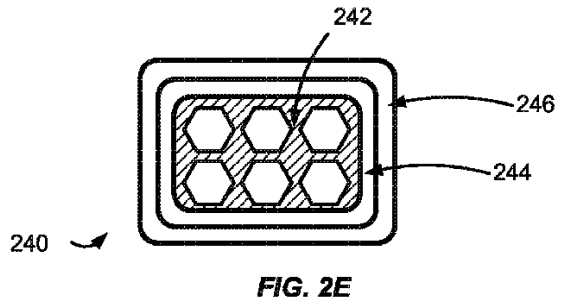
40

50

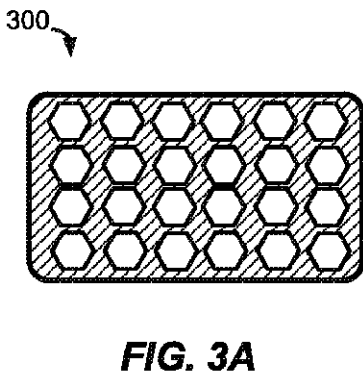
【図 2 D】



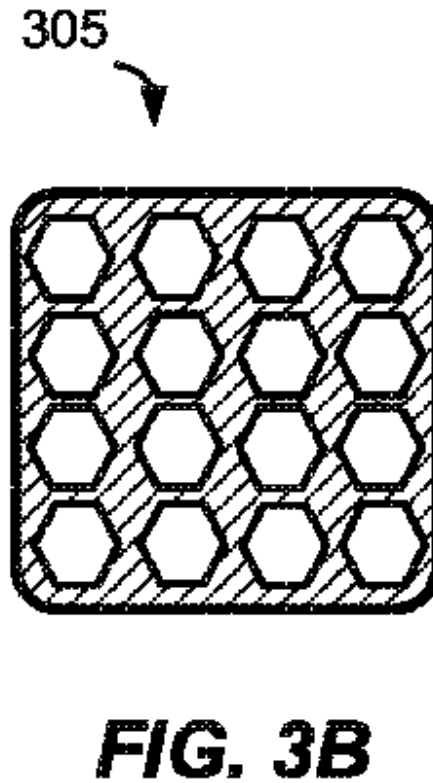
【図 2 E】



【図 3 A】



【図 3 B】



10

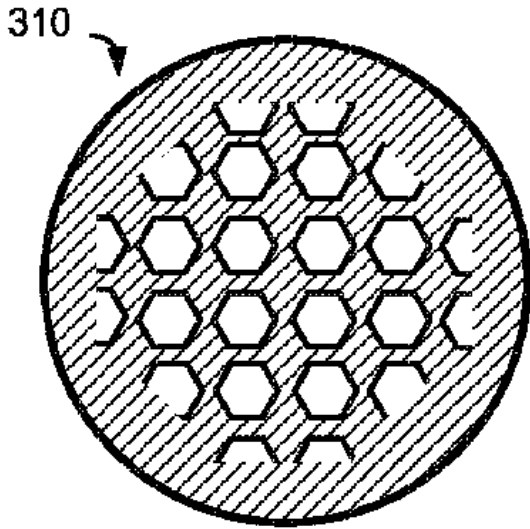
20

30

40

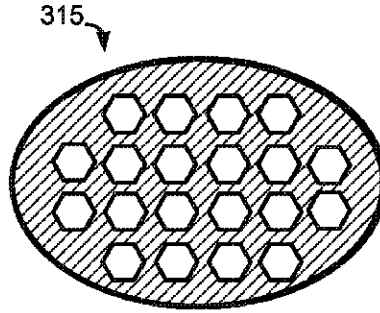
50

【図 3 C】



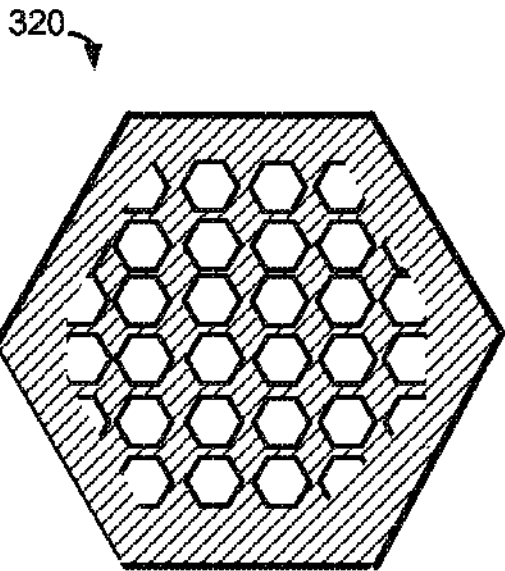
**FIG. 3C**

【図 3 D】



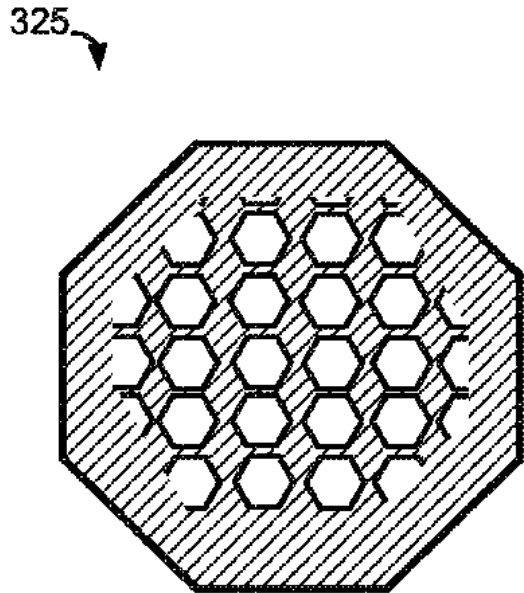
**FIG. 3D**

【図 3 E】



**FIG. 3E**

【図 3 F】



**FIG. 3F**

10

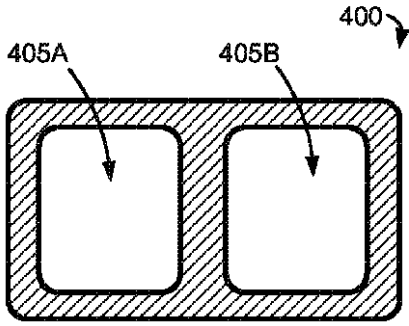
20

30

40

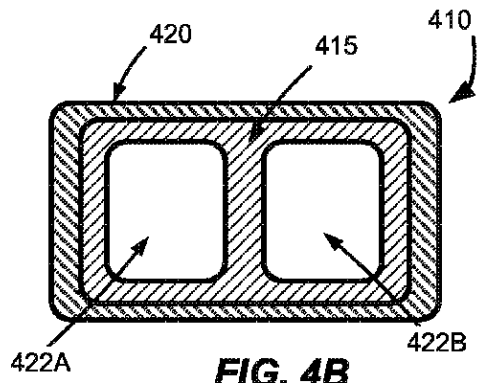
50

【 図 4 A 】



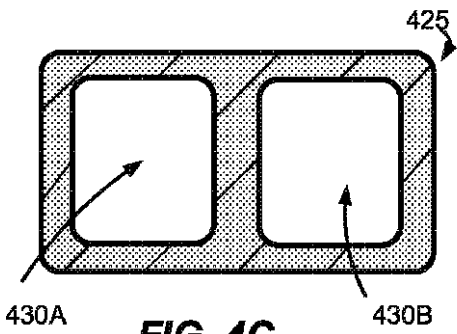
**FIG. 4A**

【 図 4 B 】



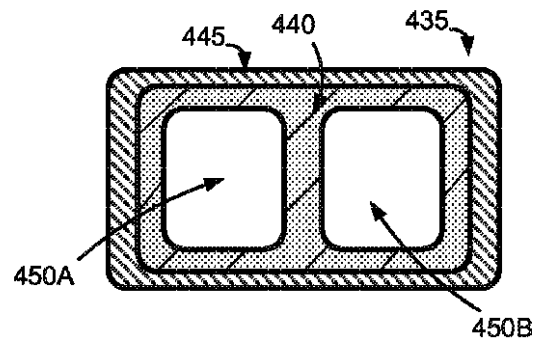
**FIG. 4B**

【 図 4 C 】



**FIG. 4C**

【 図 4 D 】



**FIG. 4D**

10

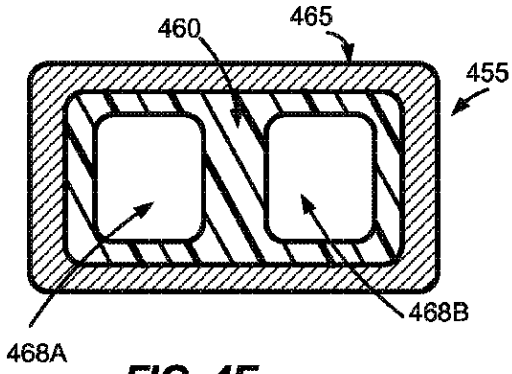
20

30

40

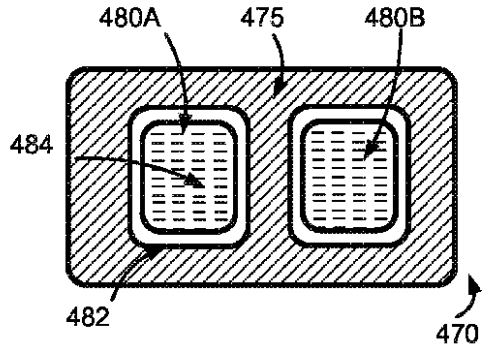
50

【 図 4 E 】



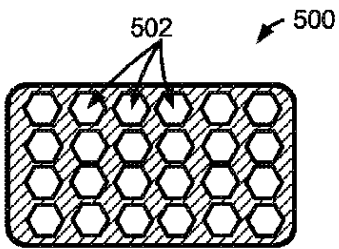
**FIG. 4E**

【 図 4 F 】



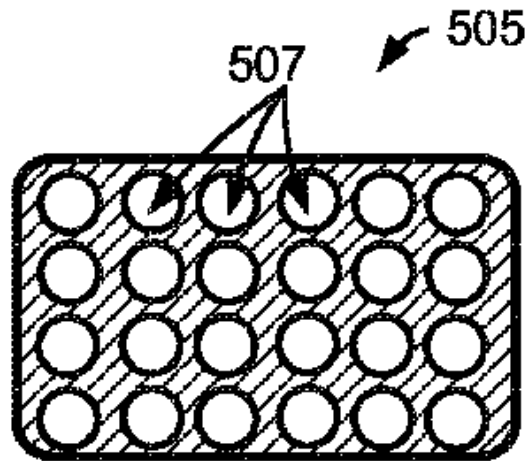
**FIG. 4F**

【 図 5 A 】



**FIG. 5A**

【 図 5 B 】



**FIG. 5B**

10

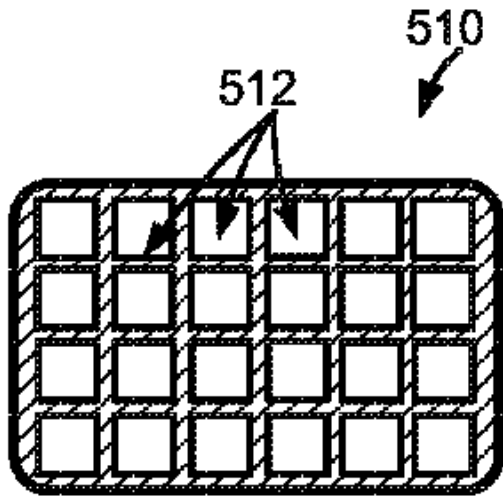
20

30

40

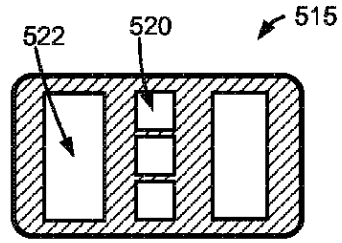
50

【 5 C 】



**FIG. 5C**

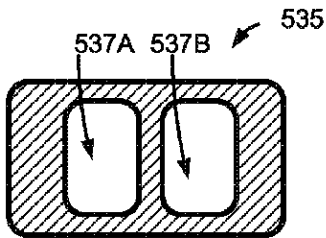
【 5 D 】



**FIG. 5D**

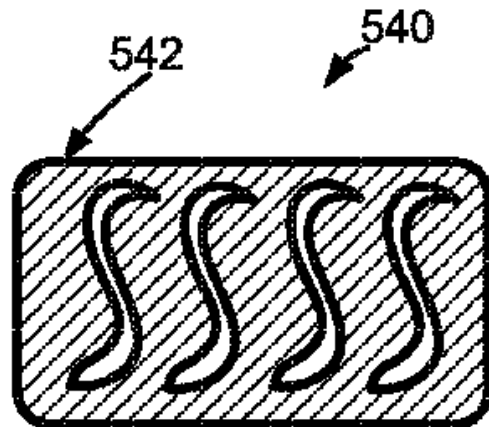
10

【 5 E 】



**FIG. 5E**

【 5 F 】



**FIG. 5F**

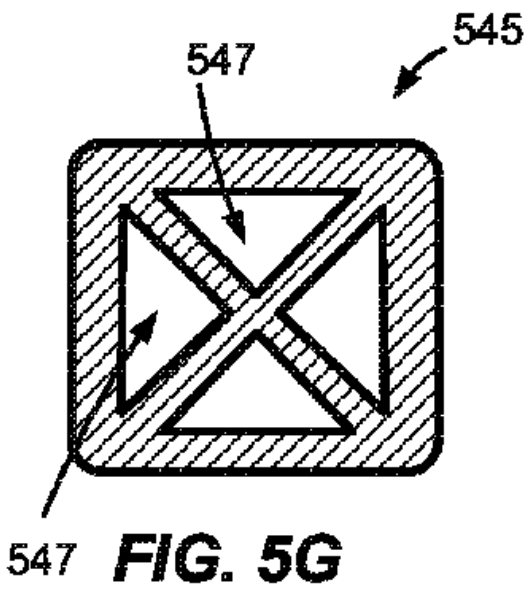
20

30

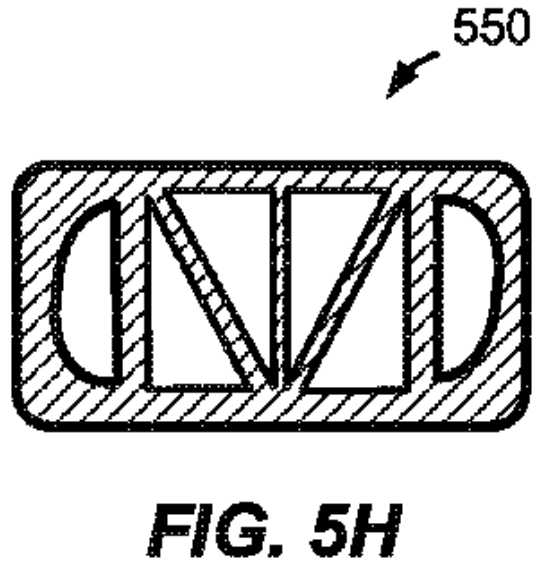
40

50

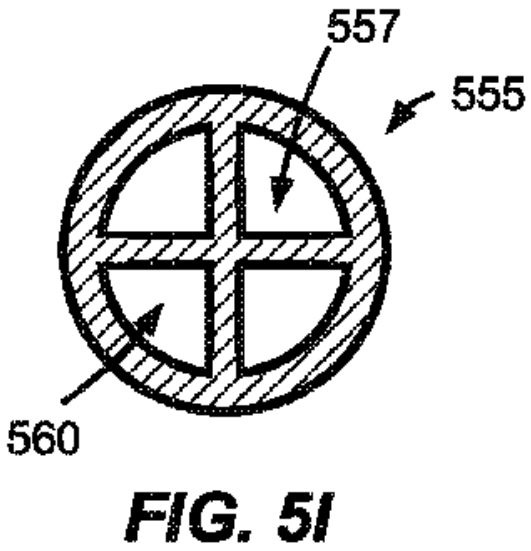
【図 5 G】



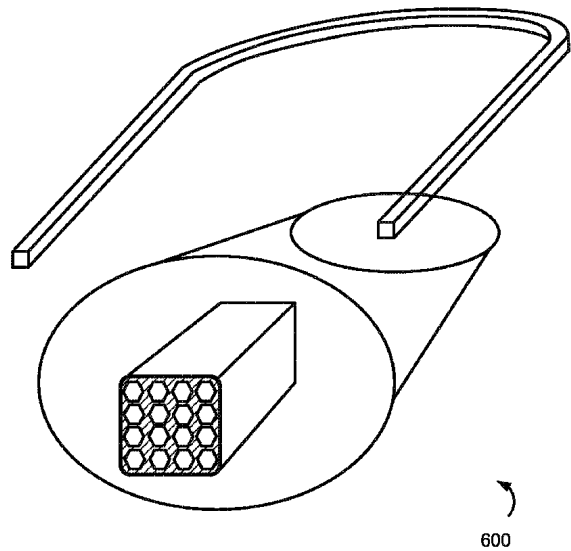
【図 5 H】



【図 5 I】



【図 6】



10

20

30

40

50

【 図 7 】

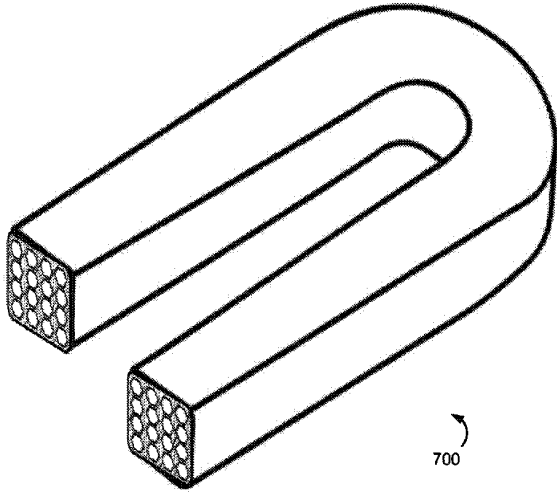


FIG. 7

【 図 8 】

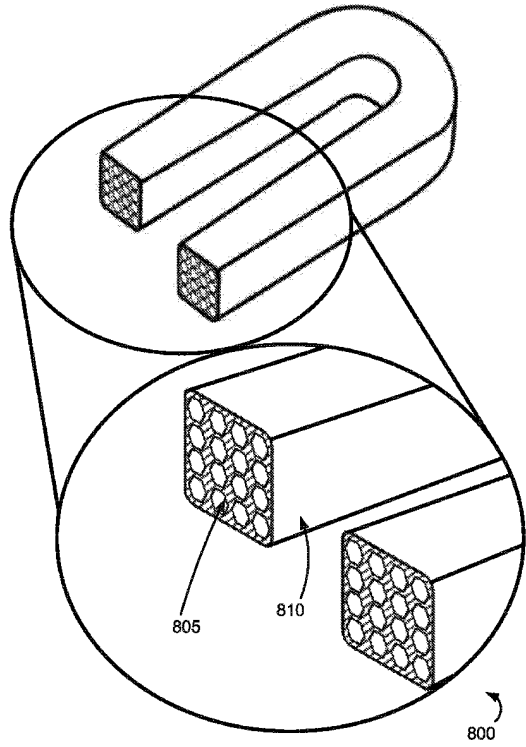


FIG. 8

【 図 9 A 】

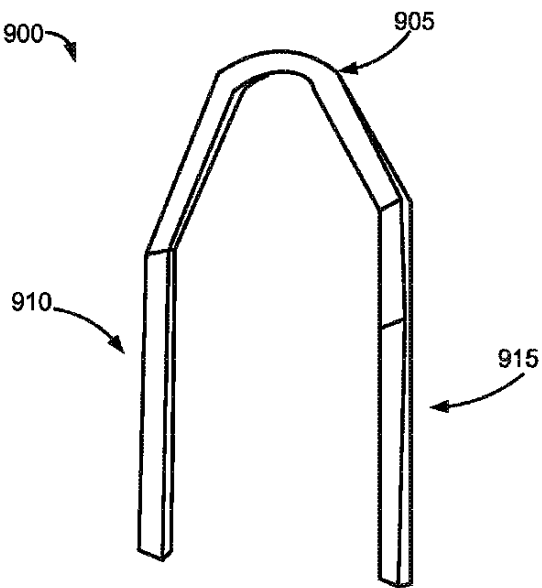


FIG. 9A

【 図 9 B 】

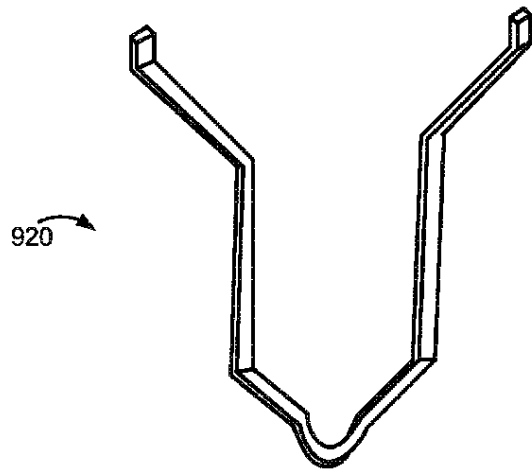


FIG. 9B

10

20

30

40

50

【 9 C 】

925

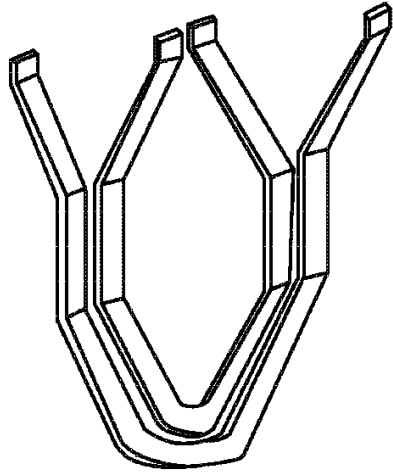


FIG. 9C

【 9 D 】

930

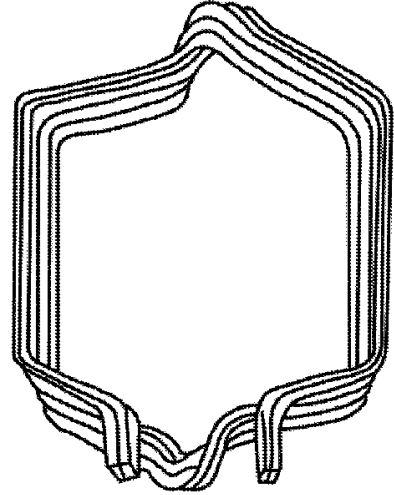


FIG. 9D

【 9 E 】

935

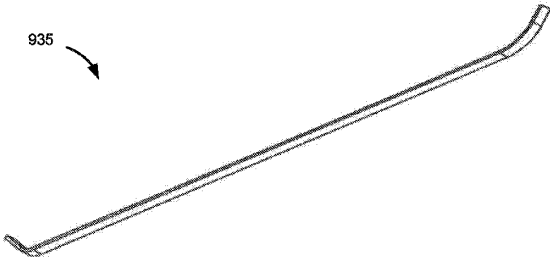


FIG. 9E

【 9 F 】

940

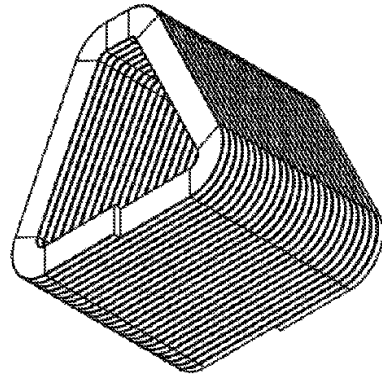


FIG. 9F

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

45 フォート ウェイン ミスティー オークス トレイル 2735

(72)発明者 クリストファー リチャードソン

アメリカ合衆国 インディアナ州 46814 フォート ウェイン ウォルナット クリーク ドライブ 14924

審査官 和田 財太

(56)参考文献 実開昭48-067201(JP,U)

実開昭57-132413(JP,U)

特表2000-514871(JP,A)

国際公開第2017/150625(WO,A1)

実開昭57-004210(JP,U)

特開2003-100150(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01B 7/02

H01B 7/42

H02K 3/32

H02K 3/04