

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-201210

(P2019-201210A)

(43) 公開日 令和1年11月21日(2019.11.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 F 27/32 (2006.01)	HO 1 F 27/32 1 5 0	5 E 0 4 4
HO 1 F 30/10 (2006.01)	HO 1 F 30/10 E	5 E 0 5 8
HO 1 F 27/36 (2006.01)	HO 1 F 27/36 1 2 7	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2019-92915 (P2019-92915)	(71) 出願人	517094840 ソーラーエッジ テクノロジーズ リミテッド
(22) 出願日	令和1年5月16日 (2019.5.16)	(74) 代理人	110001416 特許業務法人 信栄特許事務所
(31) 優先権主張番号	62/672, 116	(72) 発明者	ナオルーポメランツ アディ イスラエル, 4673335, ヘリツリーヤ, 1 ハマダ ストリート, ソーラーエッジ テクノロジーズ リミテッド内
(32) 優先日	平成30年5月16日 (2018.5.16)	(72) 発明者	グロヴィンスキ ツァチ イスラエル, 4673335, ヘリツリーヤ, 1 ハマダ ストリート, ソーラーエッジ テクノロジーズ リミテッド内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		最終頁に続く

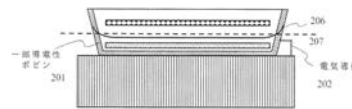
(54) 【発明の名称】 一部導電性の変圧器ボビン

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高電圧コイル付近のボビン表面から接地コアへのアークを防ぐ。

【解決手段】 内腔を備えるシェルと、少なくとも部分的に前記内腔から径方向に伸長し、一部導電性領域を備える少なくとも一つのフランジとを備えるボビン201であり、前記少なくとも一つのフランジは、少なくとも部分的に、低電圧部品と前記シェルに巻き付けられた電気コイルとの電圧差によって生成される電界の等電位線206を実質的に辿るような形状である。

【選択図】 図2A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内腔を備えるシェルと、
少なくとも部分的に前記内腔から径方向に伸長し、一部導電性領域を備える少なくとも
1つのフランジと
を備えるボビン。

【請求項 2】

前記シェルは、中空シェルまたは円筒形シェルを備える、請求項 1 に記載のボビン。

【請求項 3】

前記少なくとも 1つのフランジは、少なくとも部分的に、低電圧部品と前記シェルに巻
き付けられた電気コイルとの電圧差によって生成される電界の等電位線を実質的に辿るよ
うな形状である、請求項 1 または 2 に記載のボビン。

10

【請求項 4】

前記一部導電性領域は、前記少なくとも 1つのフランジと低電圧部品との間の空間に位
置する絶縁体の破壊電圧を超える電界強度に対応する、請求項 1 から 3 のいずれか一項に
記載のボビン。

【請求項 5】

前記低電圧部品は、接地部品、または少なくとも 1つの磁気コアの脚である、請求項 4
に記載のボビン。

【請求項 6】

前記一部導電性領域の一部導電性と同等の体積抵抗率値を有する材料を更に備える、請
求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のボビン。

20

【請求項 7】

少なくとも 1つの磁気コアを更に備え、前記内腔は、前記少なくとも 1つの磁気コアの
脚を概ね包囲する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のボビン。

【請求項 8】

前記シェルは、概ね円形、楕円形、正方形、長方形、角が丸みを帯びた多角形、または
多角形状である外側表面を備える、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のボビン。

【請求項 9】

前記一部導電性領域は、0.1 オーム / スクエア ~ 1 メガオーム / スクエアの範囲内の
面積抵抗率を備える、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のボビン。

30

【請求項 10】

前記一部導電性領域は、低電位または電気接地に電氣的に接続される、請求項 1 から 9
のいずれか一項に記載のボビン。

【請求項 11】

前記一部導電性領域は、前記領域の第 1 の端部から前記領域の第 2 の端部へ伸長する絶
縁ギャップを備える、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載のボビン。

【請求項 12】

前記領域を横断する電氣的隔離ギャップを更に備え、前記電氣的隔離ギャップは、前記
領域が前記磁気コアを取り囲む閉電気接続を形成することを防ぐ、請求項 1 から 11 のい
ずれか一項に記載のボビン。

40

【請求項 13】

前記電氣的隔離ギャップは、前記ボビンを備える変圧器の磁界軸の方向に沿って配置さ
れる、請求項 12 に記載のボビン。

【請求項 14】

請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載のボビンを備える電気変圧器または誘導器。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載のボビン、誘導器、または変圧器を備える高電
圧電源および / またはインバータ。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本出願は、その全体に関して参照によって本願に組み込まれる、2018年3月16日に出願された、米国仮特許出願第62/672,116号に対する優先権を主張するものである。

【0002】

本開示は、電子部品および電子部品を含むデバイスの分野に関する。

【背景技術】**【0003】**

変圧器のボビンは、変圧、隔離などのために磁気コアに巻き付けられるコイルを先験的に準備することを可能にする電気変圧器部品である。一般に、変圧器は、少なくとも1次巻線および2次巻線を有してよい。1次巻線は、入力電圧エレクトロニクスに電氣的に接続され、2次巻線は、出力電圧エレクトロニクスに電氣的に接続され得る。入力および出力電圧エレクトロニクスは、単純な電気導体、複雑なスイッチング/整流エレクトロニクスなどであってよい。

10

【0004】

高電圧変圧器において、1次および/または2次巻線は、たとえば1キロボルト(KV)~100KVなど、接地に対して非常に高い電圧を有してよく、たとえば直流および/または周期性電圧/電流成分など、交流(AC)および/または直流(DC)であってよい。高電圧巻線は、たとえばエポキシ、シリコン、ポリウレタンなどの絶縁樹脂(たとえばマトリックスなど)を用いて低電圧電子部品から絶縁され得る。高電圧、低電圧、および/または接地部品の間の電圧差は、たとえばボビン材料などを通して、絶縁体を越えて拡大する電界をもたらす、それによってボビン表面に電位を生成し得る。

20

【0005】

一般に、高電圧変圧器は、高電圧電子部品と低電圧電子部品との間のエアギャップを制限するために、任意選択的に脱気を伴い、電気絶縁材料によって成形される。絶縁材料の誘電率は空気よりも大幅に高いため、ブレイクダウン電圧が大幅に低下し、アーチングはほとんどまたは全く発生しない。

【発明の概要】**【0006】**

以下に示す概要は、単に説明を目的とした本発明の概念の一部の短い概要であり、広範な概観ではなく、重要または不可欠な要素を識別すること、あるいは本発明および発明を実施するための形態に示す例を限定または制限することが意図されるものではない。当業者は、発明を実施するための形態から、他の新規の組み合わせおよび特徴を認識する。

30

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本明細書における本開示の態様によると、たとえばボビンなどのコイル支持構造の領域は、一部導電性材料、一部導電性表面などを備える。本明細書で用いられる場合、「ボビン」という用語は、たとえば変圧器、誘導器、中継器、電磁石、電源、インバータなどの一部のような任意のコイル支持構造を意味する。ボビンは、たとえば0.001オームメートル~10キロオームメートルの体積抵抗率を有する材料など、特定の所望の抵抗率を有する材料で作られてよく、(たとえば電源などの)より大きなデバイスの一部でもある部品(たとえば変圧器)の一部であってよい。ボビンは、たとえば0.01オーム/スクエア~10メガオーム/スクエアなど、特定の所望の面積抵抗率を有する表面コーティングを備えてよい。ボビンの一部導電性領域および/またはジオメトリは、ボビン構造の外側の電界を低減させてよく、またそれにより、たとえば高電圧変圧器/電源の接地部品など、大幅に異なる電圧を有する構造および部品の間の放電の危険性が低減され得る。

40

【0008】

本明細書における本開示の態様によると、ボビンの一部導電性領域は、一部導電性領域がコイル軸を完全に取り囲むことを妨げることによって一部導電性領域内の渦電流を制限

50

し得る（たとえばスロット、ギャップ、充填材など）電氣的に隔離された領域を一部導電性領域の長さに沿って備えてよい。一部導電性領域の長さは、フランジのみを被覆する領域を有する小型変圧器ボピンの場合の0.25ミリメートルから、一部導電性材料で作られたより大きな変圧器ボピンの場合の40センチメートルまでであってよい。

【0009】

上述したように、この概要は、本明細書で説明される特徴の一部の概要にすぎない。この概要は包括的なものではなく、特許請求の範囲における限定となるものではない。

【0010】

本開示のこれらのおよび他の特徴、態様、および利点は、以下に示す発明を実施するための形態、特許請求の範囲、および図面に関してより深く理解される。本開示は、例示的に説明されるものであり、添付図面によって限定されるものではない。図面において、類似の参照番号は類似の要素を指す。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】3キロボルト線とともに示される、一部導電性領域を有さないボピン例を模式的に示す。ボピンはたとえば、電気変圧器またはたとえば部品、デバイス、または他のシステムなど他の装置の一部であってよい。

【図1B】電界線とともに示される、一部導電性領域を有さないボピン例を模式的に示す。ボピンはたとえば、電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。

【図2A】3キロボルト線とともに示される、一部導電性領域を有するボピン例を模式的に示す。ボピンはたとえば、電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。

20

【図2B】電界線とともに示される、一部導電性領域を有するボピン例を模式的に示す。ボピンはたとえば、電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。

【図3】1または複数の一部導電性表面を有するボピン例を模式的に示す。ボピンはたとえば、電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。

【図4】少なくとも一部導電性のボピンを有する電気変圧器アセンブリの例を模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本明細書の一部を成す添付図面は、本開示の例を示すものである。理解すべき点として、図面に示され、および/または本明細書で説明される例は非限定的なものであり、本開示がどのように実施され得るかに関する他の例が存在する。

30

【0013】

本明細書で開示されるものは、たとえば変圧器ボピンなどのコイル支持構造と、変圧器の磁気コアなどの接地電子部品との間のアーク形成を妨げる（たとえば防止する）ために用いられ得るデバイス、方法、およびシステムに関する特徴の態様例である。ボピン（など）に包囲された高電圧コイルと接地部品との間の電界は、ボピンの少なくとも一部を被覆する、たとえば導電性ポリマ/合成材料などの一部導電性表面を用いるボピン表面において低減され得る。ボピンおよび/またはボピンジオメトリに対する抵抗変化は、ボピンの外側の電界を低減させ得る。したがって、ボピンの表面における電位は、たとえばエアブレークダウン電圧など、放電を生じるために必要な電圧よりも低くなり得る。

40

【0014】

一部導電性材料/表面は、ボピン表面における電荷蓄積および/または電圧増加を制限できる程度に低い、変圧器の動作による損失が過剰ではない程度に高い抵抗率を有するものが選択され得る。たとえば、変圧器の動作の過剰な損失は、より多くの熱を生成することにより、適切に冷却された電源への変圧器の応用を制限し得る。ボピンの幾何学的設計は、アーチング、渦電流などの感受性を低減するように更に修正され得る。本明細書に開示される特徴の態様は、表面アーチング、表面フラッシュオーバーなどの可能性も低減させ得る。本明細書に開示される特徴の態様によって、変圧器の外側の電界が低減されても

50

よく、これは、たとえばボビンの外側の電界が非常に高い他の状況において、またはEMIを低減するためなど、他の目的にも役立ち得る。

【0015】

ボビンの一部導電性領域は、その領域に蓄積された電荷が接地へ流れることを可能にすることによってボビン表面における電界を低減するために、接地され得る。たとえば、表面コーティングまたは一部導電性ボビンは、接地磁気コアとの接触によって接地され得る。たとえば、ボビンの（たとえば磁気コアから遠位にある）内側表面は、たとえば電気導体などの外部電気接続に接地され得る。

【0016】

たとえば2つ以上のボビン、2つ以上のボビン部品など複数のボビンが変圧器のために用いられてよく、たとえば1つのボビンは低電圧コイル用であり、他のボビンは中/高電圧コイル用である。各ボビンが、ボビンの少なくとも一部を被覆する一部導電性材料および/または一部導電性表面（複数も可）を備えてよい。変圧器における2つ以上のボビンのうち1つのボビンが、一部導電性材料および/または一部導電性表面（複数も可）を備えてよい。他の例において、複数のボビン、または全てのボビンが、一部導電性材料および/または一部導電性表面（複数も可）を備えてよい。

【0017】

ボビンは、たとえば1次コイルおよび2次コイルなどの1次巻線および/または2次巻線を部分的または完全に包囲するように一端または両端にフランジを有する、たとえば中空円筒形シェルなどのシェルであってよい。ボビンは、たとえば樹脂などのポリマ、プラスチックなどの材料に埋め込まれ得る。ボビンは、コイルがシェルの端部のより近くにある方に1つのフランジを有してよい。シェルは、磁気コアの形状に概ね従う内腔を有してよく、円形、正方形、角が丸みを帯びた正方形、楕円形、多角形、角が丸みを帯びた多角形などの形状を有する外側断面を有してよい。

【0018】

高電圧変圧器において、電界は、たとえばボビン表面など絶縁部品の表面に発生し、たとえば接地などの他の電位に対する電圧差を表面に発生させ得る。電圧差は、たとえば数万ボルト（V）などの高いものであり得る。高電位表面とたとえば接地コアなど他の電位との間の、たとえばアーチング、アーク、部分放電、コロナ、スパークなどといった放電を防ぐために、ボビン材料の特性およびジオメトリが調整され得る。ボビン材料は、たとえば添加導電性材料と混合されたポリマなどの一部導電性材料であってよい。たとえば、0.3～10オームメートルの体積抵抗率のボビン材料は、30キロボルト（KV）電圧またはその付近で動作する変圧器に用いられ得る。たとえば、0.1～100オームメートルの体積抵抗率のボビン材料は、10～50KV電圧の範囲内で動作する変圧器に用いられ得る。たとえば、0.01～1,000オームメートルの体積抵抗率のボビン材料は、1～500KV電圧の範囲内で動作する変圧器に用いられ得る。

【0019】

ボビン材料の特定の抵抗率値は、コイルの作動電圧範囲、巻線ジオメトリ、ボビンジオメトリ/材料、絶縁体ジオメトリ/材料、コアジオメトリ、コア材料、線周波数、変圧器コイル間の周波数差などに基づいて決定され得る。所望の抵抗率を実現するために、コーティング、塗料、膜、メッキ、織物、シート、鑄造粒子などがボビンの内側および/または外側表面に用いられ得る。たとえば、厚さ1ミリメートル（mm）のボビン材料の2オームメートルの体積抵抗率は、たとえば塗料などの導電性コーティングの2キロオーム/スクエア（Kohm/sq）の面積抵抗率に等しくてよい。たとえば、0.3キロオーム/スクエア～10キロオーム/スクエアの面積抵抗率のボビン材料は、約30KV電圧またはその付近で動作する変圧器に用いられ得る。たとえば、1オーム/スクエア～100キロオーム/スクエアの面積抵抗率のボビン材料は、10～50KV電圧の範囲内で動作する変圧器に用いられ得る。たとえば、0.1オーム/スクエア～1メガオーム/スクエアの面積抵抗率のボビン材料は、1～500KV電圧の範囲内で動作する変圧器に用いられ得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

電界グレーディング材料は、ボビンと接地との間の放電を防止するために用いられ得る。たとえば、ボビン材料の少なくとも一部にバリスタ微粒子が組み込まれてよく、バリスタ微粒子は、たとえばコイルの過電圧条件が存在する場合などに、ボビンの表面に発生する電位を低減させ得る。

【 0 0 2 1 】

導電性ボビンが、たとえば導電性コーティングなどにおける渦電流を発生させることを防ぐ（またはそのような渦電流を少なくとも低減する）ために、ボビンおよび/または導電性表面の機械設計は、磁気コアを取り巻く（たとえば取り囲む）一部導電性領域の閉ループを遮断する（たとえばボビン円筒軸に概ね平行なスロットまたはギャップなどの）遮断部を組み込んでよい。遮断部は、空（たとえば空間）であるか、たとえば注型用樹脂など1または複数の材料で部分的または完全に充填されるか、絶縁シートである、または絶縁シートを含むか、その他であってよい。遮断部は、内部（および/または表面）に遮断部が備わっている材料と比べて相対的に非導電性であり、または高い抵抗率であってよい。遮断部は、所望に応じて任意の形状およびサイズであってよい。

10

【 0 0 2 2 】

ボビン表面における電位は、たとえば磁気コア、接地電気部品などといった他の電位にある部品に対し極めて接近して存在し得る。表面誘起電圧および部品ジオメトリが空気の貫通電位を上回る電圧差をもたらす場合、ボビン、絶縁コアなどを劣化させ得るアークが形成され得る。本明細書で用いられる場合、「アーク」という用語は、放電の持続時間に関わらず、高電位と低電位との間の放電を指すように用いられる。本明細書においてアークという用語は、準用的に、表面アーチング現象を指してよい。

20

【 0 0 2 3 】

たとえば、高電圧（Hv）コイルは、10KV～1KVの表面電位をボビン表面に含み、10KVの電位は、たとえばHvコイル付近のボビン表面など、Hvコイルの近くにあり、1KVは、たとえば接地コア付近のボビン表面に沿ってなど、Hvコイルから最も遠くにある。ボビンの表面電位が任意の点で破壊電圧を超える場合、その点またはたとえば不純物の場合などには付近の点から接地コアへのアークが形成され得る。

【 0 0 2 4 】

アークの形成を防ぎ、または妨げるために、本明細書で説明される実施形態の態様は、たとえばHvコイル付近のボビン表面などの表面に高い電位が発生することが防がれるように、たとえば導電性複合層などを用いて、空気境界面に到達する電界強度を修正してよい。たとえば、ボビン材料および/または表面の抵抗率は、少なくとも一部導電性であることによって、たとえば接地部品に対して表面電位を増加させる電荷などの電荷が表面に蓄積することを制限するように修正される。

30

【 0 0 2 5 】

ボビン表面の位置および/または形状は、ボビンの表面に発生する電位差が低減されるように変更され得る。たとえば、ボビン表面が（たとえば等電位線などの）均一な電界線に従う場合、表面フラッシュオーバーの可能性は低減され得る。たとえば、ボビンの表面における電界は、ロゴスキープロファイルに従うことによって、ボビンの表面に沿った全ての点で空気の絶縁破壊電界を下回り、電気アーク形成の可能性を低減するように構成され得る。

40

【 0 0 2 6 】

上記説明は、以下のように図面のいずれかを参照して説明される実施形態例のいずれかを含む、任意の実施形態に適用される。

【 0 0 2 7 】

ここで、3KV線とともに示される、一部導電性領域を有さないボビン例101の断面図を模式的に示す図1Aが参照されるが、他の任意の電圧線が用いられてもよい。ボビン101は、たとえば電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。この図は、ボビン101、高電圧（Hv）コイル104および低電圧（Lv）コイル105、

50

および接地され得る磁気コア 103 を示す。実線は、Hv コイルからの 3KV の電位 106 線（等電位線）を表し、破線は、接地コアから 1mm における 3KV のエアブレイクダウン電圧 107 を表す。Hv コイル 104 と低電圧電気部品との間の一時的または継続的な電圧差が、ポピン表面における（この例では 3KV の）電位 106 と（この例では 3KV の）エアブレイクダウン電圧 107 との重なりをもたらす場合、ポピンの外側表面には、電位がエアブレイクダウン電圧を上回り得る場所が存在し、アークが形成され得る。たとえば、変圧器に接続された電気導体の一部に雷が落ちると、表面における一時的な電圧差は 3KV を超え、アークが形成され得る。

【0028】

次に、電界線 108 とともに示される、一部導電性領域を有さないポピン 101（図 1）の他の例の断面図を模式的に示す図 1B を参照する。この例において、ポピン 101 の表面において電界が 3×10^6 V/m を超え、ポピン 101 が空気に取り囲まれる場合、エアブレイクダウン電圧が超過され、表面放電が生じ得る。

10

【0029】

次に、3KV 線とともに示される、一部導電性領域を有するポピン例 201 の断面図を模式的に示す図 2A が参照されるが、他の任意の電圧線が用いられてもよい。ポピン 201 は、たとえば電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。一部導電性領域は、電気導体 202 を用いて、たとえば接地磁気コアなどの低電位部品に電氣的に接続され得る。この図において、ポピン材料は一部導電性材料から製造され、図 1 に示すように、実線は 3KV の等電位線 206 を表し、破線は 3KV のエアブレイクダウン電圧 207 を表す。3KV の等電位線 206 および 3KV のエアブレイクダウン電圧 207 は、ポピンおよび/または（たとえば充填材などの）成形材料の内側で交差し、それによってアーチングの可能性が低減され得る。

20

【0030】

次に、電界線 208 とともに示される、一部導電性領域を有する（図 2 の）ポピン 201 の他の例の断面図を模式的に示す図 2B を参照する。この例において、ポピン 201 の一部導電性領域は、ポピンの外側の電界を低減または防止してよく、それによって電界は、ポピン 201 の表面において 3×10^6 V/m を超えず、表面放電が防がれ、または少なくとも表面放電の可能性が低減され得る。

【0031】

次に、1 または複数の一部導電性表面 301 および 302 を有するポピン例の一部の断面図を模式的に示す図 3 を参照する。図 3 のポピンは、たとえば電気変圧器または他の部品またはデバイスの一部であってよい。一部導電性表面 301 および 302 は、ポピンの（たとえばポピン断面の左側における表面 301 などの）外側表面および/または（たとえばポピン断面の右側における表面 302 などの）内側表面にあってよい。各一部導電性表面（301 および 302）は、各表面 301、302 をそれぞれ異なる（たとえば、より低い）電位表面に電氣的に接続する電気導体（それぞれ 303 および 304）を有してよい。電気導体 303 および/または 304 は、たとえば直列抵抗体などを用いて、より低い電圧に対し一部導電性であってよい。たとえば、電気導体 303 の直列抵抗体は、電気導体 304 の直列抵抗体と異なってよい。電気導体 303 および/または 304 は、たとえば内側および外側一部導電性表面 301 および/または 302 へ異なる時定数を提供するために、直列および/または並列に接続された 1 または複数のコンデンサも有してよい。

30

40

【0032】

図 2B に示すように、たとえば、図 3 における（実線で示される）電界 308 の強度は、1 または複数の一部導電性表面 301 および 302 によって低減されてよく、それによってポピンの表面における電界の少なくとも一部が低減され、アーチング、表面放電などの可能性が低減され得る。表面 301 / 302 および/または導体 303 / 304 を含む図 3 の構成は、たとえば図 1A、図 1B、図 2A、および図 2B に関して説明される実施形態など、本明細書で説明される他の実施形態のいずれかにおいても用いられ得る。

50

【 0 0 3 3 】

次に、少なくとも一部導電性のボビン401を有する電気変圧器アセンブリ例の分解図を模式的に示す図4を参照する。ボビン401は、たとえば、図1A、図1B、図2A、図2B、および図3に関して本明細書で説明されるボビンのいずれかとして構成され得る。ボビン401は、フランジ402および403を備えてよく、これらは等電位線に概ね従う形状であってよく、それによって表面放電の可能性を低減する。一部導電性領域における電気隔離ギャップまたは他の遮断部404は、一部導電性領域がコイル(複数も可)によって生成される磁界を完全に取り巻く(たとえばループ状の)閉回路を形成しないことにより、領域内に渦電流が形成されることを制限または防止し得る。上述したように、遮断部は空であってよく、部分的または完全に材料で充填されてよく、絶縁シートとして具体化されてよく、その他であってよい。遮断部(たとえばギャップ404など)は、たとえば図1A、図1B、図2A、図2B、および図3に関して説明される実施形態など、本明細書で説明される実施形態のいずれかに組み込まれてよい。電気隔離ギャップまたは他の遮断部404は、たとえば図4の変圧器などの変圧器の磁界軸の方向に沿って配置され得る。

10

【 0 0 3 4 】

たとえばエポキシなどの絶縁材料内で(たとえば図4の変圧器などの)変圧器全体を鋳造することにより、変圧器は熱的に絶縁され得るので、動作温度が上昇し、変圧器の効率が低下する。変圧器の動作中に生成される熱を放散するための解決策は、熱を排出するためのボビンを通る熱導管を組み込むことを含む。たとえば、全電力を変換するために動かされる高電圧変圧器は全電力の0.2パーセントを熱(たとえば100kWの変圧器の場合、200ワットの熱など)として磁気コアから生成し得る。これらの解決策は、複雑かつ高費用の熱伝導サブシステムを必要とするとともに、変圧器自体の製造コストを増加させ得る。変圧器内で形成されるアーク、スパークなどは、絶縁体の劣化をもたらし、アーク形成、磁気コアの亀裂、磁気コア材料の酸化を更に増長させ、効率を低下させ得る。絶縁鋳造変圧器の更なる問題は、高費用の熱除去システムによる費用の増加、絶縁体硬化/冷却による機械応力に起因する生産量の低下、変圧器の重量の増加などを含み得る。アーク、スパークなどの形成を制限する材料および幾何学的設計を有する(図1A、図1B、図2A、図2B、図3、および図4に関して本明細書で説明されるボビンのいずれかを含む、本明細書で説明されるボビンの実施形態例のいずれかなどの)ボビンの部分成形は、変圧器の熱的保護および電氣的保護の両方に対する解決策を提供し得る。

20

30

【 0 0 3 5 】

以下に示す本説明の残りの部分は、必ずしも具体的に図面を参照するものではないが、図1A、図1B、図2A、図2B、図3、および図4に関して本明細書で説明されるボビン、部品、およびデバイスを含むがこれに限定されない、本明細書で説明されるようなボビン(およびボビンを含む部品またはデバイス)の実施形態の全てに適用される。したがって、たとえばボビンまたは変圧器に言及する場合、以下の本開示は、本開示を通して、また全ての図に関して説明されたボビンまたは変圧器実施形態のいずれかに言及することが意図される。

【 0 0 3 6 】

ボビン表面における電位の低下は、ボビン材料の一部または全部が一部導電性であることによってもたらされ得る。たとえば一部導電性材料が、ボビンを製造するために用いられ得る。たとえば、ボビン材料はポリマであってよく、電界を低下させるために十分な程度であり、表面電位が(たとえば空気境界面などにおける)ボビンの表面においてエアブレイクダウン電圧に到達することを防ぎながらも許容不可能な損失をもたらさない範囲内の抵抗率をもたらすように導電性添加物が添加され得る。たとえばボビンは、上述した範囲と概ね等しい抵抗率を有する一部導電性表面で被覆され得る。ボビンの所望の特性に依存して、様々な一部導電性材料、添加物、コーティング、織物、膜などが、一部導電性/抵抗性を提供するために用いられ得る。ボビンはたとえば、部品材料の少なくとも1つが一部導電性である複合材料を備えてよい。他の例として、ボビンは、固有的および/また

40

50

は付带的な一部導電性、一部抵抗性、または一部表面抵抗性を有する均質材料を備えてよい。他の例として、ボピンは、少なくとも1つの層が固有的および/または付带的な一部導電性、一部抵抗性、または一部表面抵抗性を有する積層材量構造を備えてよい。

【0037】

たとえばボピンは、たとえばポリカーボネート（PC）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアミド、ポリプロピレン（PP）、ポリフェニレンスルフィド（PPS）、アクリロニトリルブタジエンスチレン（ABS）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリフェニレンオキシド（PPO）、ポリフェニレンスルフィド（PPS）、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリアミド（ナイロン）、シリコン、エポキシ、アクリル、これらの任意の組み合わせなどの、ポリマ、コポリマ、熱硬化性材料、熱可塑性材料などから成るマトリックスであってよい。ボピンマトリックスの一部導電性は、固有的および/または一部導電性粒子の添加による付带的なものであってよい。

10

【0038】

たとえば、有機ポリマの固有導電率は、適当な成分および/または材料でドーブすることによって調整され得る。たとえば、固有的に導電性のポリマ（ICP）は、電気を通す有機ポリマ、多環芳香族化合物などであってよく、導電性ポリマの導電率は、高度な分散技術などによる有機合成方法を用いて微調整され得る。ポリアニリン、ポリピロール、ポリアセチレン、ポリフェニレンビニレン、ポリチオフェン、ポリフェニレンスルフィド、ポリインドール、ポリ（パラフェニレンビニレン）、ポリ（3アルキルチオフェン）など。以下は、導電性ポリマの更なる例を挙げる表である。以下の表1を含む、本開示における導電性ポリマのリストは、用いられ得る導電性ポリマの排他的または限定的なリストとして意図されるものではない。

20

【表1】

導電性ポリマの例

主鎖が含むもの	ヘテロ原子の存在		
	ヘテロ原子無し	含窒素	含硫黄
芳香サイクル	ポリ(フルオレン) ポリフェニレン ポリピレン ポリアズレン ポリナフチレン	Nが芳香サイクル内である： ポリ(ピロール) ポリカルバゾール ポリインドール ポリアゼピン Nが芳香サイクル外である： ポリアニリン	Sが芳香サイクル内である： ポリ(チオフェン) ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン) Sが芳香サイクル外である： ポリ(パラ-フェニレンスルフィド)
二重結合	ポリ(アセチレン)		
芳香サイクルおよび二重結合	ポリ(パラ-フェニレンビニレン)		

30

40

【0039】

ボピンの試験は、本明細書で説明されるような特徴の1または複数がボピンに含まれていることを決定するものである。たとえば、（たとえばスロット、ギャップ、特定の壁厚さ、特定のフランジ形状などの存在といった）ボピンジオメトリの目視検査は、いくつかの特徴が変圧器および/またはボピンに含まれているかを決定するために用いられ得る。たとえば、4点試験、ASTM D 257、ASTM B 193 - 16、ASTM F 1529 - 97、ASTM F 390 - 11などといったボピン材料の抵抗率試験は、本明細書で説明されるような様々な特徴が存在することを明らかにし得る。たとえばマトリックス内の導電性または一部導電性添加物を検出するためのX線回折、質量分析などを行うことなどによる追加の試験は、特定の特徴の存在を更に示し得る。

50

【0040】

ポピン材料の体積抵抗率（または同等の面積抵抗率）は、たとえばカーボンブラック粒子/粉末、カーボンナノチューブ、カーボンファイバ、カーボン粒子、金属粒子、半金属粒子、被覆粒子、Cu被覆アルミナ粒子などの導電性添加物を用いて、たとえば0.3オームメートル（ $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ）～10 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ の範囲内の値に調整され得る。他の例として、体積抵抗率（または同等の面積抵抗率）は、ポピンジオメトリに依存して、たとえば0.1 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ～100 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ の範囲まで増加または低減されるように調整され得る。高分子材料の性能および抵抗率を高めるために2つ以上の添加物が用いられ得る。添加物混合複合物は、たとえば重量（wt.%）、体積（vol.%）、原子分率、分子分率などに従う特定のパーセンテージで、充填材（たとえば添加物など）をホストマトリックスポリマ内で均質におよび/または徐々に分散させることによって生成され得る。ポピン材料抵抗率の公差は、抵抗率値の $\pm 50\sim 100\%$ の範囲内であってよい。たとえば、50～60Hzの線周波数は準静的と考えられ得るので、電荷の移動度は、中位の導電率に関連し得る。一方、低い抵抗率は、たとえば熱生成、渦電流などによる変圧器損失の増加をもたらし得るので、高い抵抗率値が変圧器の効率を高め得る。ベースポリママトリックスは、たとえば機械特性、高温耐久性、UV耐久性、衝撃抵抗、熱特性、難燃性などポピンの他の特性を修正するために他の充填材および/または添加物を添加することによって修正され得る。

10

【0041】

ポピン表面（たとえば表面303および/または304など）の少なくとも一部におけるコーティングの面積抵抗率は、コーティング、一部導電性膜、金属化または金属メッキ膜、金属積層高分子膜、塗料層、織物、表面処理などを用いて0.1 ohm/sq ～100 Kohm/sq の範囲を有してよい。コーティングは、たとえば浸漬、噴霧、蒸着、押出加工、電気化学的方法、メッキ、堆積など、様々な技術を用いて塗布され得る。

20

【0042】

たとえば、3 Kohm/sq の表面抵抗率および10マイクロメートルの厚さをもたらす一部導電性充填材による変性フェノール樹脂のコーティングは、ポピン表面と磁気コアとの間のアーチングを防ぐために用いられ得る。他の例として、焼き嵌め管材料および/または膜は、ポピンに面積抵抗を付与するために用いられ得る。他の例として、一部導電性材料の膜が外側絶縁層とともに構成されてよく、この膜は、ポピンの1または複数のフランジを被覆するように形成される。たとえば、膜が（たとえばフランジ402および/または403などの）ポピンフランジに巻かれた場合、一部導電性表面が完全に包括されるようにポピンフランジの周囲に付加された時の膜の重なりが存在し得るが、ポピンの周囲で一部導電性材料の閉ループが生じることが防がれ、渦電流が防がれる。たとえば、膜の絶縁層の幅は一部導電性材料の幅よりも大きくてよく、それによって膜が巻かれた時、導電層が重なり合う。

30

【0043】

電界グレーディング材料は、電気応力を低減するために用いられ、高い電位がポピン表面に発生することを防ぎ得る。たとえば、ZnOマイクロバリスタなどの粒子をポピン材料に添加することによって、電界強度の非線形関数として、ポピン表面における電気応力（たとえば電位）が低減され得る。したがって、粒子は、ポピンの表面に高い電位が到達することを防ぎ、またはその可能性を低減するが、低い電界は、高い抵抗を「経験」し、損失を低減させ得る。たとえばポピン材料に含まれるバリスタ粒子は、たとえば電圧スパイクなど、入力導体における瞬間的な過電圧によるアーチングを防ぐことができる。

40

【0044】

更なる例において、安定した状態および一時的アーク保護の両方を提供するために、導電性微粒子およびバリスタ微粒子の組み合わせがポピン材料において用いられ得る。

【0045】

たとえば一部導電性または導電性メッシュ、シートなどの金型インサートは、金型内での形成中にポピンに組み込まれ得る。たとえば、一部導電性インサートは、ポピン表面に

50

電荷が形成される場所が続く少なくとも1つのフランジに限定されてよく、これらの場所における電界強度を選択的に制限する。たとえば少なくとも1つのフランジは、接地電気接続のための突出ワイヤを有する一部導電性材料の金型インサートを備えてよい。

【0046】

一部導電性材料の面積抵抗率は、たとえば $0.1 \sim 100 \text{ ohm} \cdot \text{m}$ または $0.1 \sim 100 \text{ K ohm} / \text{sq}$ の範囲内であってよい。他の要因の中でもとりわけ、抵抗率は、電界が変化する速さに伴って電荷が再配向できる程度に自由に動くことができるように、電界の周波数または時間変化率に依存し得る。電荷移動は、外部電界のキャンセルを少なくとも部分的に可能にし得る。一方、材料の導電性が高いほど、変圧器の損失は高くなり、効率は低くなり得る。ボビン材料の導電性に起因する効率損失は、たとえば線形関係規則、力関係規則、指数関係規則、 n 次多項式関係規則など、本明細書で説明される値範囲内で規則に従って抵抗率の関数として変化し得る。

10

【0047】

1次および2次コイルは、接地に関連するDC電圧およびスイッチング周波数からのAC電圧の両方を備えてよい。ライン入力および出力コイルは隔離され得るので、接地またはより低電圧の電気部品に対して高電圧を有し得る。たとえばHVコイルは、たとえば変圧器付近に落雷する時、磁気コアの電圧に対し50KVの電圧を有し得る。たとえばHVコイルは、磁気コアの電圧に対して50KVの電圧を有し、ボビン、変圧器、電源などの固体空気境界面に $3 \times 10^6 \text{ V} / \text{m}$ より大きい電界を生成し、表面放電が生じ得る。

20

【0048】

ボビンは、ボビン、絶縁層、第2のボビン、高電圧コイルなどに巻き付けられた低電圧コイルを備えてよい。ボビン、変圧器、コイル巻き方向、コイル巻き形状などのジオメトリは、空気/表面境界面、境界面と低電圧電気部品との間などに生成される電界強度に影響を及ぼし得る。たとえば、正方形磁気コアを取り巻くHVコイルの円形巻き構成は、正方形の角部と最も近いコイルループとの間の境界面に高い電界を生成し得る。

【0049】

ボビンの表面がアーク放電中にアノードとして作用する場合、接地電気部品（または低電圧電気部品）からボビン表面および/またはコイルジオメトリが遠いほど、アークが形成され得る機会は少なくなる。

【0050】

ボビンの1または複数のフランジ（たとえばフランジ402および/または403）は、HVコイルと接地面との間の電界の等電位線の形状に概ね従ってよい。たとえばフランジは、ロゴスキープロファイル、ボルダプロファイル、ブルースプロファイル、チェンプロファイル、エルンストプロファイルなどに概ね従ってよい。等電位線に概ね従うことによって、HVコイルとフランジとの間の電界はより均一になり得る。

30

【0051】

隔離材料およびボビン材料は、同様の比誘電率値を有することによって材料境界面における電界効果の可能性が低減されるように選択され得る。たとえばボビンは、3.59の比誘電率を有するポリエステル樹脂から製造され、隔離用充填材は、3.6の比誘電率を有するエポキシ樹脂であってよい。材料の比誘電率の選択によって、HVコイルと、たとえば磁気コアなどの低電位電気部品との間の空気固体境界面における電界の更なる修正が可能であり得る。

40

【0052】

変圧器のコアは、たとえば鉄、積層珪素鋼板、合金、アモルファス金属、粉末金属、カルボニル鉄、水素還元鉄、モリパーマロイ、セラミックなどの強磁性材料から形成され得る。いくつかの応用例において、コアは空気コアであってよい。

【0053】

コアは、様々な構造を用いて構成され得る。コアは、たとえば単一部分として構成され、または様々なコア部品（たとえば「C」、「U」、「E」、または「I」形コア素子）を合わせる（たとえば積み重ねる）ことによって形成され得る。

50

【 0 0 5 4 】

1次または2次電源エレクトロニクス of 切換えは、低電圧電気部品に対して高電圧コイルに発生する電位に影響を及ぼし得る。

【 0 0 5 5 】

たとえばより高い線周波数などの線周波数は、一部導電性領域の材料抵抗率値の選択に影響を及ぼし、より高い電荷移動度およびそれに伴うより低い抵抗率を必要とし得る。たとえば60Hzの線周波数は、50Hzの線周波数と比べて高い電荷移動度および低い抵抗率を必要とし得る。

【 0 0 5 6 】

ボビンの一部導電性領域の抵抗率は、周囲の絶縁体のブレークダウン電圧に到達することによって、電界が、たとえば電圧スパイクなどの一時的な過電圧を生じることを防ぐように調整され得る。たとえば一部導電性材料の抵抗率は、ボビンおよび絶縁体の容量特性および抵抗特性の時定数が0.1ナノ秒～0.1秒であるように調整され得る。

【 0 0 5 7 】

電源の1次ステージおよび2次ステージのスイッチング周波数間の周波数差は、一部導電性領域の抵抗率値に影響を及ぼし得る。

【 0 0 5 8 】

以下に示す表2は、一部導電性材料例の表である。以下の表2を含む、本開示における一部導電性材料のリストは、用いられ得る一部導電性材料の排他的または限定的なリストとして意図されるものではない。

【表2】

一部導電性材料の例

種類	社名	製品名	基材
プラスチック／樹脂 (射出成形)	PREMIX	PRE-ELEC (登録商標) TP 16514	カーボンブラック充填ポリプロピレン
	SHAKUN POLYMERS	SP-SCXL-8888-RおよびSP-SCXL-8888-H	カーボンブラックを有する架橋剤
	LOTTE	HA-3203	PC/GF
	ENSINGER PLASTICS	TECAPEEK ELS NANO BLACK	PEEK
	旭化成	NA	XYRON (登録商標) / ポリアミド
テープ	CHANGCHUN HUICHENG APPLIED CHEMISTRY NEW MATERIALS	T8828 ELECTRICAL SEMI-CONDUCTIVE TAPE	TDSによる言及なし
	3M	SCOTCH ELECTRICAL SEMI-CONDUCTING TAPE 13	導電性粒子を有するエチレンプロピレンゴム(EPR)
	VONROLL	CORONASHEILD (登録商標) SC 217.02	半導電性ワニス含侵ポリエステル織物
	WOER HEAT-SHRINKABLE MATERIAL	SEMI-CONDUCTIVE TUBE WR SBG	熱的安定化架橋半導電性高分子材料
コーティング	VONROLL	CORONASHIELD (登録商標) P 8001	半伝導性充填材を有する変性フェノール樹脂
	SHAKUN	SP-PESC-566	

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

ここで、本明細書および特許請求の範囲のどこかに示すように、より大きな範囲を形成するために範囲が組み合わせられ得る。

【 0 0 6 0 】

本明細書に開示される特定の寸法、特定の材料、特定の範囲、特定の抵抗率、特定の電圧、特定の形状、および/または他の特定の特性および値は、事実上例であり、本開示の範囲を限定するものではない。本明細書における所与のパラメータに関する特定の値および特定の値範囲の開示は、本明細書に開示される例の1または複数において有用であり得る他の値および値範囲を除外するものではない。また、本明細書に記載される特定のパラメータに関する任意の2つの特定の値は、所与のパラメータに適し得る値範囲の終了点を定め得ることが想定される(たとえば、所与のパラメータに関する第1の値および第2の値の開示は、所与のパラメータに関して第1の値と第2の値との間の任意の値が用いられてもよいことを開示するものとして解釈され得る)。たとえば、本明細書においてパラメータXが値Aを有することが例示され、値Zを有することも例示される場合、パラメータXは約A~約Zの値範囲を有し得ることが想定される。同様に、パラメータに関する2つ以上の値範囲の開示は(そのような範囲が入れ子状であるか、重なり合うか、全く別であるかに関わらず)、開示される範囲の終了点を用いて特許請求の範囲に記載され得る値に関する範囲の可能な組み合わせの全てを包摂することが想定される。たとえば、本明細書においてパラメータXが1~10、または2~9、または3~8の範囲内の値を有することが例示される場合、パラメータXは、1~9、1~8、1~3、1~2、2~10、2~8、2~3、3~10、および3~9を含む他の値範囲を有し得ることも想定される。

10

20

【 0 0 6 1 】

様々な例示的特徴の説明において、本明細書の一部を成し、本開示の態様が実施され得る様々な特徴が例示として示される添付図面が参照される。本開示の範囲から逸脱することなく、他の特徴が用いられ、構造的および機能的な修正がなされてよいことを理解すべきである。

【 0 0 6 2 】

本開示で用いられるたとえば「複数の」などの用語は、いくつかの部品、要素、または部材を有し、または含む特性を示す。

【 0 0 6 3 】

本明細書において要素間の様々な接続が説明されることが留意され得る。これらの接続は、一般に、特に記載されない限り、直接的または間接的であってよく、本明細書は、この点に関して限定することが意図されておらず、直接接続および間接接続の両方が想定される。また、実施形態のいずれかにおける1つの特徴の要素は、任意の組み合わせまたは部分的組み合わせで、実施形態のいずれかにおける他の特徴に基づく要素と組み合わせられ得る。

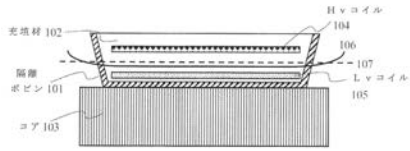
30

【 0 0 6 4 】

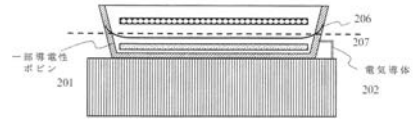
説明される特徴および説明される特徴の修正は全て、本明細書において教示される発明の全ての態様において利用可能である。また、本明細書で説明される実施形態の全てにおける全ての特徴および全ての特徴の修正は、組み合わせ可能であり、互いに置換え可能である。

40

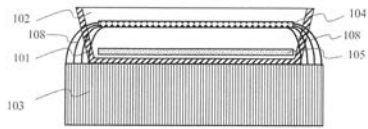
【図 1 A】



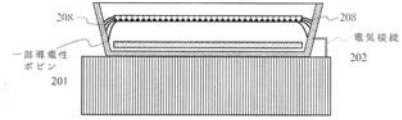
【図 2 A】



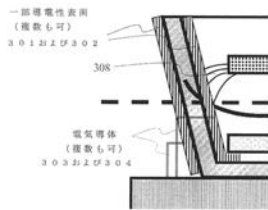
【図 1 B】



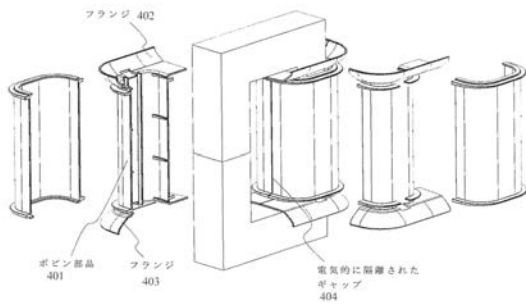
【図 2 B】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 タル ニコライ
イスラエル, 4 6 7 3 3 3 5 , ヘリツリーヤ, 1 ハマダ ストリート, ソーラーエッジ テクノ
ロジーズ リミテッド内

Fターム(参考) 5E044 BB02 BB05
5E058 CC03

【 外国語明細書 】

PARTIALLY-CONDUCTING TRANSFORMER BOBBIN

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[01] The present application claims priority to U.S. Provisional Patent Application Serial No. 62/672,116, filed May 16, 2018, which is hereby incorporated by reference as to its entirety.

BACKGROUND

[02] The present disclosure relates to the field of electronic components and devices containing electronic components.

[03] The bobbin of a transformer is an electric transformer component that allows a-priori preparation of coil windings around a magnetic core for the transformation of voltages, isolation, and/or the like. Typically, a transformer may have at least primary and secondary windings. The primary windings may be electrically connected to input voltage electronics and the secondary windings may be electrically connected to the output voltage electronics. The input and output voltage electronics may be simple electrical conductors, complicated switching/rectifying electronics, and/or the like.

[04] In high-voltage transformers, the primary and/or secondary windings may have very high voltage relative to ground, such as between 1 kilo-volts (KV) to 100 KV, and may be alternating current (AC) and/or direct current (DC), such as comprising direct and/or cyclic voltage/current components. The high-voltage windings may be insulated from low-voltage electronic components with an insulation resin (such as a matrix), such as epoxy, silicon, polyurethane, and/or the like. The voltage differences between the high voltages, low voltages, and/or a grounded component may produce electrical fields that extend beyond the insulation, such as through the bobbin material, and/or the like, thereby producing an electrical potential on the bobbin surface.

[05] Typically, high voltage transformers are molded with an electrically insulating material, with optional degassing, to limit the air gaps between the high voltage electrical components and low voltage electrical components. Since the permittivity of the insulating material is much higher than air, the breakdown voltage is much decreased and little or no arcing occurs.

SUMMARY

- [06] The following summary is a short summary of some of the inventive concepts for illustrative purposes only and is not an extensive overview, and is not intended to identify key or critical elements, or to limit or constrain the inventions and examples in the detailed description. One skilled in the art will recognize other novel combinations and features from the detailed description.
- [07] According to aspects of the disclosure herein, a region of a coil support structure, such as a bobbin, comprises a partially conducting material, a partially conducting surface, and/or the like. As used herein, the term “bobbin” means any coil support structure, such as part of a transformer, an inductor, a relay, an electromagnet, a power supply, an inverter, and/or the like. The bobbin may be made of a material having a particular desired resistivity, for example, a material with a volume resistivity between 0.001 ohm·meter and 10 kilo-ohm·meter, and the bobbin may be part of a component (such as a transformer) that in turn is part of a larger device (such as a power supply). The bobbin may comprise a surface coating with a particular desired sheet resistivity, such as between 0.01 ohm/square and 10 mega-ohm/square. The partially conductive region and/or the geometry of the bobbin may reduce the electrical field external to the bobbin structure, which may in turn reduce the risk of electrical discharge between the structure and a component with a substantially different voltage, such as a grounded component of a high voltage transformer/power supply.
- [08] According to aspects of the disclosure herein, the partially conducting region of the bobbin may comprise an electrically isolated region (such as a slot, gap, filler, and/or the like) along the length of the region, which may interrupt the partially conducting region from completely encircling the coil axis and thus may limit eddy currents in the partially conducting region. The length of the region may be between 0.25 millimeters for a small transformer bobbin with a region covering the flange only, to 40 centimeters for a large transformer bobbin made from a partially conducting material.
- [09] As noted above, this Summary is merely a summary of some of the features described herein. It is not exhaustive, and it is not to be a limitation on the claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- [10] These and other features, aspects, and advantages of the present disclosure will become better understood with regard to the following description, claims, and drawings. The present disclosure is illustrated by way of example, and not limited by, the accompanying figures. In the drawings, like numerals reference similar elements.
- [11] FIG. 1A shows schematically an example bobbin without a partially conducting region, shown with 3 kilo-volt lines. The bobbin may be part of, for example, an electrical transformer or other apparatus such as a component, device, or system.
- [12] FIG. 1B shows schematically an example bobbin without a partially conducting region, shown with electrical field lines. The bobbin may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device.
- [13] FIG. 2A shows schematically an example bobbin with a partially conducting region, shown with 3 kilo-volt lines. The bobbin may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device.
- [14] FIG. 2B shows schematically an example bobbin with a partially conducting region, shown with electrical field lines. The bobbin may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device.
- [15] FIG. 3 shows schematically an example bobbin with one or more partially conducting surfaces. The bobbin may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device.
- [16] FIG. 4 shows schematically an example electrical transformer assembly with an at least partially conducting bobbin.

DETAILED DESCRIPTION

- [17] The accompanying drawings, which form a part hereof, show examples of the disclosure. It is to be understood that the examples shown in the drawings and/or discussed herein are non-exclusive and that there are other examples of how the disclosure may be practiced.
- [18] Disclosed herein are example aspects of features for devices, methods, and systems that may be used for impeding (for example, preventing) arc formation between the surface of a coil support structure, such as a transformer bobbin, and a grounded electronic component, such as a magnetic core of the transformer. The electrical field between a high voltage coil enclosed in a bobbin (and/or the like) and a grounded component may be reduced on the bobbin surface using a partially conductive surface and/or material, such as a conducting polymer/composite and/or the like, covering at least part of the bobbin. Resistive changes to the bobbin and/or the bobbin geometry may reduce the electrical field outside of the bobbin. Thus, the electrical potential on the surface of the bobbin may be less than a voltage required to form an electrical discharge, such as the air breakdown voltage.
- [19] The partially conducting material/surface may be chosen with a resistivity that is low enough to limit charge buildup and/or voltage increasing on the bobbin surface, but high enough so that losses from the transformer operation are not excessive. For example, excessive losses of the operation of the transformer may produce more heat and therefore limit the application of the transformer to well cooled power supplies. The geometric design of the bobbin may be further modified to reduce the sensitivity of the design to arcing, eddy currents, and/or the like. Aspects of the features disclosed herein may also reduce the likelihood of surface arcing, surface flashovers, and/or the like. Aspects of the features disclosed herein may also reduce the electrical field outside of the transformer, which may be useful for other purposes, for example to reduce EMI or in other situations where the electric field outside the bobbin is too high.
- [20] The partially conducting regions of the bobbin may be grounded to allow accumulated charge on the regions to flow to ground, thereby reducing the electric field on the bobbin surface. For example, a surface coating or partially conductive bobbin may be grounded

by contact with a grounded magnetic core. For example, an inner surface (such as distal from the magnetic core) of a bobbin may be grounded with an external electrical connection, such as an electrical conductor, and/or the like.

- [21] Multiple bobbins, such as two or more bobbins, two or more bobbin parts, and/or the like, may be used for a transformer, such as one bobbin for the low voltage coils and another bobbin for the mid/high voltage coils. Each bobbin may comprise a partially conducting material and/or partially conducting surface(s) covering at least part of the bobbin. One bobbin, of two or more bobbins in a transformer, may comprise a partially conducting material and/or partially conducting surface(s). In other examples, more than one of the bobbins, or even all of the bobbins, may comprise a partially conducting material and/or partially conducting surface(s).
- [22] The bobbin may be a shell, such as a hollow cylindrical shell, with flanges on one or both ends to partially or fully enclose the primary and/or secondary windings, such as primary and secondary coils. The bobbin may be embedded in a material, such as a polymer such as a resin, a plastic, and/or the like. The bobbin may have one flange where the coils are closer to the edge of the shell. The shell may have an inner cavity that substantially follows the shape of a magnetic core, and may have an outer cross section having the shape of a circle, a square, a square with rounded corners, an oval, a polygon, a polygon with rounded corners, and of the like.
- [23] In high voltage transformers, electrical fields may develop on surfaces of insulating parts, such as the bobbin surface, and the electric fields may cause voltage differences to develop on the surfaces relative to another potential such as ground. The voltage differences may be high, such as 10's of thousands of volts (V). To prevent electrical discharge, such as arcing, arcs, partial discharge, coronas, sparks, and/or the like, between the high potential surface and another potential such as a grounded core, the bobbin material properties and geometry may be adjusted. The bobbin material may be a partially conducting material, such as a polymer mixed with an additive conducting material. For example, a volume resistivity of the bobbin material between 0.3 and 10 ohm-meter may be used for a transformer operating at or around 30 kilo-volt (KV) voltage. For example, a volume resistivity of the bobbin material between 0.1 and 100

ohm·meter may be used for a transformer operating in the range of 10 to 50 KV voltage. For example, a volume resistivity of the bobbin material between 0.01 and 1,000 ohm·meter may be used for a transformer operating in the range of 1 to 500 KV voltage.

- [24] The specific resistivity value for the bobbin material may be determined based on the coil's operational voltage range, winding geometry, the bobbin geometry/materials, the insulation geometry/materials, the core geometry, the core material, the line frequency, the frequency difference between the transformer coils, and/or the like. A coating, paint, film, plating, fabric, sheet, casted particles, and/or the like, may be used on the inner and/or outer surface of the bobbin to achieve the desired resistivity. For example, a 2 ohm·meter volume resistivity of a 1 millimeter (mm) thick bobbin material may be equivalent to a 2 kilo-ohm/square (K-ohm/sq) sheet resistivity of a conductive coating, such as a paint and/or the like. For example, a sheet resistivity of the bobbin material between 0.3 kilo-ohm/square and 10 kilo-ohm/square may be used for a transformer operating at or around 30 KV voltage. For example, a sheet resistivity of the bobbin material between 1 ohm/square and 100 kilo-ohm/square may be used for a transformer operating in the range of 10 to 50 KV voltage. For example, a sheet resistivity of the bobbin material between 0.1 ohm/square and 1 mega-ohm/square may be used for a transformer operating in the range of 1 to 500 KV voltage.
- [25] An electrical field grading material may be used to prevent discharge between the bobbin and ground. For example, varistor micro-particles may be incorporated in at least a portion of the bobbin material, and the varistor micro-particles may reduce the electrical potential developed on the surface of the bobbin, such as when an overvoltage condition of the coil exists.
- [26] To prevent the conductive bobbin from developing eddy currents (or to at least reduce such eddy currents), such as on a conductive coating and/or the like, the mechanical design of the bobbin and/or conductive surface may incorporate an interrupting portion (such as a slot or gap substantially parallel to the bobbin cylindrical axis), that interrupts a closed loop of the partial conducting region around (such as encircling) the magnetic core. The interrupting portion may be empty (such as a void), partially or fully filled with one or more materials such as casting resin, be or otherwise include an insulating

sheet, and/or the like. The interrupting portion may be relatively non-conductive compared with, or of a higher resistivity than, the material within (and/or on) which the interrupting portion resides. The interrupting portion may be of any shape and size as desired.

- [27] The electrical potential on the bobbin surface may be in close proximity to a component at another potential, such as the magnetic core, a grounded electrical component, and/or the like. When the surface induced voltage and component geometry result in a voltage difference above the breakthrough potential for air, an arc may be formed that may degrade the bobbin, insulation, core, and/or the like. As used herein, the term “arc” is used to refer to electrical discharge between a high electrical potential and a low electrical potential, regardless of the time duration of the discharge. The term arc may refer herein, *mutatis mutandis*, to the surface arcing phenomenon.
- [28] For example, the high voltage (Hv) coils induce a surface voltage potential on the bobbin surface from between 10 KV and 1 KV, where the 10 KV potential is closer to the Hv coil, such as the bobbin surface near the Hv coil, and the 1 KV is furthest from the Hv coil, such as along the bobbin surface close to the grounded core. When the surface potential on the bobbin exceeds the breakdown voltage at any point, an arc may be formed from that point, or a nearby point such as in the case of impurities, to the grounded core.
- [29] To prevent or impede formation of an arc, aspects of embodiments described herein may modify the electrical field strength reaching an air interface surface, such as using a conducting composite layer, and/or the like, so that higher potentials are prevented from developing on the surface, such as the bobbin surface near the Hv coil. For example, the resistivity of the bobbin material and/or surface is modified so that it is at least partially conductive and thereby limits electrical charge from accumulating on the surface, such as a charge that increases the surface electrical potential relative to a grounded component.
- [30] The location and/or shape of the bobbin surface may be changed so that the electrical potential differences developed on the surface of the bobbin are reduced. For example, when the bobbin surface follows uniform electrical field lines (such as equipotential lines), the likelihood of surface flashovers may be reduced. For example, the electrical field on the surface of the bobbin may be configured to be below the air breakdown field at all

points along the surface of the bobbin by following a Rogowski profile, reducing the likelihood of an electrical arc forming.

- [31] The above description applies to any embodiments, including any of the example embodiments described with respect to any of the figures, as follows.
- [32] Reference is now made to FIG. 1A, which shows schematically a cross-section of an example bobbin 101 without a partially conducting region, shown with 3 KV lines, although any other voltage lines may be used. The bobbin 101 may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device. The figure shows the bobbin 101, high 104 and low 105 voltages (Hv and Lv) coils, and a magnetic core 103 that may be grounded. A solid line represents the 3 KV electrical potential 106 line (equipotential line) from the Hv coil, and a dashed line represents the 3 KV air breakdown voltage 107 potential at 1 mm from the grounded core. When a transient or continuous voltage difference between Hv coil 104 and a low voltage electrical component results in an overlap of the electrical potential 106 (which in this example is 3 KV) and the air breakdown voltage 107 (which in this example is 3KV) on the bobbin surface, there may be locations on the outer surface of the bobbin where the electrical potential may be above air breakdown potential, and an arc may form. For example, when lightning strikes part of the electrical conductors connected to the transformer, a transient voltage difference may exceed 3 KV on the surface and an arc may form.
- [33] Reference is now made to FIG. 1B, which shows schematically a cross-section of another example of the bobbin 101 (of FIG. 1) without a partially conducting region, shown with electrical field lines 108. In this example, when the electrical field exceeds 3×10^6 V/m on the surface of bobbin 101, and bobbin 101 is surrounded by air, the air breakdown voltage is exceeded and a surface discharge may occur.
- [34] Reference is now made to FIG. 2A, which shows schematically a cross-section of an example bobbin 201 with a partially conducting region shown with 3 KV lines, although any other voltage lines may be used. The bobbin 201 may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device. The partially conducting region may be electrically connected using an electrical conductor 202 to a low electrical

potential component, such as a grounded magnetic core. In this figure, the bobbin material is manufactured from a partially conducting material, and as in FIG. 1, a solid line represents a 3 KV equipotential line 206 and a dashed line represents a 3 KV air breakdown voltage 207. The 3 KV equipotential line 206 and 3 KV air breakdown voltage 207 intersect inside the bobbin and/or molding material (such as a filler), and therefore the likelihood of arcing may be reduced.

- [35] Reference is now made to FIG. 2B, which shows schematically a cross-section of another example of the bobbin 201 (of FIG. 2) with a partially conducting region, shown with electrical field lines 208. In this example, the partially conducting region of the bobbin 201 may reduce or prevent the electrical field outside the bobbin, and thus the electrical field may not exceed 3×10^6 V/m on the surface of bobbin 201, and a surface discharge may be prevented or at least the possibility of a surface discharge reduced.
- [36] Reference is now made to FIG. 3, which shows schematically a cross-section of portion of an example bobbin with one or more partially conducting surfaces 301 and 302. The bobbin of FIG. 3 may be part of, for example, an electrical transformer or other component or device. Partially conducting surfaces 301 and 302 may be on an exterior surface (such as the surface 301 on the left side of the bobbin cross-section) and/or an interior surface (such as the surface 302 on the right side of the bobbin cross-section) of the bobbin. Each partially conducting surface (301 and 302) may have an electrical conductor (respectively, 303 and 304) that electrically connects each surface 301, 302, respectively, to a different (for instance, lower) electrical potential surface. Electrical conductor 303 and/or 304 may be partially conductive to the lower electrical voltage, such as using a series resistor and/or the like. For example, the series resistor of electrical conductor 303 may be different from serial resistor of electrical conductor 304. Electrical conductor 303 and/or 304 may also have one or more capacitors connected serially and/or in parallel, for example to provide different time constants to inner and outer partially conductive surfaces 301 and/or 302.
- [37] As in FIG. 2B, for example, the electrical field 308 strength in FIG. 3 (indicated with solid lines) may be reduced by the one or more partially conducting surfaces 301 and

302, thus reducing at least in part the electrical field on the surface of the bobbin and therefore the likelihood of arcing, surface discharges, and/or the like. The configuration of FIG. 3 may be used, including the surfaces 301/302 and/or the conductors 303/304, in any of the other embodiments described herein, such as the embodiments described with respect to FIGs. 1A, 1B, 2A, and 2B.

- [38] Reference is now made to FIG. 4, which shows schematically an exploded view of example electrical transformer assembly with an at least partially conducting bobbin 401. Bobbin 401 may be configured, for example, as any of the bobbins described herein with respect to FIGs. 1A, 1B, 2A, 2B, and 3. Bobbin 401 may comprise flanges 402 and 403, which may be shaped to substantially follow equipotential lines, and thus reduce the likelihood of surface discharges. An electrically isolated gap or other interrupting portion 404 in the partially conducting regions may limit or prevent eddy currents from forming in the region, as the partially conducting regions may not form a closed electrical path (such as a loop) completely around the magnetic field generated by the coil(s). As explained above, the interrupting portion may be empty, may be partially or fully filled with a material, may be embodied as an insulating sheet, and/or the like. The interrupting portion (such as the gap 404) may be incorporated into any of the embodiments described herein, such as the embodiments described with respect to FIGs. 1A, 1B, 2A, 2B, and 3. The electrically isolated gap or other interrupting portion 404 may be arranged along the direction of the magnetic field axis of the transformer, such as the transformer of FIG. 4.
- [39] Casting a transformer (such as the transformer of FIG. 4) entirely in an insulating material, such as epoxy, may insulate the transformer thermally, thereby raising the operational temperature and lowering the transformer's efficiency. Solutions for dissipating heat generated during operation of the transformer include incorporating thermal conduits through the bobbin to expel the heat. For example, a high voltage transformer operated to convert a total power may produce 0.2% percentage of the total power as heat (such as 200 watts of heat for a 100kW transformer) from the magnetic core. These solutions may require complicated and expensive heat conduction sub-systems, as well as increase manufacturing costs of the transformer itself. Arcs, sparks, and/or the like, formed within the transformer, may cause degradation of the insulation, further increasing the arc

formation, cracking of the magnetic core, oxidation of the magnetic core material, thereby lowering efficiency, and/or the like. Further complications of an insulation-cast transformer may include increased costs due to higher cost heat removal systems, lower yield due to mechanical stresses from insulation curing/cooling, increased weight of the transformer, and/or the like. Partial molding of the bobbin (such as any of the example embodiments of a bobbin described herein, including any of the bobbins described herein with respect to FIGs. 1A, 1B, 2A, 2B, 3, and 4), with materials and geometric design that limit the formation of arcs, sparks, and/or the like, may provide a solution to both thermal and electrical protection of the transformer.

- [40] The remainder of this description below, while not necessarily referring specifically to the figures, applies to all of the embodiments of a bobbin (and component or device containing the bobbin) as described herein, including but not limited to the bobbins, components, and devices described herein with respect to FIGs. 1A, 1B, 2A, 2B, 3, and 4. Thus, for example, when referring to a bobbin or transformer, the disclosure below is intended to refer to any of the bobbin or transformer embodiments described throughout this disclosure and with respect to all of the figures.
- [41] The electrical potential lowering on the bobbin surface may be provided by some or all of the bobbin material being partially conductive. For example, a partially conductive material may be used to produce bobbins. For example, the bobbin material may be a polymer, and a conductive additive may be added to produce a resistivity within a range that is sufficient to lower the electrical field, and preventing a surface potential from reaching the air breakdown voltage on the surface of the bobbin (such as at the air interface), but without producing unacceptable losses. For example, the bobbin may be covered with a partially conducting surface that has substantially equivalent resistivity to the ranges described above. Various partially conducting materials, additives, coatings, fabrics, films, and/or the like may be used to provide the partial conductivity/resistivity, depending on the desired properties of the bobbin. The bobbin may, for example, comprise a composite material where at least one of the component materials is partially conductive. As another example, the bobbin may comprise a homogenous material with an intrinsic and/or extrinsic partial conductivity, partial resistivity, or partial surface resistivity. As another example, the bobbin may comprise

a layered material structure where at least one of the layers has an intrinsic and/or extrinsic partial conductivity, partial resistivity, partial surface resistivity, and/or the like.

[42] For example, bobbin materials may be a matrix comprised of polymers, copolymers, thermosets, thermoplastic, and/or the like, such as polycarbonate (PC), polyether ether ketone (PEEK), polyamide, polypropylene (PP), polyphenylene sulfide (PPS), acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polybutylene terephthalate (PBT), polyethylene terephthalate (PET), polyphenylene oxide (PPO), polyphenylene sulfide (PPS), polyvinyl chloride (PVC), polyamide (Nylon), silicone, epoxy, acrylic, any combinations thereof, and/or the like. The partial conductivity of the bobbin matrix may be intrinsic and/or extrinsic by the addition of partially conducting particles.

[43] For example, intrinsic conductivity of an organic polymer may be adjusted by doping with a suitable element and/or material. For example, intrinsically conducting polymers (ICPs) may be organic polymers, polycyclic aromatic compounds, and/or the like, that conduct electricity and the conductivity of conducting polymers may be fine-tuned using methods of organic synthesis, by advanced dispersion techniques, and/or the like. Polyaniline, polypyrrole, polyacetylene, polyphenylene vinylene, polythiophene, polyphenylene sulfide, polyindole, poly(p-phenylene vinylene), poly(3-alkylthiophenes), and/or the like. The following is a table listing further examples of conducting polymers. The listing of conducting polymers in this disclosure, including Table 1 below, is not intended to be an exclusive or limiting list of conducting polymers that can be used.

TABLE 1: Example Conducting Polymers

The main chain contains	Heteroatoms present		
	No heteroatom	Nitrogen-containing	Sulfur-containing
Aromatic cycles	poly(fluorene)s polyphenylenes polypyrenes polyazulenes polynaphthalenes	N is in the aromatic cycle: poly(pyrrole)s polycarbazoles polyindoles polyazepines N is outside the aromatic cycle: polyanilines	S is in the aromatic cycle: poly(thiophene)s poly(3,4-ethylenedioxythiophene) S is outside the aromatic cycle: poly(p-phenylene sulfide)
Double bonds	poly(acetylene)s		
Aromatic cycles and double bonds	poly(p-phenylene vinylene)		

[44] Testing of a bobbin may determine that one or more of the features as described herein are incorporated in the bobbin. For example, visual examination of bobbin geometry (such as the presence of a slot, gap, particular wall thickness, particular flange shape, and/or the like) may be used to determine when some features are incorporated into a transformer and/or bobbin. For example, resistivity testing of bobbin material, such as 4-point testing, ASTM D 257, ASTM B193-16, ASTM F1529-97, ASTM F390 – 11, and/or the like (depending on the material under test) may reveal that various features as described herein are present. Additional testing may further indicate the presence of certain features, such as by conducting X-ray diffraction for detecting conducting or partially conducting additive in matrix, mass spectroscopy, and/or the like.

[45] The volume resistivity (or the equivalent sheet resistivity) of a bobbin material may be adjusted to a value, for example, in the range from 0.3 ohm-meter (ohm·m) to 10 ohm·m using conductive additives, such as carbon black particles/powder, carbon nanotubes,

carbon fibers, carbon particles, metallic particles, semi-metallic particles, coated particles, Cu coated alumina particles, and/or the like. As another example, the volume resistivity (or the equivalent sheet resistivity) may be adjusted, such as increased or decreased, to be in the range from 0.1 ohm·m to 100 ohm·m, depending on the bobbin geometry. Two or more additives may be used to improve the performance and resistivity of polymeric materials. The additive mixture composites may be produced by dispersing fillers (such as additives) homogeneously and/or gradually in the host matrix polymer at certain percentages, such as according to weight (wt. %), volume (vol. %), atomic fraction, mole fraction, and/or the like. The tolerance of the bobbin material resistivity may be in the range of ± 50 -100% of the resistivity value. For example, the line frequency of 50-60 Hz may be considered quasi-static, thus the mobility of charges may be associated with an intermediate conductivity. On the other hand, a low resistivity may result in increased transformer losses, such as from heat generation, eddy currents, and/or the like, and thus a higher resistivity value may improve the efficiency of the transformer. The base polymer matrix may be modified by the addition of other fillers and/or additives to modify other properties of the bobbin, such as mechanical properties, high temperature durability, UV durability, impact resistance, thermal properties, flame retardancy, etc.

- [46] The sheet resistivity of a coating on at least part of the bobbin surface (such as the surfaces 303 and/or 304) may have a range from 0.1 ohm/sq to 100 K-ohm/sq using a coating, a partially conductive film, a metallized or metal plated film, metallic laminated polymeric film, a paint layer, a fabric, a surface treatment, and/or the like. The coating may be applied using various techniques, such as by dipping, spraying, evaporation, extrusion, electrochemically, plating, deposition, and/or the like.
- [47] For example, a coating of a modified phenolic resin with a partially conductive filler producing a surface resistivity of 3 K-ohm/sq and thickness of 10 micrometers may be used to prevent arcing between the bobbin surface and the magnetic core. As another example, a shrink fit tubing and/or film may be used to provide a sheet resistivity to the bobbin. As another example, a film of partially conductive material may be constructed with outer insulating layers and the film is formed to cover the one or more flanges of the bobbin. For example, when the film is wrapped around the bobbin flange (such as flanges 402 and/or 403), there may be an overlap of the film when applied around the bobbin flange such that

complete coverage of a partially conducting surface is provided, but a closed loop of partially conductive material is prevented around the circumference of the bobbin, thus preventing eddy currents. For example, the width of the insulating layer of the film may be greater than the width of the partially conductive material, thus when the film is wrapped, the conducting layer is overlapping.

- [48] Electrical field grading materials may be used to reduce the electrical stress and may prevent a high electrical potential from developing on the bobbin surface. For example, adding particles of ZnO microvaristors and/or the like to the bobbin materials may reduce the electrical stress (such as the electrical potential) on the surface of the bobbin as a non-linear function of the electrical field strength. Thus, the particles may reduce the likelihood of, or even prevent, high electrical fields from reaching the surface of the bobbin, but low electrical fields may “see” high resistance, reducing losses. For example, varistor particles incorporated into the bobbin material may prevent arcing from momentary over-voltages on the input conductors, such as voltage spikes.
- [49] In further examples, a combination of conducting and varistor micro-particles may be used in the bobbin materials to provide both steady state and transient arc protection.
- [50] A mold insert may be incorporated into the bobbin during formation within a mold, such as a partially conducting or conducting mesh, sheet, and/or the like. For example, the partially conducting insert may be limited to the at least one flange following the locations where charges are formed on the bobbin surface, thus limiting the electrical field strength at these locations selectively. For example, the at least one flange may comprise a mold insert of a partially conducting material that has a protruding wire for a ground electrical connection.
- [51] Sheet resistivity of the partially conducting material may be in the range of, for example, 0.1 to 100 ohm·m, or 0.1 to 100 K-ohm/sq. Among other factors, the resistivity may depend on the frequency or time rate-of-change of the electrical fields, so that charges are able to move freely enough to reorient themselves as fast as the field changes. The charge movements may allow cancellation of the external electrical fields, at least in part. On the other hand, the more conductive the material, the higher the losses of the transformer may be and the lower the efficiency may be. The efficiency loss due to the bobbin material

conductivity may change as a function of the resistivity according to a rule in the range of values discussed herein, such as a linear relationship rule, a power relationship rule, an exponential relationship rule, an n-th order polynomial relationship rule, and/or the like.

- [52] The primary and secondary coils may comprise both a DC voltage relative to ground, and an AC voltage from the switching frequency. The line input and output coils may be isolated and thus may have a high voltage relative to ground or to a lower voltage electrical component. For example, the Hv coil may have a voltage of 50 KV relative to the voltage of the magnetic core, such as during a lightning strike near the transformer. For example, the Hv coil may have a voltage of 50 KV relative to the voltage of the magnetic core, and produce an electrical field greater than 3×10^6 V/m on a solid-air interface of the bobbin, transformer, power supply, and/or the like, and a surface discharge may occur.
- [53] The bobbin may comprise low voltage coils wound around the bobbin, an insulating layer, a second bobbin, high voltage coils, and/or the like. The geometry of the bobbin, transformer, the coil winding directions, the coil winding shapes, and/or the like may influence the electrical field strengths generated on air/surface interfaces, between interfaces and low voltage electrical components, and/or the like. For example, a circular winding configuration of an Hv coil around a square magnetic core may produce higher electrical fields at the interface between the corners of the square and the nearest coil loops.
- [54] As the surface of the bobbin acts as the anode during an arc discharge, the further the bobbin surface and/or coil geometry is from the grounded electrical component (or low voltage electrical component), the less chance that an arc may form.
- [55] The one or more flanges (e.g., flanges 402 and/or 403) of a bobbin may substantially follow the shape of an equipotential line of the electrical field between the Hv coil and a ground plane. For example, the flanges may substantially follow a Rogowski profile, a Borda profile, a Bruce profile, a Cheng profile, an Ernst profile, and/or the like. By substantially following an equipotential line, an electrical field between the Hv coils and the flange may be more uniform.
- [56] Isolating and bobbin materials may be selected to have similar relative permittivity values, thus reducing the likelihood of electrical field effects at the material interfaces. For example, the bobbin may be manufactured from a polyester resin with relative permittivity

of 3.59, and the isolating filler may be an epoxy resin with a relative permittivity of 3.6. The selection of the materials' relative permittivity may allow further modification of the electrical field on an air-solid interface between the Hv coil and a lower potential electrical component, such as the magnetic core.

- [57] The core of a transformer may be formed from a ferromagnetic material, such as iron, laminated silicon steel, alloys, amorphous metal, powdered metals, carbonyl iron, hydrogen-reduced iron, molypermalloy, ceramics, etc. In some applications, the core may be an air core.
- [58] The core may be constructed using various structures. The core may be constructed, for example, as a single component, or may be formed by fitting together (e.g., stacking) various core components (e.g. "C", "U", "E" or "I" core elements).
- [59] The switching of the primary or secondary power supply electronics may affect the electrical potential developed on the high voltage coil relative to a lower voltage electrical component.
- [60] The line frequency, such as a higher line frequency, may affect the choice of material resistivity values for the partially conducting region and may require higher charge mobility and hence lower resistivity. For example, a 60-Hz line frequency may require higher charge mobility and lower resistivity compared to a 50-Hz line frequency.
- [61] The resistivity of the partially conductive region of the bobbin may be adjusted to prevent electrical fields from a transient over-voltage, such as a voltage spike and/or the like, from reaching the breakdown voltage of a surrounding insulator. For example, the resistivity of the partially conducting material may be adjusted so that the time constant for the capacitive and resistive properties of the bobbin and insulation are between 0.1 nano-second and 0.1 second.
- [62] The frequency differences between the switching frequencies of the primary and secondary stages of a power supply may affect the resistivity values of the partially conducting region.
- [63] Table 2 below is a table of example partially conducting materials. The listing of partially conducting materials in this disclosure, including Table 2 below, is not intended to be an exclusive or limiting list of partially conducting materials that can be used.

TABLE 2: Example Partially Conducting Materials

Type	Company	Product	Base material
Plastic/Resin (injection molding)	PREMIX	PRE-ELEC® TP 16514	Carbon black filled polypropylene
	SHAKUN POLYMERS	SP-SCXL-8888-R and SP- SCXL-8888-H	Cross-linker with carbon black
	LOTTE	HA-3203	PC/GF
	ENSINGERPLASTICS	TECAPEEK ELS NANO BLACK	PEEK
	ASAHI-KASEI	NA	XYRON®/polyamide
Tape	CHANGCHUN HUICHENG APPLIED CHEMISTRY NEW MATERIALS	T8828 ELECTRICAL SEMI-CONDUCTIVE TAPE	Not mentioned from TDS
	3M	SCOTCH ELECTRICAL SEMI-CONDUCTING TAPE 13	Ethylene Propylene Rubber (EPR) with conductive particles
	VONROLL	CORONASHEILD® SC 217.02	Woven polyester fabric impregnate with semi- conductive varnish
	WOER HEAT- SHRINKABLE MATERIAL	SEMI-CONDUCTIVE TUBE WRSBG	thermally stabilize cross linked semi-conductive Polymeric material
Coating	VONROLL	CORONASHIELD® P 8001	Modified phenolic resin with a semi conductive filler
	SHAKUN	SP-PESC-566	

- [64] Here, as elsewhere in the specification and claims, ranges can be combined to form larger ranges.
- [65] Specific dimensions, specific materials, specific ranges, specific resistivities, specific voltages, specific shapes, and/or other specific properties and values disclosed herein are example in nature and do not limit the scope of the present disclosure. The disclosure herein of particular values and particular ranges of values for given parameters are not exclusive of other values and ranges of values that may be useful in one or more of the examples disclosed herein. Moreover, it is envisioned that any two particular values for a specific parameter stated herein may define the endpoints of a range of values that may be suitable for the given parameter (for example, the disclosure of a first value and a second value for a given parameter can be interpreted as disclosing that any value between the first and second values could also be employed for the given parameter). For example, if Parameter X is exemplified herein to have value A and also exemplified to have value Z, it is envisioned that parameter X may have a range of values from about A to about Z. Similarly, it is envisioned that disclosure of two or more ranges of values for a parameter (whether such ranges are nested, overlapping or distinct) subsume all possible combination of ranges for the value that might be claimed using endpoints of the disclosed ranges. For example, if parameter X is exemplified herein to have values in the range of 1-10, or 2-9, or 3-8, it is also envisioned that Parameter X may have other ranges of values including 1-9, 1-8, 1-3, 1-2, 2-10, 2-8, 2-3, 3-10, and 3-9.
- [66] In the description of various illustrative features, reference is made to the accompanying drawings, which form a part hereof, and in which is shown, by way of illustration, various features in which aspects of the disclosure may be practiced. It is to be understood that other features may be utilized and structural and functional modifications may be made, without departing from the scope of the present disclosure.
- [67] Terms such as "multiple" as used in this disclosure indicate the property of having or involving several parts, elements, or members.
- [68] It may be noted that various connections are set forth between elements herein. These connections are described in general and, unless specified otherwise, may be direct or

indirect; this specification is not intended to be limiting in this respect, and both direct and indirect connections are envisioned. Further, elements of one feature in any of the embodiments may be combined with elements from other features in any of the embodiments, in any combinations or sub-combinations.

- [69] All described features, and modifications of the described features, are usable in all aspects of the inventions taught herein. Furthermore, all of the features, and all of the modifications of the features, of all of the embodiments described herein, are combinable and interchangeable with one another.

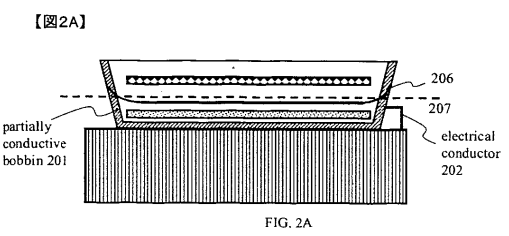
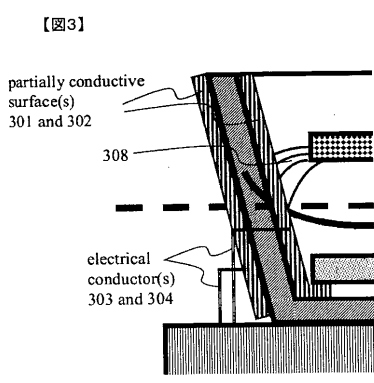
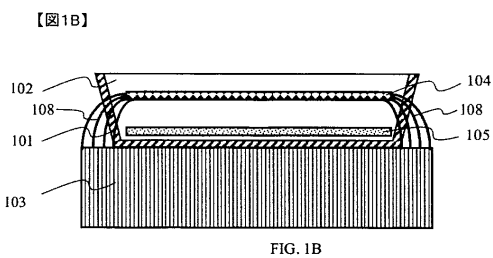
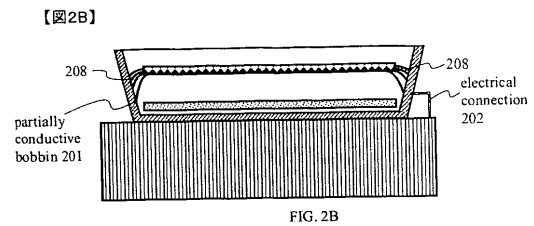
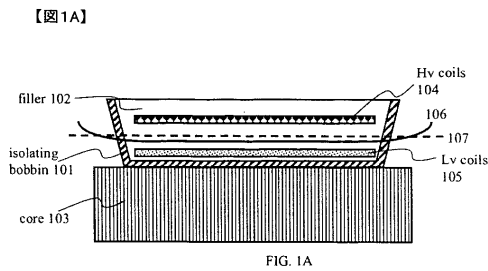
CLAIMS

1. A bobbin comprising:
a shell comprising an inner cavity; and
at least one flange, wherein the at least one flange extends, at least in part, radially away from the inner cavity, and wherein the at least one flange comprises a region of partial conductivity.
2. The bobbin of claim 1, wherein the shell comprises a hollow shell or a cylindrical shell.
3. The bobbin of any preceding claim, wherein the at least one flange is shaped to substantially follow, at least in part, an equipotential line of an electrical field created from a voltage difference between a low voltage component and an electrical coil wound around the shell.
4. The bobbin of any preceding claim, wherein the region of partial conductivity corresponds to an electrical field strength exceeding a breakdown voltage of an insulator located in a space between the at least one flange and a low voltage component.
5. The bobbin of claim 4, wherein the low voltage component is a grounded component or a leg of at least one magnetic core.
6. The bobbin of any preceding claim, further comprising a material with a volume resistivity value equivalent to a partial conductivity of the region of partial conductivity.
7. The bobbin of any preceding claim, further comprising at least one magnetic core, wherein the inner cavity substantially surrounds a leg of the at least one magnetic core.

8. The bobbin of any preceding claim, wherein the shell comprises an outer surface substantially shaped as a circle, an oval, a square, a rectangle, a polygon with rounded corners, or a polygon.
9. The bobbin of any preceding claim, wherein the region of partial conductivity comprises a sheet resistivity in a range between 0.1 ohm/square and 1 mega-ohm/square.
10. The bobbin of any preceding claim, wherein the region of partial conductivity is electrically connected to a low electrical potential or an electrical ground.
11. The bobbin of any preceding claim, wherein the region of partial conductivity comprises an insulating gap extending from a first edge of the region to a second edge of the region.
12. The bobbin of any of claims 1-10, further comprising an electrically isolating gap transecting the region, wherein the electrically isolating gap prevents the region from forming a closed electrical connection encircling the magnetic core.
13. The bobbin of claim 12, wherein the electrically isolating gap is arranged along a direction of a magnetic field axis of a transformer that comprises the bobbin.
14. An electrical transformer or inductor comprising the bobbin of any of the preceding claims.
15. A high-voltage power supply and/or inverter comprising the bobbin, inductor, or transformer of any of claims 1-14.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

A bobbin, which may comprise a hollow cylindrical shell, wherein the hollow cylindrical shell may define or otherwise comprise an inner cavity. The bobbin may comprise one or more flanges located near an end of the hollow cylindrical shell, wherein the flange(s) extends, at least in part, radially away from the inner cavity, wherein the flange(s) comprises a region of partial conductivity.



【図4】

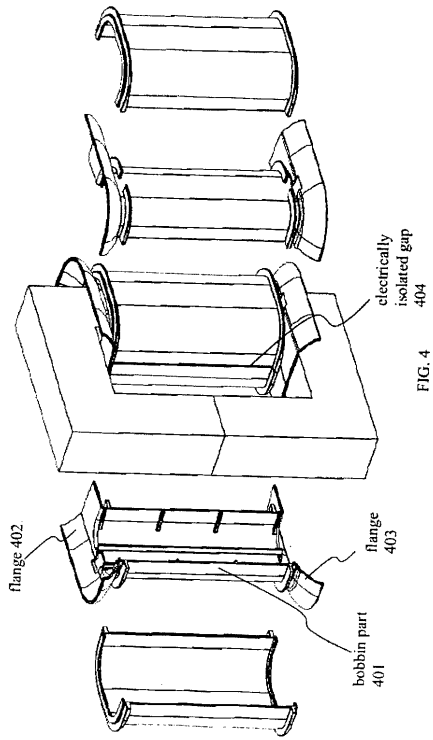


FIG. 4