

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 11 月 3 日 (03.11.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/104146 A1

(51) 国際特許分類⁷: H01F 27/36, A61N 1/40, H05B 6/36

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/007722

(22) 国際出願日: 2005 年 4 月 22 日 (22.04.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-128515 2004 年 4 月 23 日 (23.04.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人科学技術振興機構 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号 Saitama (JP). 有

限会社 金沢大学ティ・エル・オー (KANAZAWA UNIVERSITY TECHNOLOGY LICENSING ORGANIZATION LTD.) [JP/JP]; 〒9201192 石川県金沢市角間町ヌ 7 番地 金沢大学内 Ishikawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長野 勇 (NAGANO, Isamu) [JP/JP]; 〒9218115 石川県金沢市長坂 1 7 - 3 0 Ishikawa (JP). 池畑 芳雄 (IKEHATA, Yoshio) [JP/JP]; 〒9200022 石川県金沢市北安江 1 - 6 - 1 9 - 7 0 2 Ishikawa (JP).

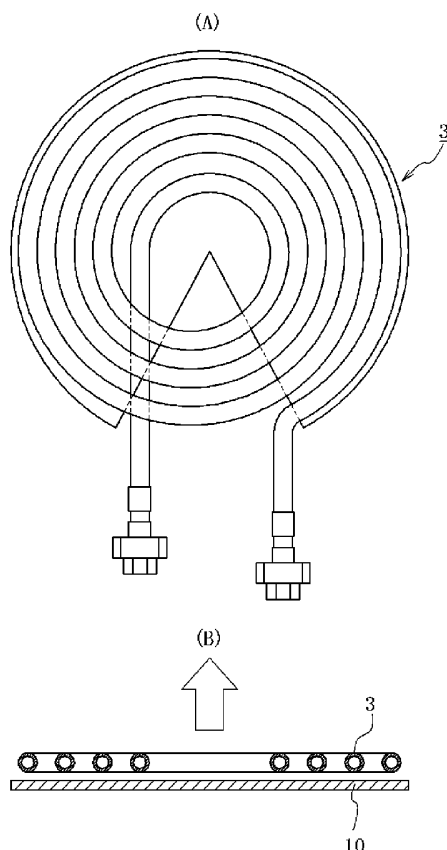
(74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 2 番 4 号 霞山ビルディング 7 F Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

/ 続葉有 /

(54) Title: MAGNETIC FIELD GENERATING APPARATUS

(54) 発明の名称: 磁界発生装置



(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide a magnetic field generating apparatus wherein an energy loss is remarkably reduced. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] A magnetic field generating apparatus is provided with a coil (3) and a resonant capacitor (4) on a secondary side of a transformer (1), and the coil (3) is supplied with a high-voltage large current. The coil (3) is a pan-shaped coil, and is provided with high-permeability core plates (10, 11) on a coil plane side whereupon a magnetic field is generated to an affected area and on the opposite side. By providing these core plates (10, 11), a magnetic resistance of a magnetic flux generated on the opposite side, which is not conventionally required, is remarkably reduced, a magnetic field formed toward the affected area can be remarkably increased, and an energy loss can be reduced. Furthermore, entering of the magnetic field into a space on a lower side of the coil is eliminated and a degree of freedom in space use is increased.

(57) 要約: [課題] エネルギー損失が大幅に低減された磁界発生装置を実現する。[解決手段] 本発明による磁界発生装置は、トランス(1)の2次側に設けたコイル(3)と共振コンデンサ(4)とを有し、コイル(3)に高電圧の大容量電流を供給する。コイル(3)はパン型コイルとし、コイル面の患部に向けて磁界を発生する側と反対側に高透磁率のコアプレート(10,11)を設ける。このコアプレート(10,11)を設けることにより、従来不要であった反対側に生ずる磁束の磁気抵抗が大幅に小さくなり、患部に向けて形成される磁界を大幅に増大することができる。エネルギー損失を低減することができる。さらに、コイルの下側の空間内への磁界の回り込みが消滅し、空間利用の自由度も増大する。



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

磁界発生装置

技術分野

- [0001] 本発明は、誘導加温治療器に用いられる磁界発生装置に関し、特に、エネルギー損失が大幅に低減された磁界発生装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 癌の治療方法として、温熱療法(ハイパーサーミア法)が研究されている。この温熱療法は、癌細胞又は癌組織が正常細胞よりも熱に対して弱い性質を利用したものであり、癌の患部を例えば43℃前後で一定時間加温することにより、癌病巣だけを壊死させる治療方法である。この温熱療法では、デキストラン又はその誘導体と磁性酸化鉄との複合体のような磁性流体の水性ゾルを患部に注入し、外部から強力な磁場を与えて癌の病巣だけを選択的に加熱している(例えば、特開2002-360712号公報参照)。
- [0003] 患者の患部に注入された磁性体を誘導加熱するためには、磁界発生装置を用いて外部から患部に向けて強力な磁束を照射する必要がある。この誘導加熱に好適な磁界発生装置として、トランスの2次側に磁界発生用のコイルと共振コンデンサとの直列共振回路を接続し、磁界発生コイルに高周波数の大電流を流して強力な磁界を発生させている。コイルから発生する磁界の強度は、コイル面からの距離に応じて低下するため、患部に対して磁界発生源をできるだけ近接させることが望ましい。このため、磁界発生手段であるコイルとして、同一平面(コイル面)内にスパイラル状に電流路が形成されたパン型のコイルが用いられている。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 磁界発生源としてパン型コイルを用いた場合、コイル面をはさんで両側に磁界が発生し、一方の側に患部が位置するため、他方の側に形成される磁界は全く使用されないことになる。従って、発生する磁界のうち半分の磁界しか使用されないため、エネルギー的に大きな損失となってしまう。また、パン型コイルの他方の側に形成される磁

界は関連する機器に対して障害となるため、空間的に有効利用が図れない不具合も生じている。

[0005] 従って、本発明の目的は、エネルギー損失を大幅に低減した磁界発生装置を提供することにある。

さらに、本発明の別の目的は、磁界発生用のコイル付近の空間を有効利用できる磁界発生装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明による磁界発生装置は、変圧器の2次側に接続した磁界発生用のコイルと共振コンデンサとの直列共振回路を具え、前記磁界発生用のコイルは、コイル面をスパイラル状に延在する電流路を有するパン型コイルにより構成し、該パン型コイルのコイル面の一方の側に、パン型コイルの最外径に等しいか又はそれ以上の外径を有する高透磁率材料の第1のコアプレートと、該第1のコアプレートからみて前記パン型コイルの側とは反対側に、空間的に離間して高透磁率材料の第2のコアプレートとを設けたことを特徴とする。

[0007] 磁界発生手段としてパン型コイルを用いた場合、コイル面の両側に向けて磁界が発生し、一方の側の磁界は不要なものとなってしまう。そこで、本発明では、パン型コイルの患部に対向する側の反対側に磁路を形成する高透磁率材料のコアプレートを2つ配置する。これらのコアプレートは、例えばフェライトにより構成することができ、フェライトのコアプレートを配置することにより、コイル面と反対側には磁気抵抗の極めて小さい磁路が形成されるので、パン型コイルから発生する磁束が大幅に増強され、この結果患部に向けて形成される磁界強度を大幅に高くすることができる。

[0008] また、第1のコアプレートの外径をパン型コイルの外径寸法よりも大幅大きくした場合、パン型コイルの下側に回り込む磁界をほぼ零にすることができる。しかし、この場合、コイル面と並行な横方向の寸法が大きくなり過ぎてしまい、コイル付近の空間に関して設計上の制約が生じてしまう。そこで、本発明では、空間間的に離間して2枚のコアプレートを配置する。このように構成することにより、横方向の寸法が大きくなることなく、患部とは反対側に形成される磁界を一層大幅に低減することができる。

[0009] 本発明による磁界発生装置の好適実施例は、第1のコアプレート又は第2のコアプ

レートに、前記パン型コイルのコイル面と直交する方向に延在する高透磁率材料の周縁脚部を設け、コアプレートの下側空間内に磁界が進入するのを防止したことを特徴とする。コアプレートに周縁脚部を設けることにより、下側空間における磁界の回り込みを大幅に低減することができるので、下側空間内に各種電子機器を配置することができ、この結果パン型コイルの下側空間を有効利用することができる。

[0010] 本発明による磁界発生装置の別の好適実施例は、第1又は第2のコアプレートと周縁脚部とにより包囲される空間内に、前記共振コンデンサを配置したことを特徴とする。磁界発生用のコイルと共振コンデンサとの直列回路には、高圧の大電流が流れるため、コイルとコンデンサとの間の接続経路が長い場合、当該接続経路におけるエネルギー損失が大きくなってしまう。そこで、本発明では、コアプレートに周縁脚部を設けてコイルの下側に磁界のほとんど無い空間を形成し、当該空間内に共振コンデンサを配置する。この場合、コイルと共振コンデンサとを最短距離で接続できるので、接続路におけるエネルギー損失を大幅に低減することができる。

[0011] 本発明による磁界発生装置の別の好適実施例は、第1のコアプレートのほぼ中央部に、前記パン型コイルの最内周電流路により規定される内側空間内に突出するように中心コアを設け、当該中心コアを高透磁率の材料で構成し、前記パン型コイルにより発生した磁束が、パン型コイルの内周側において前記中心コアを通過するように構成したことを特徴とする。パン型コイルの場合、形成される磁界は、コイルの内周中心に位置する中心点からコイルの外側を経て再びコイルの中心に戻るように形成される。一方、本発明者が種々の解析を行った結果、パン型コイルの内周側において、磁束の一部が最内周の電流路と鎖交してしまい、最内周側の電流路を構成する金属部分が異常に昇温することが判明した。この課題を解決するため、本発明では、第1のコアプレートの中心部に、コイルの最内周の電流路により規定される内側空間内に突出する高透磁率材料の中心コアを設ける。この中心コアを設けることにより、コイルの中心部付近を通過する磁束の大部分が中心コアを通り、電流路と鎖交する磁束を大幅に低減することができる。この結果、エネルギー的損失が軽減されると共にコイルの異常加熱を防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明による磁界発生装置の回路構成を示す図である。
- [図2]本発明による磁界発生装置のコイル部分を示す平面図及び断面図である。
- [図3]本発明による磁界発生装置の変形例を示す図である。
- [図4]本発明による磁界発生装置の別の変形例を示す図である。
- [図5]本発明による磁界発生装置の別の変形例を示す図である。
- [図6A]コアプレート半径と磁界強度の関係を示す図である。
- [図6B]図6Aにおける測定点120mmのグラフである。
- [図7A]コイル／コアプレート間距離と磁界強度の関係を示す図である。
- [図7B]図7Aにおける測定点120mmのグラフである。
- [図8A]コアプレートの厚みと磁界強度の関係を示す図である。
- [図8B]図8Aにおける測定点120mmのグラフである。
- [図9A]コアプレートの間隔と磁界強度の関係を示す図である。
- [図9B]図9Aにおける測定点120mmのグラフである。

発明を実施するための最良の形態

- [0013] 図1は、本発明による磁界発生装置の回路構成を示す図である。半導体スイッチング素子で構成されるインバータ回路2は、トランス1の1次側に接続され、所定の周波数の交流出力を発生する。磁界発生手段であるコイル3及び共振コンデンサ4を直列接続して構成される共振回路は、トランス1の2次側に接続されている。尚、交流出力は、2次側の直列共振回路の共振周波数にほぼ等しい周波数に設定する。そして、この磁界発生装置は、電磁誘導作用により1次側から2次側へエネルギーを伝達し、コイル3から交流磁界を発生させ、患者の患部に磁束を照射する。2次側のコイル3には、例えば数100kHzの周波数で、5kVで300Aの電流が供給される。一例として、コイル3としてインダクタンスが4 μ Hのものを用いることができ、共振コンデンサ4として、耐圧が1000Vで0.04 μ Fのコンデンサを5個直列に接続したものを3列並列に接続したコンデンサ回路を用いることができる。
- [0014] 図2は、磁界発生コイルの一例を示す平面図及び断面図である。本発明では、磁界発生コイルとして、ほぼ同一平面内(コイル面内)にスパイラル状に形成した電流路を有するパン型のコイルを用いる。このパン型のコイル3は、銅製の中空パイプと、

この中空パイプの外周に配列され、外周が絶縁性材料で被覆された複数の導線とにより構成され、パイプの内部に冷却材、例えば水を供給して冷却能力が与えられる。尚、銅パイプの外側は絶縁材料により被覆する。

[0015] パン型のコイル3においては、コイル面の両側に向けて磁界が発生する。しかし、患部に供給される磁界は一方の側から発生する磁界だけであるため、他方の側に形成される磁界は不要なものとなってしまう。すなわち、コイル3から発生する磁界の半分の磁界はエネルギー的に損失してしまう。そこで、本例では、図2(B)に示すように、コイル3から患部に向けて磁界が供給される側とは反対側に、例えばフェライトのような高透磁率材料のコアプレート10をコイル面に対してほぼ並行に配置する。コアプレート10の外径は、コイル3の最外周の径に等しいか又はそれ以上とする。高透磁率材料のコアプレート10の磁気抵抗は空気に比べてはるかに小さいため、反対側(図面上、上向き)すなわち患部に向けて供給される磁界が一層増大し、エネルギー的な損失を大幅に軽減することができる。さらに、コイル3の図面下側の磁束はコアプレート10を通ることになり、コアプレート10は磁気シールドの効果を発揮し、コイル3の下側空間に磁界が形成される不具合を解消することができる。この結果、コイル3の下側空間内に共振コンデンサ等の種々の素子を配置することができ、周囲の装置や作業員への磁界の影響が少なくなる。

[0016] 図3は、本発明による磁界発生装置の変形例を示す断面図である。本例では、第1のコアプレート10から空間的に離間して第2のコアプレート11が配置される。第1のコアプレート10の外径がコイル3の外径に比べて大幅に大きい場合、コアプレート10の下側空間への磁界の回り込みをほぼ消滅させることができる。しかし、コアプレート10の外径を大きくすると、磁界発生装置の横方向に占める空間が大きくなり過ぎてしまう。そこで、本例では、第1のコアプレート10の外径はコイル3の外径よりも若干大きいものに設計し、第1のコアプレート10に空間的に離間して第2のコアプレート11を配置する。このように、2枚のコアプレート10, 11を配置することにより、シールド効果が一層高くなり、コアプレート10, 11の下側に回り込む磁界を大幅に消滅させることができる。

[0017] 図4は、本発明による磁界発生装置の別の変形例を示す。本例では、第2のコアプ

レート11に高透磁率材料の周縁脚部11aが設けられ、第2のコアプレート11の下側空間の横方向におけるシールドをほぼ完全なものとする。このように、コアプレート11に高透磁率材料の周縁脚部11aを設けることにより、磁気シールド効果が一層増大し、コアプレートの下側空間内に回り込む磁界をほぼ完全に消滅させることができる。この結果、当該空間内に共振コンデンサを配置することが可能になる。コイル3と共振コンデンサ4との間の接続導線には大容量の電流が流れるため、このコイル3と共振コンデンサ4との間の接続距離が長くなるにしたがってエネルギー的な損失も増大する。従って、磁界発生コイル3の下側空間内にコアプレートを挟んで共振コンデンサ4を配置することにより、コイル3と共振コンデンサ4との間の接続距離を大幅に短縮することができ、この結果エネルギー損失を一層低減することができる利点が達成される。尚、高透磁率の周縁脚部11aは、第2のコアプレート11ではなく、第1のコアプレート10に直接設け、第2のコアプレート11を取り除くことも可能である。この場合でも、コイル3から発生した磁界の回り込みを軽減することができる。

[0018] 図5は、本発明による磁界発生装置の別の変形例を示す。本例では、第1のコアプレート10の中央に高透磁率材料の中心コア10aが設けられる。本発明者がコイルの温度分布を測定した結果、中心コア10aが存在しない場合、コイル3の最内周の電流路だけが異常に高温になることが判明した。この実験結果について解析した結果、コイル3の内周側を通る磁束が最内周の電流路を構成する銅パイプの一部と鎖交し、誘導加熱されたものと考えられる。従って、最内周の銅パイプに近接するように高透磁率材料の中心コア10aを設けることにより、コイル3の内周側を通る磁束の大部分が中心コア10aを通ることになり、銅パイプの誘導加熱を防止することができる。

[0019] 次に、本発明による磁界発生装置における磁界強度の測定結果を示す。図6Aは、コアプレート半径と磁界強度の関係を示す図である。これは、図2に示したように、コアプレートをコイル面に対してほぼ並行に配置した場合に、コイル面からみてコアプレートが配置された側とは反対側(患部側)の測定点(mm)における磁界強度(mT)を示している。具体的には、コイルの半径を100mm、導線の直径を5mmとし(すなわち、導線を含むコイルの半径は105mmとなる)、コアプレート半径を0, 90, 100, 105, 110, 115, 120mmとした場合の、測定点0, 10, ..., 120における磁界強

度を示している。ここで、測定点とは、コイルの中心からの垂線の距離をいい、コアプレートが存在しない患部側をプラス、コアプレートが存在する側をマイナスとする。図6Bは、図6Aにおいて、コアプレート半径と、測定点120mmにおける磁界強度との関係を示すグラフである。図6A及び図6Bによれば、コアプレート半径が導線を含むコイルの半径105mmと同一のときに、磁界強度が最大になっていることがわかる。この測定結果から、コアプレートの半径が導線を含むコイルの半径(具体的にはコイルの半径に導線の直径を加えた値)と同一のときに、効率よく磁界を患部に供給することができる。

[0020] 図7Aは、コイル／コアプレート間距離(コイルとコアプレートとの間の距離)と磁界強度の関係を示す図である。これは、図2に示したように、コアプレートをコイル面に対してほぼ並行に配置した場合に、コイル面からみてコアプレートが配置された側及びその反対側(患部側)の測定点(mm)における磁界強度(mT)を示している。具体的には、コイルの半径を100mm、導線の直径を5mm(すなわち、導線を含むコイルの半径は105mmとなる)、コアプレート半径を105mm(すなわち、導線を含むコイルの半径と同一の値)、コイル／コアプレート間距離を0.5, 3, 5, 10mmとした場合の、測定点0, 10, ..., 120における磁界強度を示している。図7Bは、図7Aにおいて、コイル／コアプレート間距離と、測定点120mmにおける磁界強度との関係を示すグラフである。図7A及び図7Bによれば、コイル／コアプレート間距離が短いほど磁界強度が大きくなっていることがわかる。距離が0のときに磁界強度が最も大きくなるが、実際はコイルとコアプレートとを絶縁するためのスペースが必要になる。このため、実用的なコイル／コアプレート間距離は、絶縁距離を確保した最小限の距離、すなわち3mm～5mmの範囲とするのが好ましい。したがって、コイル／コアプレート間距離を3mm～5mm程度にすることにより、コイルとコアプレートとを絶縁すると共に、効率よく磁界を患部に供給することができる。

[0021] 図8Aは、コアプレートの厚みと磁界強度の関係を示す図である。これは、図2に示したように、コアプレートをコイル面に対してほぼ並行に配置した場合に、コイル面からみてコアプレートが配置された側とは反対側(患部側)の測定点(mm)における磁界強度(mT)、及び、コアプレートが配置された側の測定点(mm)における磁界強度

(mT)、並びに、反射効率とシールド効果との比率を示している。具体的には、コイルの半径を100mm、導線の直径を5mm(すなわち、導線を含むコイルの半径は105mmとなる)、コアプレート半径を105mm(すなわち、導線を含むコイルの半径と同一の値)、コイル／コアプレート間距離を3mm、コアプレートの厚みを5, 10, 15, 20mmとした場合の、測定点0, 10, ..., 120, -10, -20, ..., -120における磁界強度を示している。測定点0, 10, ..., 120の磁界強度は、反射効率を示しており、測定点-10, ..., -120(コアプレート5mmの場合)、測定点-20, ..., -120(コアプレート10, 15mmの場合)、測定点-30, ..., -120(コアプレート20の場合)の磁界強度は、シールド効果を示している。図8Bは、図8Aにおいて、コアプレートの厚みと、測定点120mmにおける磁界強度との関係を示すグラフである。図8A及び図8Bによれば、反射効率は、コアプレートの厚みが10mm~20mmの場合にほぼ一定であり、10mmよりも小さい場合に低下していることがわかる。これに対し、シールド効果は、コアプレートの厚みが10mm~20mmの場合にほぼ一定であり、10mmよりも小さい場合に良くなっていることがわかる。また、反射効率とシールド効果との比率は、コアプレートの厚みが10mm~20mmの場合の方が10mmよりも小さい場合に比べて高くなっていることがわかる。このため、コアプレートの厚みは、10mm~20mmの範囲とするのが好ましい。したがって、コアプレートの厚みを10mm~20mmとすることにより、効率よく磁界を患部に供給することができる。これに対し、実用面を考慮すると、コアプレートの厚みが10mmよりも小さい場合は反射効率は低下するが、5mm~20mmの範囲としても何ら支障はない。尚、好適なコアプレートの厚みは、磁界強度、コアプレートの材質、及びコイルに流れる電流の周波数によって変化する。前述の測定結果は、磁界強度を6mT、コアの材質として比透磁率を2400、周波数を140kHzとした場合の例である。

[0022] 図9Aは、2個のコアプレートを用いた場合の、コアプレート間隔と磁界強度の関係を示す図である。これは、図3に示したように、2個のコアプレートをコイル面に対してほぼ並行に配置した場合に、コイル面からみてコアプレートが配置された側とは反対側(患部側)の測定点(mm)における磁界強度(mT)、及び、コアプレートが配置された側の測定点(mm)における磁界強度(mT)、並びに、反射効率とシールド効果

との比率を示している。具体的には、コイルの半径を100mm、導線の直径を5mm(すなわち、導線を含むコイルの半径は105mmとなる)、コアプレート半径を105mm(すなわち、導線を含むコイルの半径と同一の値)、コイル/コアプレート間距離を3mm、コイルに近い第1のコアプレートの厚みを10mm、コイルから遠い第2のコアプレートの厚みを5mmとした場合の、測定点0, 10, ..., 120, -10, -20, ..., -120における磁界強度を示している。測定点0, 10, ..., 120の磁界強度は、反射効率を示しており、測定点-20, ..., -120(コアプレート間隔0の場合)、測定点-30, ..., -120(コアプレート間隔2.5, 5, 10の場合)の磁界強度は、シールド効果を示している。図9Bは、図9Aにおいて、コアプレート間隔と、測定点120mmにおける磁界強度との関係を示すグラフである。図9A及び図9Bによれば、反射効率は、コアプレート間隔が5mm~10mmの場合にほぼ一定であり、5mmよりも小さい場合に良くなっていることがわかる。これに対し、シールド効果は、コアプレート間隔が5mm~10mmの場合にほぼ一定であり、5mmよりも小さい場合に低下していることがわかる。また、反射効率とシールド効果との比率は、コアプレート間隔が5mm~10mmの場合の方が5mmよりも小さい場合に比べて低くなっていることがわかる。図9A及び図9Bによれば、コアプレート間隔が狭いほど効果を得ることができるため、コアプレートの間隔は、0mm~5mmの範囲とするのが好ましい。したがって、コアプレート間隔を0mm~5mmとすることにより、効率よく磁界を患部に供給することができる。

- [0023] 本発明は上述した実施例だけに限定されず種々の変形や変更が可能である。例えば、上述した実施例では、銅パイプの内部を水を循環させることによりコイルを冷却したが、コイル及びコアプレートを冷媒が充填された密封容器内に配置し、コイル及びコアプレート全体を冷却することもできる。

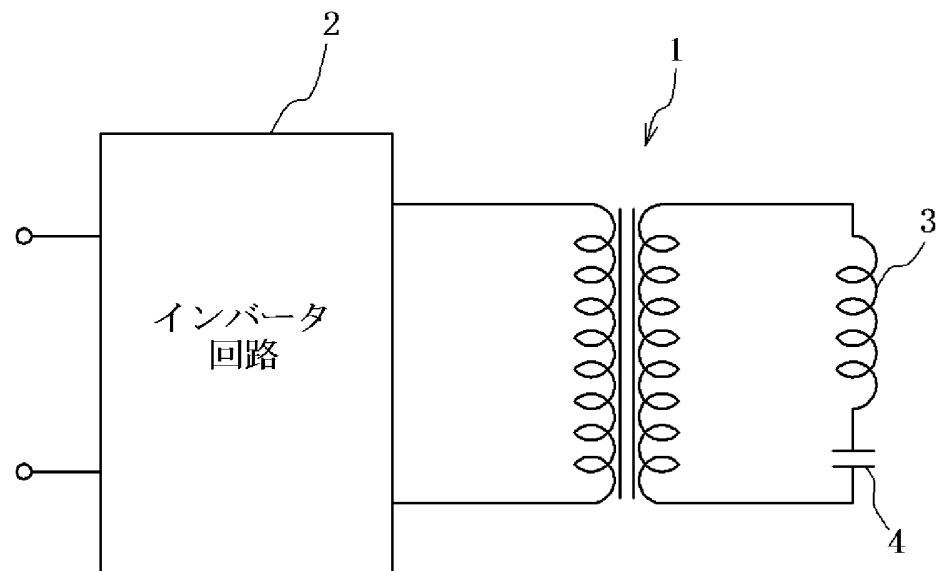
請求の範囲

- [1] 変圧器の2次側に接続した磁界発生用のコイルと共振コンデンサとの直列共振回路を具え、
- 前記磁界発生用のコイルは、コイル面上をスパイラル状に延在する電流路を有するパン型コイルにより構成し、
- 該パン型コイルのコイル面の一方の側に、パン型コイルの最外径に等しいか又はそれ以上の外径を有する高透磁率材料の第1のコアプレートと、
- 該第1のコアプレートからみて前記パン型コイルの側とは反対側に、空間的に離間して高透磁率材料の第2のコアプレートとを設けたことを特徴とする磁界発生装置。
- [2] 請求項1に記載の磁界発生装置において、前記第1のコアプレート又は第2のコアプレートに、前記パン型コイルのコイル面と直交する方向に延在する高透磁率材料の周縁脚部を設け、コアプレートからみてパン型コイルの側とは反対側の空間内に磁界が進入するのを防止したことを特徴とする磁界発生装置。
- [3] 請求項2に記載の磁界発生装置において、前記第1又は第2のコアプレートと周縁脚部とにより包囲される空間内に、前記共振コンデンサを配置したことを特徴とする磁界発生装置。
- [4] 請求項1から3までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記第1のコアプレートのほぼ中央部に、前記パン型コイルの最内周電流路により規定される内側空間内に突出するように中心コアを設け、該中心コアを高透磁率の材料で構成し、前記パン型コイルにより発生した磁束が、パン型コイルの内周側において前記中心コアを通過するように構成したことを特徴とする磁界発生装置。
- [5] 請求項1から4までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記高透磁率材料として、フェライト材料を用いることを特徴とする磁界発生装置。
- [6] 請求項1から5までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記電流路を、内部が中空の金属製のパイプで構成し、該パイプの内部を冷却材が流通することを特徴とする磁界発生装置。
- [7] 請求項1から6までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、患者の患部に向けて磁束を照射し、特定の部位だけを選択的に加温する温熱治療法に用いら

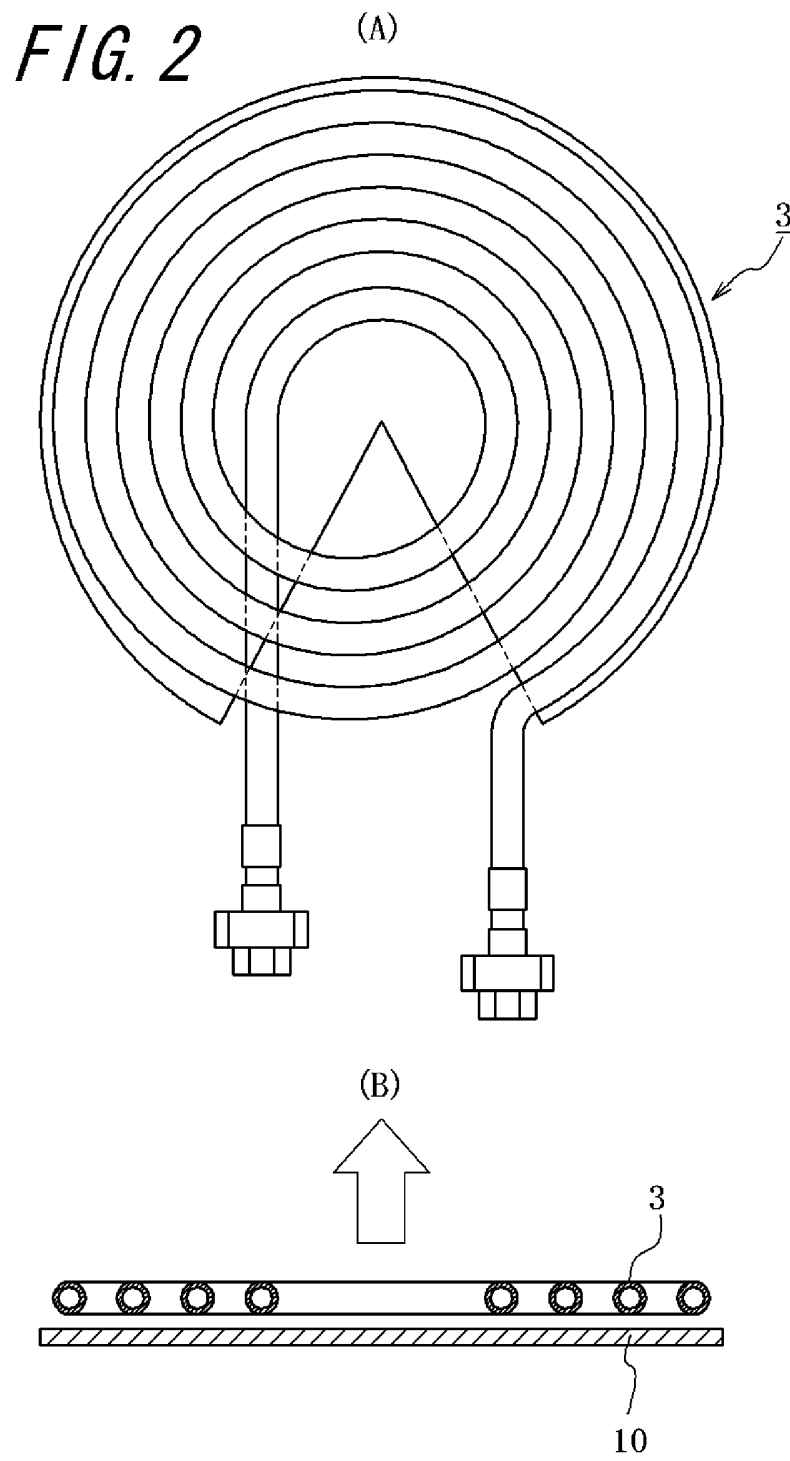
れることを特徴とする磁界発生装置。

- [8] 請求項1から7までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記パン型コイルの最外径を、電流路を構成する導線の径を含んだ最外径とし、前記第1のコアプレートをパン型コイルの最外径に等しくすることを特徴とする磁界発生装置。
- [9] 請求項1から7までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記パン型コイルと第1のコアプレートとの間の距離を、3mm～5mmの範囲とすることを特徴とする磁界発生装置。
- [10] 請求項1から7までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記第1のコアプレートの厚みを、10mm～20mmの範囲とすることを特徴とする磁界発生装置。
- [11] 請求項1から7までのいずれか一項に記載の磁界発生装置において、前記第1のコアプレートと第2のコアプレートとの間の距離を、0mm～5mmとすることを特徴とする磁界発生装置。

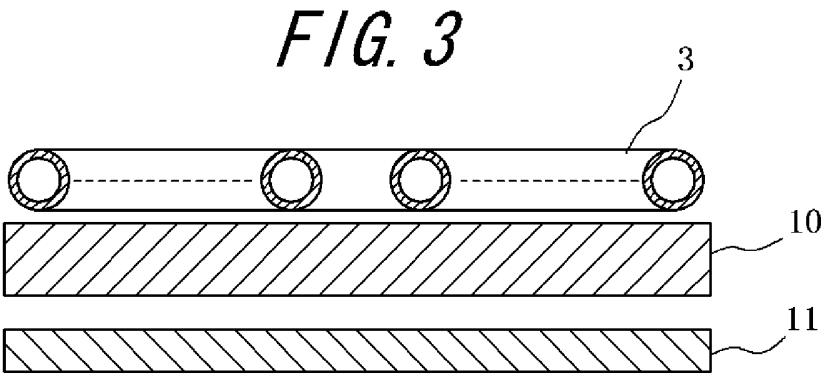
[図1]

FIG. 1

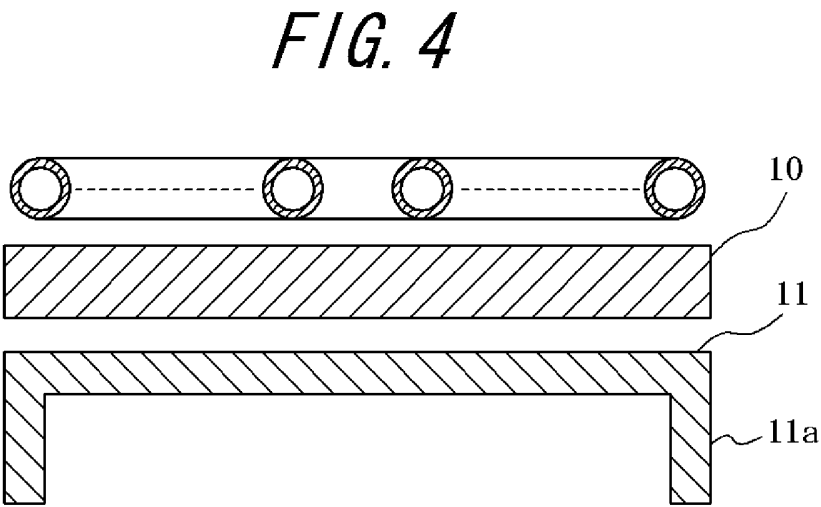
[図2]



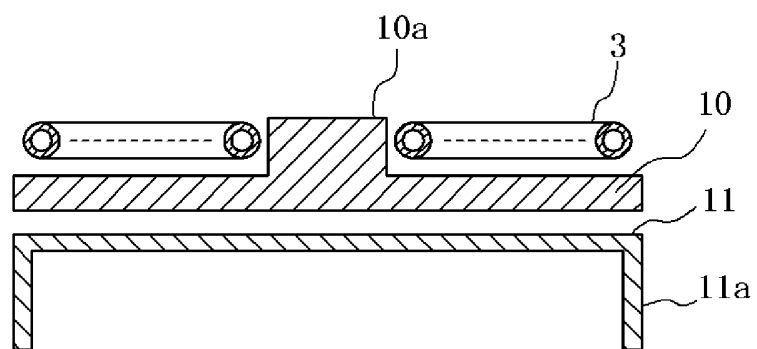
[図3]



[図4]



[図5]

FIG. 5

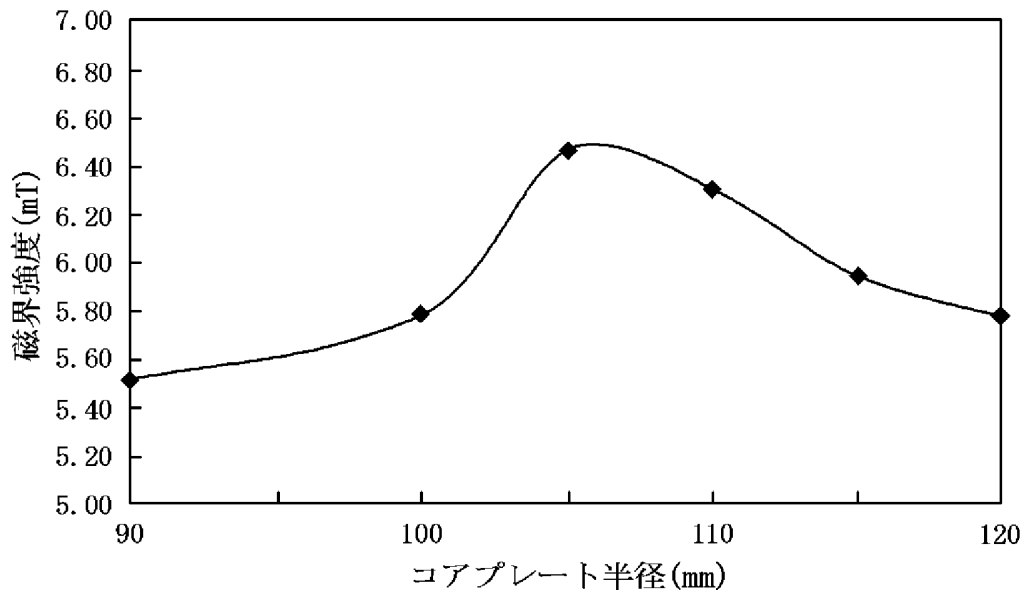
[図6A]

FIG. 6A

コア半径 (mm)	0	90	100	105	110	115	120
0	18.63	35.91	36.92	38.64	38.28	37.52	37.19
10	18.07	33.54	34.51	36.19	35.84	35.10	34.77
20	16.56	29.95	30.86	32.48	32.13	31.41	31.09
30	14.52	25.88	26.72	28.24	27.91	27.22	26.91
40	12.34	21.90	22.65	24.07	23.76	23.11	22.81
50	10.31	18.33	18.99	20.30	20.01	19.39	19.12
60	8.52	15.27	15.86	17.06	16.79	16.21	15.95
70	7.02	12.73	13.24	14.34	14.09	13.55	13.31
80	5.79	10.64	11.09	12.09	11.86	11.36	11.13
90	4.78	8.94	9.34	10.24	10.03	9.57	9.36
100	3.97	7.56	7.91	8.73	8.54	8.11	7.92
110	3.31	6.44	6.75	7.49	7.31	6.92	6.74
120	2.78	5.52	5.79	6.47	6.30	5.95	5.78

コアプレート半径(mm)と磁界強度(mT)の関係

[図6B]

FIG. 6Bコアプレート半径と磁界強度の関係
(測定点120mm)

[図7A]

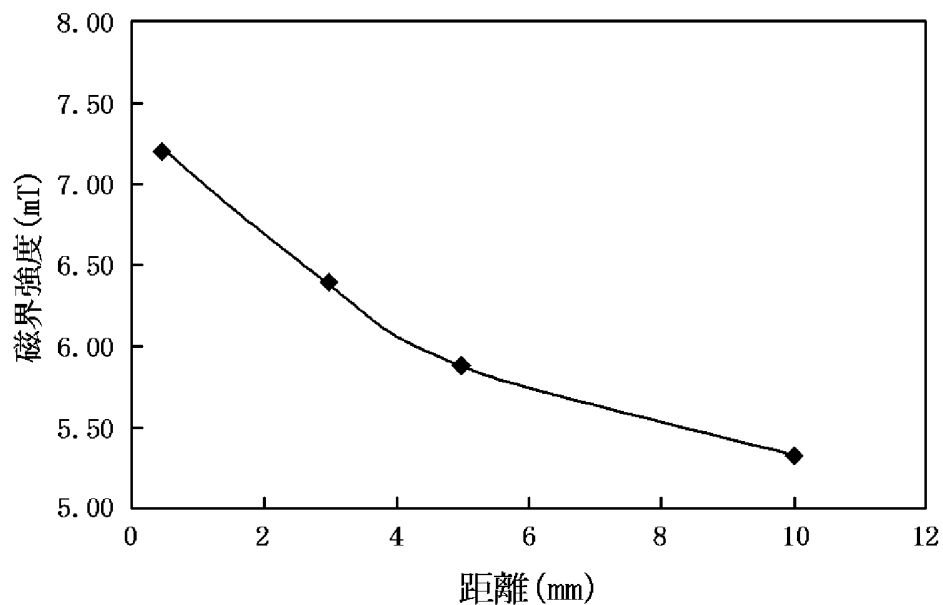
FIG. 7A

コア半径(mm)	105			
コイルとコアの距離(mm)	0.5	3	5	10
2D要素数	2562	2564.00	2562	2562
3D要素数	1408	1408	1408	1408
0	40.50	38.46	36.97	34.47
10	38.35	36.02	34.37	31.73
20	34.70	32.31	30.66	28.16
30	30.37	28.08	26.54	24.31
40	26.03	23.92	22.53	20.60
50	22.06	20.16	18.93	17.28
60	18.61	16.92	15.84	14.44
70	15.70	14.21	13.27	12.08
80	13.29	11.98	11.15	10.14
90	11.30	10.14	9.41	8.55
100	9.67	8.64	7.99	7.26
110	8.32	7.41	6.84	6.20
120	7.21	6.39	5.88	5.33

コイル/コアプレート間距離(mm)と磁界強度(mT)の関係

[図7B]

FIG. 7B

コイル/コアプレート間距離と磁界強度の関係
(測定点120mm)

[図8A]

FIG. 8A

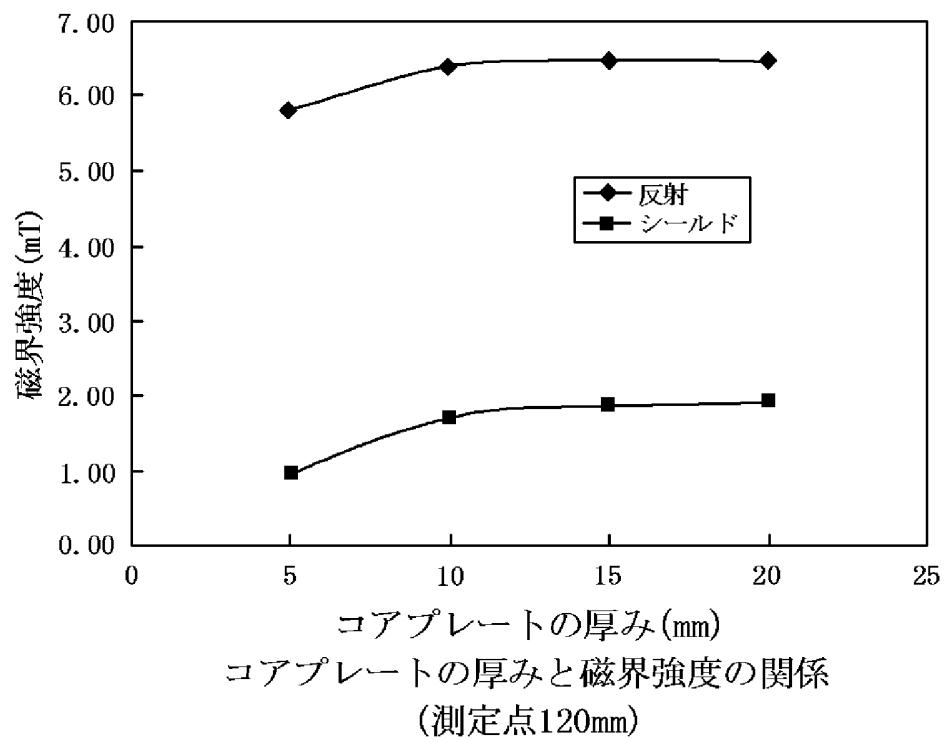
コア半径(mm)	105			
コアの厚み(mm)	5	10	15	20
2D要素数	1298	2564	2738	2664
3D要素数	1408	1408	1408	1408
0	37.07	38.46	38.66	38.61
10	34.67	36.02	36.21	36.15
20	31.02	32.31	32.49	32.44
30	26.86	28.08	28.25	28.20
40	22.78	23.92	24.08	24.04
50	19.10	20.16	20.31	20.27
60	15.95	16.92	17.07	17.03
70	13.31	14.21	14.35	14.31
80	11.15	11.98	12.10	12.07
90	9.39	10.14	10.25	10.23
100	7.95	8.64	8.74	8.72
110	6.78	7.41	7.50	7.48
120	5.82	6.39	6.48	6.46

0	37.07	38.46	38.66	38.61
-10	19.78	24.70	26.85	28.33
-20	1.20	2.65	10.86	15.88
-30	1.22	2.64	2.90	2.89
-40	1.22	2.60	2.86	2.87
-50	1.22	2.53	2.79	2.81
-60	1.20	2.44	2.69	2.73
-70	1.18	2.33	2.58	2.62
-80	1.15	2.21	2.44	2.49
-90	1.11	2.09	2.31	2.35
-100	1.07	1.96	2.17	2.21
-110	1.02	1.84	2.03	2.07
-120	0.98	1.72	1.89	1.94

反射/シールド比	0.16763418	0.269190235	0.29226622	0.299657447
----------	------------	-------------	------------	-------------

コアプレートの厚み(mm)と磁界強度(mT)の関係

[図8B]

FIG. 8B

[図9A]

FIG. 9A

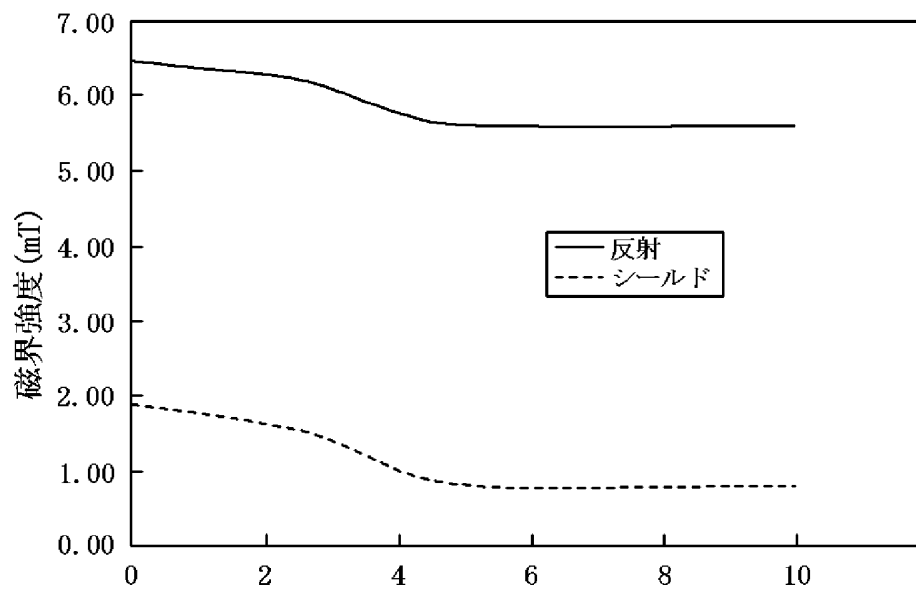
コア半径mm	105			
コアの間隔	0	2.5	5	10
2D要素数	2738	3092	2592	2598
3D要素数	1408	1408	1408	1408
0	38.66	38.04	36.65	36.61
10	36.21	35.61	34.25	34.21
20	32.49	31.91	30.60	30.56
30	28.25	27.71	26.46	26.43
40	24.08	23.57	22.41	22.37
50	20.31	19.84	18.75	18.72
60	17.07	16.63	15.63	15.60
70	14.35	13.94	13.02	12.99
80	12.10	11.73	10.89	10.86
90	10.25	9.92	9.15	9.12
100	8.74	8.44	7.73	7.71
110	7.50	7.22	6.58	6.56
120	6.48	6.22	5.63	5.62

0	38.66	38.04	36.65	36.61
-10	26.85	24.85	26.05	25.57
-20	10.86	2.86	1.26	0.15
-30	2.90	2.28	1.02	4.94
-40	2.86	2.26	1.02	0.96
-50	2.79	2.21	1.01	0.96
-60	2.69	2.14	0.99	0.95
-70	2.58	2.05	0.97	0.93
-80	2.44	1.96	0.95	0.91
-90	2.31	1.85	0.92	0.88
-100	2.17	1.75	0.89	0.85
-110	2.03	1.65	0.85	0.82
-120	1.89	1.55	0.82	0.79

反射/シールド	0.29226622	0.248507569	0.144999987	0.140563106
---------	------------	-------------	-------------	-------------

コアプレートの間隔 (mm) と磁界強度 (mT) の関係

[図9B]

FIG. 9B

コアプレートの間隔と磁界強度の関係
(測定点120mm)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007722

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ H01F27/36, A61N1/40, H05B6/36		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ H01F27/33-27/42, A61N1/00-1/40, A61N1/44		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-360712 A (Komatsu Pawatoron Kabushiki Kaisha), 17 December, 2002 (17.12.02), Par. Nos. [0180] to [0199] (Family: none)	1-11
Y	JP 4-276263 A (Erutiai - Aiemudi·Yuesue Inc.), 01 October, 1992 (01.10.92), Par. Nos. [0006] to [0009], [0013] to [0199] (Family: none)	1-11
Y	JP 63-29663 A (Erutiai·Baomedikaru Inc.), 08 February, 1988 (08.02.88), Page 6, upper right column, line 6 to lower left column, line 8; Figs. 6 to 9 & US 5000178 A & US 5014699 A & EP 252594 A2 & EP 547023 A1	1-11
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 05 August, 2005 (05.08.05)		Date of mailing of the international search report 23 August, 2005 (23.08.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01F27/36, A61N1/40, H05B6/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01F27/33 - 27/42, A61N1/00 - 1/40, A61N1/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-360712 A (小松パワートロン株式会社) 2002. 12. 17, 段落【0180】-【0199】 (ファミリーなし)	1-11
Y	JP 4-276263 A (エルティーアイ - アイエムディー・ユーエスエー・インコーポレーテッド) 1992. 10. 01, 段落【0006】-【0009】、段落【0013】-【0199】 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 08. 2005

国際調査報告の発送日

23. 8. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 純一

5R

9074

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 63-29663 A (エルティーアイ・バイオメディカル・インコーポレーテッド) 1988. 02. 08, 第6頁右上欄第6行-左下欄第8行、第6-9図 & US 5000178 A & US 5014699 A & EP 252594 A2 & EP 547023 A1	1-11