

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年9月29日(29.09.2016)



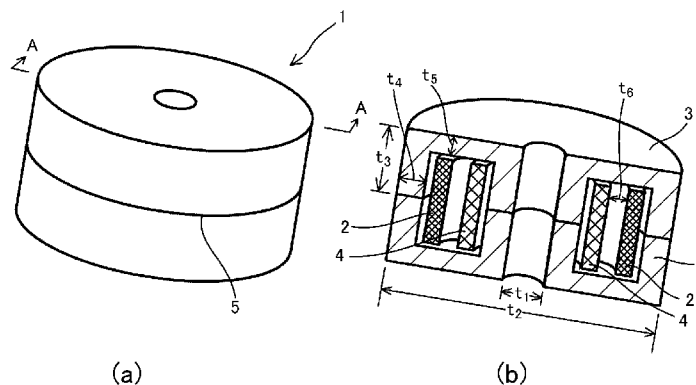
(10) 国際公開番号
WO 2016/152578 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 37/00 (2006.01) *H01F 27/42* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057746
- (22) 国際出願日: 2016年3月11日(11.03.2016)
- (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 2015-060191 2015年3月23日(23.03.2015) JP
- (71) 出願人: N T N 株式会社 (NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 神戸 祥吾 (KANBE, Shougo); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N 株式会社内 Aichi (JP). 堺 香代 (SAKAI, Kayo); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N 株式会社内 Aichi (JP). 島津 英一郎 (SHIMAZU, Eiichirou); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N 株式会社内 Aichi (JP). 小田 貴之 (ODA, Takayuki); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N アドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 和気 光, 外 (WAKI, Hikaru et al.); 〒5110233 三重県員弁郡東員町城山一丁目2番6 Mie (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: INDUCTOR AND PROTECTION CIRCUIT

(54) 発明の名称: インダクタおよび保護回路



(57) Abstract: Provided are an inductor with which it is possible to suppress a decrease in inductance without causing magnetic saturation of a magnetic core even under a large current of the order of several 1000 A, such as a surge current, and a protection circuit using the inductor. The inductor comprises an iron-based magnetic core 3 incorporating a main coil 2, with a short-circuited coil 4, in which a coil—winding start is short-circuited to a coil—winding end, disposed in the magnetic core 3 concentrically with the main coil 2, the short-circuited coil having the effect of cancelling out a magnetic field created by an applied current which is applied to the main coil 2, wherein the magnetic core 3 comprises magnetic cores of the same shape which abut one another at an abutting plane 5. The protection circuit comprises a circuit breaker connected between a direct-current power supply and a load, with a current-limiting inductor connected in series with the circuit breaker.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/152578 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

サージ電流のような数 1000 A にも及ぶ大電流下でも、磁心を磁気飽和させることなく、インダクタスの低下を抑えることができるインダクタおよびこのインダクタを用いた保護回路を提供する。主コイル 2 を内蔵する鉄系の磁性コア 3 からなり、主コイル 2 に印加される印加電流が作る磁界を打ち消す作用を有し、コイル巻始めと巻終わりとは短絡されている短絡コイル 4 が主コイル 2 と同心に磁性コア 3 内に配置され、この磁性コア 3 は同一形状の磁性コアを衝合面 5 で衝合している。また、保護回路は、直流電源と負荷との間に回路遮断器が接続され、この回路遮断器に限流用のインダクタが直列に接続されている。

明 細 書

発明の名称： インダクタおよび保護回路

技術分野

[0001] 本発明はインダクタおよび保護回路に関し、特に大電流および高磁化力下におけるトランス、リアクトル、チョークコイル、フィルタ、センサ等のインダクタおよびこのインダクタを用いた保護回路に関する。

背景技術

[0002] 近年、スイッチング素子やダイオード等のパワー半導体の機能向上に伴い、回路に流れる電流は大電流、高周波数化してきている。これに伴い回路中で使用されるリアクトルやチョークコイル、トランス等のインダクタについても大電流、高周波数化への対応が求められている。

また太陽光発電や風力発電用のコンバータ、データセンター等の大電流を扱う用途も拡大してきており、これら機器はサージ電流と呼ばれる、雷等の瞬時の大電流ノイズへの対策も重要になってきている。

従来のインダクタは巻線の内側に磁心を挿入することで、発生磁束量を増加させ、漏れ磁束量を減らすことで、インダクタの小型化、高効率化を実現している。

[0003] 一方、電源線やアース線などの導体線に重畳したノイズ電流を導体線と巻線間の電磁誘導により、そのノイズ電力の一部を巻線側回路に配された抵抗で消費すると共に導体線に重畳するノイズ電流を抑制することにより、医療機器やコンピュータ制御精密電子装置に生じるノイズ障害を低減するノイズ減衰器として、筒状コアに高周波領域においても損失の少ないフェライト材を用い、筒状コアの中空部を貫通した巻線を巻き付け、その巻線にインピーダンス素子を配しているノイズ減衰器が知られている（特許文献１）。

[0004] また、電気機器では短絡や漏電等の電気事故からの装置や人の保護が必要であり、保護のために用いる機器は必要時に迅速に動作する必要がある。一方、電気機器では、スイッチや回路遮断器のON/OFF操作時や瞬停発生

時に突入電流が発生するが、これらの保護器が突入電流で誤作動しないようにする必要もある。このような相反する要求を満足させるために、ヒューズや回路遮断器、リレーといった各種保護機器が回路の仕様に合わせて使用されている。

[0005] 上記保護機器の中で、特にヒューズは動作すると熔断により破損することから、交換のための予備品と交換作業が必要となるため、ヒューズ以外の保護機器を使用したいというニーズがある。

交換の必要のない回路遮断器やリレーは、電磁石や材料の熱変形等を利用して機械的にスイッチを動作させるためヒューズに比べると迅速な遮断が困難である。迅速に動作させるには電流値を高める必要があった。このことから短絡に対して回路遮断器やリレーを用いた場合には、ヒューズに比べて遮断されるまでに時間を要することもあり、保護すべき回路に大きな短絡電流が流れてしまい装置等を保護できない恐れがある。このようなことから、一般に、特に数百ボルト以上の高電圧の直流回路では短絡保護器としてヒューズが多く利用されている。

このような用途でヒューズの代替として回路遮断器を利用するためには、回路に流れる短絡電流があまり大きな値にならないうちに遮断する、もしくは遮断されるまでの間に短絡電流が大きくなり過ぎないように抑制する必要がある。このため、短絡による突入電流が遮断器の定格電流を超えにくくするために、限流コイルと呼ばれるインダクタを直列に接続する方法が知られている（例えば非特許文献1、特許文献2）。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：JUERGEN HAEFNER, BJØERN JACOBSON "Proactive Hybrid HVDC Breakers — A key innovation for reliable HVDC grids" CIGRE International Symposium in Bologna

特許文献

[0007] 特許文献1：WO 2011 / 136232号公報

特許文献2：WO 2015 / 015831号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、巻線コイルの内側に磁心を配置しているインダクタの場合、磁心が磁気飽和しないようギャップを設ける、磁性コアの形状を大きくするなど、インダクタの形状が大きくなってしまう。また、高磁化力下でも飽和しにくい材料は高価である。さらに、サージ電流に代表される様な、非常に大きな電流がインダクタに流れる場合には、高磁化力下でも飽和しにくい材料であっても、磁心が磁気飽和してしまいインダクタとして機能しなくなる場合がある。特許文献1に記載されているノイズ減衰器の場合、電流の増加に伴い磁化力が高まると、磁束密度が増加して透磁率が減少する。そのため高磁化力下で高インダクタンスを確保することが困難になるという問題がある。

[0009] また、電気機器の保護回路において、限流コイルと呼ばれるインダクタを回路遮断器とともに直列に接続する方法の場合、回路遮断器が動作するまでの時間が長くなるという問題がある。

[0010] 本発明は、このような問題に対処するためになされたものであり、サージ電流のような数1000Aにも及ぶ大電流下でも、磁心を磁気飽和させることなく、高電流下でもインダクタスの低下を抑えることができるインダクタの提供を目的とする。

また、本発明の他の目的は、直流回路において短絡発生初期に、回路遮断器が動作するまでの時間を短くするために、迅速に電流値を大きくしながらも、短絡電流が大きくなり過ぎないように電流波形を制御できる回路遮断用インダクタを用いた保護回路の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明のインダクタは、主コイルを内蔵する磁性コアからなるインダクタであって、上記主コイルに印加される電流が作る磁界を打ち消す作用を有する短絡コイルを備えていることを特徴とする。特に短絡コイルが主コイルと

同心に配置されていることを特徴とする。上記短絡コイルは、コイル巻始めと巻終わりとは、短絡、もしくは微小な抵抗を介して接続されているコイルであることを特徴とする。また、上記磁性コアが鉄系の磁性体であることを特徴とする。

[0012] 本発明の保護回路は、直流電源と負荷との間に回路遮断器が接続されている直流回路に用いられ、上記回路遮断器に限流用のインダクタが直列に接続されている保護回路である。この保護回路において、上記限流用のインダクタが本発明のインダクタであることを特徴とする。特にこの限流用のインダクタは、主コイルと短絡コイルとの間の結合係数 K が印加電流の増加に伴い低下することを特徴とする。また、印加電流の増加に伴い低下する結合係数 K の低下する割合 α ($\alpha = -dK/dA$) が $K = 0.5$ を境にして、 K が 0.5 超の α より大きくなることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明のインダクタは、主コイルに印加される印加電流が作る磁界を打ち消す作用を有する短絡コイルが上記主コイルと同心に配置されているので、以下の作用効果が得られる。

(1) 磁性コアに発生する磁化力を減らすことができる。

(2) 結合係数、短絡コイルの巻き数、短絡コイルの直流抵抗値等により短絡コイルに発生する磁化力を制御することができる。これにより使用電流下における透磁率を制御し、高いインダクタンスを保持させることができる。

(3) 低磁化力下でしか高い透磁率を得られないフェライト等の安価な材料を用いた場合でも、高電流下でも発生磁化力を低減できることから、高い透磁率、および高いインダクタンスを持つことができる。

(4) 高電流下でも高い透磁率を得られるため、小さい形状のインダクタの設計が可能となる。これらによりたとえば、サージ電流のような数1000Aにも及ぶ大電流下でも、安価な材料を用いる小さな形状のインダクタであっても、高いインダクタンスを確保できるようになる。

[0014] 本発明の保護回路は、回路遮断器に限流用のインダクタが直列に接続され

ている。このインダクタは主コイルに印加される印加電流が作る磁界を打ち消す作用を有する短絡コイルを有しているので、直流回路における短絡発生初期に、回路遮断器が動作するまでの時間を短くできる。また、遮断器の瞬時動作モード等の迅速に遮断器を動作させることが可能な電流を遮断器の電磁石用コイルに供給することができ、かつ必要な電流値を超えてからの電流増加を抑制することができる。本発明の保護回路を用いることで、直流回路においてヒューズ代替として回路遮断器がより安全に使用できるようになる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明に係るインダクタの一例を示す図である。
[図2]電流値を変化させて測定したインダクタンスの測定値である。
[図3]保護回路が接続された直流回路を示す図である。
[図4]実施例4で用いたインダクタの平面図である。
[図5]電力を印加した際の電流変化を測定した図である。
[図6]主コイルと短絡コイルとの間の結合係数 K を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 本発明に係るインダクタの一例を図1に示す。図1(a)はポット型インダクタの斜視図であり、図1(b)はA-A断面図である。コイルからの引き出し線は図示を省略してある。

インダクタ1は、円筒形磁性コア3内に引き出し線の図示が省略された主コイル2が内蔵されている。この主コイル2による磁界を打ち消す作用を有する短絡コイル4が主コイル2と同心に、かつ主コイル2の内側に配置されている。なお、短絡コイル4は同心であれば主コイル2の外側であってもよい。本発明において、同心に配置とは、巻回されているコイルのコイル中心軸の方向が略同一方向に配置されていることを表す。好ましくはコイル中心軸の方向が同一である。また、同心に配置とは、巻回されているコイルのコイル中心軸を通る磁力線の方向が順方向または逆方向で略同一方向になるように、主コイルおよび短絡コイルが磁性コア内に配置されている場合も含む。

。5は磁性コア3の製造時における衝合面である。

[0017] 主コイル2を構成する巻線としては銅エナメル線を使用することができ、その種類としてはウレタン線（UEW）、ホルマール線（PVF）、ポリエステル線（PEW）、ポリエステルイミド線（EIW）、ポリアミドイミド線（AIW）、ポリイミド線（PIW）、これらを組み合わせた二重被複線、または自己融着線、リッツ線等を使用できる。銅エナメル線の断面形状としては丸線や角線を使用できる。特に、平角線の断面形状の短径側を磁性コアに接して重ね巻きすることにより、巻線密度を向上させたコイルが得られる。

[0018] 主コイル2は樹脂に埋設して一体化することが好ましい。主コイル2を埋設する樹脂体としては、主コイル2を固定し、絶縁性を付与できる樹脂であれば使用できる。好ましくは、ポッティングや注入により樹脂封止可能なエポキシ樹脂やシリコン樹脂等の熱硬化性樹脂、射出成形が可能な熱可塑性樹脂を使用できる。熱可塑性樹脂としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、ポリビニルアルコール、ポリエチレンオキサイド、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、液晶ポリマー、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリイミド、ポリエーテルイミド、ポリアセタール、ポリエーテルサルホン、ポリサルホン、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリフェニレンオキサイド、ポリフタルアミド、ポリアミド、これらの混合物が挙げられる。これらの中で、射出成形時の流動性に優れ、射出成形後の成形体の表面を樹脂層で覆うことができると共に、耐熱性などに優れるポリフェニレンサルファイド（PPS）が好ましい。

[0019] 射出成形は、例えば可動型および固定型が衝合され、内部に主コイル2が載置されたコイルの金型内に樹脂体を射出して成形する方法を用いることができる。射出成形条件としては熱可塑性樹脂の種類によっても異なるが、例えばポリフェニレンサルファイド（PPS）の場合、樹脂温度が290～350℃、金型温度が100～150℃であることが好ましい。

- [0020] 主コイル2を埋設する樹脂体としては、上記熱可塑性樹脂以外に、磁性コア3の結着材として使用されるエポキシ樹脂、またはフェノール樹脂等の熱硬化性樹脂を使用できる。
- [0021] 短絡コイル4は、コイル巻始めと巻終わりとは短絡されているコイルであれば使用することができる。また、短絡コイル4は、主コイル2と同心に配置されていることが好ましい。同心に配置することにより、主コイル2の通電により発生する磁界が短絡コイル4に作用して、該磁界を効率的に打ち消すことができる。また、コイルの巻数、銅線の径、さらに主コイル2と短絡コイル4との遠近配置による結合係数を変化させることにより短絡コイル4に発生する磁化力を制御できる。これにより主コイル2に印加される電流下における磁性コア3の透磁率を制御し、高電流下においても高いインダクタンスを保持できるインダクタが得られる。
- [0022] 短絡コイル4を構成する巻線としては、主コイル2と同様の巻線を使用することができる。また、導体で造られた円筒物も短絡コイルとして利用できる。短絡コイル4は、主コイル2と同様に樹脂で埋設して一体化することが好ましい。
- [0023] 磁性コア3は鉄系の磁性体であることが好ましい。鉄系の磁性体としては、例えば、純鉄、鉄－シリコン系合金、鉄－窒素系合金、鉄－ニッケル系合金、鉄－炭素系合金、鉄－ホウ素系合金、鉄－コバルト系合金、鉄－リン系合金、鉄－ニッケル－コバルト系合金および鉄－アルミニウム－シリコン系合金（センダスト合金）、鉄アモルファス系材料、微細結晶材料などの粉末表面を絶縁処理し、圧縮成形して製造することができる。これら磁性体粉末の中でも、純鉄が好ましく、特に粉末冶金に用いられている還元鉄粉またはアトマイズ鉄粉が好ましい。また、コスト面と絶縁被膜処理のしやすさから、水アトマイズ鉄粉が好ましい。
- [0024] 上記磁性体粉末粒子の表面は無機絶縁体で被覆されていることが好ましい。無機絶縁材料の種類に特に限定はなく、従来から圧粉磁心において用いられているものを使用することができる。好ましい絶縁材料の例としては、リ

ン酸鉄、リン酸マンガン、リン酸亜鉛、リン酸カルシウム、リン酸アルミニウム等のリン酸金属塩、酸化ケイ素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ジルコニウム等の金属酸化物が挙げられる。無機絶縁体で被覆されている鉄系軟磁性体粉末の市販品としては、ヘガネス社製商品名；S o m a l o y が挙げられる。

[0025] 磁性コア3となる磁性体は、例えば、粒子表面に絶縁被覆が形成された上記原料粉末単体、または上記原料粉末にエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂が配合された粉末を加圧成形して圧粉体とし、この圧粉体を焼成して製造できる。エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂は、強度面で問題が生じるおそれがある場合に配合する。

[0026] 本発明に使用できるエポキシ樹脂は、接着用エポキシ樹脂として使用できる樹脂であって軟化温度が100～120℃の樹脂が好ましい。例えば、室温では固体であるが、50～60℃でペースト状になり、130～140℃で流動性になり、さらに加熱を続けると硬化反応が始まるエポキシ樹脂であれば使用できる。この硬化反応は120℃付近でも始まるが、実用的な硬化時間、例えば2時間以内で硬化反応が終了する温度としては170～190℃であることが好ましい。この温度範囲であると、硬化時間は45～80分である。

[0027] エポキシ樹脂の樹脂成分としては、例えばビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ビスフェノールS型エポキシ樹脂、水添ビスフェノールA型エポキシ樹脂、水添ビスフェノールF型エポキシ樹脂、スチルベン型エポキシ樹脂、トリアジン骨格含有エポキシ樹脂、フルオレン骨格含有エポキシ樹脂、脂環式エポキシ樹脂、ノボラック型エポキシ樹脂、アクリルエポキシ樹脂、グリシジルアミン型エポキシ樹脂、トリフェノールフェノールメタン型エポキシ樹脂、アルキル変性トリフェノールメタン型エポキシ樹脂、ビフェニル型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン骨格含有エポキシ樹脂、ナフタレン骨格含有エポキシ樹脂、アリールアルキレン型エポキシ樹脂等が挙げられる。

[0028] エポキシ樹脂の硬化剤成分は潜在性エポキシ硬化剤が好ましい。潜在性エポキシ硬化剤を用いることにより、軟化温度を100～120℃に、また硬化温度を170～190℃に設定することができ、鉄粉粉末への絶縁性塗膜の形成と、その後の圧縮成形および熱硬化を行なうことができる。

潜在性エポキシ硬化剤としては、ジシアンジアミド、三フッ化ホウ素－アミン錯体、有機酸ヒドラジド等が挙げられる。これらの中で、上記硬化条件に適合するジシアンジアミドが好ましい。

また、潜在性エポキシ硬化剤と共に、三級アミン、イミダゾール、芳香族アミンなどの硬化促進剤を含むことができる。

なお、上記潜在性硬化剤を含むエポキシ樹脂は、160℃で2時間、170℃で80分、180℃で55分、190℃で45分、200℃で30分の硬化条件となるように潜在性硬化剤を配合する。

[0029] エポキシ樹脂を配合する場合、表面が無機絶縁被膜処理された鉄系軟磁性体粉末とエポキシ樹脂の配合割合は、これらの合計量に対して、鉄系軟磁性体粉末が95～99質量%、潜在性硬化剤を含むエポキシ樹脂が1～5質量%である。エポキシ樹脂が1質量%未満であると、強度面の所望の向上が望めず、5質量%を超えると磁気特性の低下と樹脂リッチな粗大な凝集体が発生するからである。

[0030] エポキシ樹脂を配合した磁性体は、上記表面が無機絶縁被膜処理された鉄系軟磁性体粉末と、上記エポキシ樹脂とを100～120℃の温度で乾式混合することで、鉄系軟磁性体粉末表面に形成された無機絶縁被膜上に未硬化樹脂被膜を形成する。絶縁被膜が表面に形成された鉄系軟磁性体粉末は、金型を用いる圧縮成形により成形体となし、その後エポキシ樹脂の熱硬化開始温度以上の温度で熱硬化させることで一体化された磁性体が得られる。

[0031] また、磁性コア3となる磁性体は、鉄系軟磁性体粉末に結着樹脂を配合して、この混合物を射出成形することによっても製造できる。結着樹脂としては、射出成形が可能な熱可塑性樹脂を使用できる。熱可塑性樹脂としては、上述のコイルを埋設する樹脂体の場合と同じものを使用できる。その中でも

、鉄系軟磁性体粉末に混合したときの射出成形時の流動性に優れ、射出成形後の成形体の表面を樹脂層で覆うことができると共に、耐熱性に優れるポリフェニレンサルファイド（PPS）が好ましい。

原料粉末の割合は、原料粉末と熱可塑性樹脂との合計量を100質量%として、80～95質量%であることが好ましい。80質量%未満であると磁気特性が得られず、95質量%をこえると射出成形性に劣る。

射出成形は、例えば可動型および固定型が衝合された金型内に上記原料粉末を射出して成形する方法を用いることができる。

[0032] 図1に示す本発明のインダクタは、主コイル2および短絡コイル4を図1(b)に示す断面図で上下に2分割された磁性コア3の内部に配置することで得られる。2分割された磁性コア3は衝合面5で相互に無溶剤型のエポキシ系接着剤等を用いて接着される。

[0033] 本発明のインダクタは、サージ対策用回路内、短絡防止用回路内、大電流時ノイズフィルタ回路、回路遮断器が接続されている直流回路の保護回路等に使用できる。

[0034] 直流回路の保護回路に用いた場合の一例を図3に示す。図3は保護回路が接続された直流回路の例である。

直流電源6と負荷7との間に、保護回路としての限流用のインダクタ1'、回路遮断器8および負荷7が順に直列に接続されている。本発明で 사용되는回路遮断器8は完全電磁式の配線遮断器であり、遮断器のリレー部に流れる電流値が大きいほど、遮断までの時間が短くなる特徴をもつ。この回路遮断器8と直列に接続される限流用のインダクタ1'は主コイル2'と磁気的に結合された短絡コイル4'とを有し、主コイル2'を直流のメイン回路に接続して使用する。負荷7などの短絡により直流回路に大きな電流変化が生じると短絡コイル4'が作動する。短絡コイル4'は、直流の遮断回路で利用する回路遮断器8の特性に合わせて1次側の電流値の増加を抑制するもので、具体的には回路遮断器8を所望の時間で動作させる電流値までは、インダクタ1'の影響を軽微に抑えることで迅速に増加させ、任意の電流値を

超えてから電流増加を抑制するためのものである。

[0035] 通常のトランス等において結合係数 K は電流値によって変化しないことが重要であるが、本発明に係る限流用のインダクタ $1'$ を構成する主コイル $2'$ と短絡コイル $4'$ との間の結合係数 K は、主コイル $2'$ に流れる電流が大きくなるにつれて低下し、 $K \leq 0.5$ 付近において電流増加を急激に遅くできることを見出した（図6参照）。すなわち、結合係数 K の低下する割合 α （ $\alpha = -dK/dA$ ）が $K = 0.5$ を境にして、 K が 0.5 超の α より大きくなることが分かった。その結果、大電流時に電流を抑制する効果は、任意の電流値における結合係数 K の値を 0.5 以下になるよう限流用のインダクタを設計することで実現できる。なお、 α は、磁心の形状、主コイルの巻き数、短絡コイルの巻き数や、コイルの電気抵抗値により任意に制御できる。例えば、短絡コイルの巻き数を増やす、磁気回路の磁気抵抗を下げる、磁心の飽和磁束密度値を高くする、および／または、短絡コイルの数を増やしたり、短絡コイルの線径を大きくして短絡コイルの抵抗値を下げることで、 α が急激に変化する電流値を大電流側にシフトすることができる。

[0036] 本発明の保護回路は、直流回路において短絡発生初期には、回路遮断器を素早く動作させるために迅速に電流値を大きくしながらも、短絡電流が大きくなり過ぎないように電流波形を制御できるので、EV用急速充電器等のバッテリー充電器、データセンターやスマートハウス等に利用される高圧直流送電システム（HVDC）、太陽光発電等の直流発電機器等に利用できる。

実施例

[0037] 実施例1

粒子表面が無機絶縁被膜で覆われた鉄粉粒子（ヘガネス社製、Soma I o y：絶縁性被膜処理鉄粉）を用いて、図1に示す内部にコイルを配置できる空間部を有するポッド型磁性コア3を作製した。磁性コア3の寸法は内径（ t_1 ）28mm、外径（ t_2 ）120mm、高さ（ t_3 ）36.5mm、空間部の横方向厚さ（ t_4 ）12mm、空間部の縦方向厚さ（ t_5 ）10mmのポッド型であり、これを2個作製した。

[0038] 巾と厚みの寸法が 5×4.5 mmの平角絶縁巻線を準備して、これをエッジワイズ巻きして、コイル寸法が内径80 mm、外径90 mm、高さ50 mmのコイルを作製した。コイルを磁性コア3の一方に配置し、引き出し線を固定した。

一方、上記平角絶縁巻線を用いて、コイル寸法が内径54 mm、外径64 mm、高さ50 mmであり、引き出し線を有するコイル（主コイル2）と短絡コイル（コイル4）の巻数比が10 : 1となる短絡コイルを作製した。この短絡コイルは、コイル巻始めと巻終わりとを電氣的に接続した。この短絡コイルを上記引き出し線を有するコイルの内側に配置し、他方の磁性コア3を用いて、コイル全体を覆い、図1に示すインダクタを作製した。両コイルのコイル間隔（ t_0 ）は7 mmであった。

[0039] 電流値を変化させて、得られたインダクタのインダクタンスをLCRメータで測定した。結果を図2に示す。

[0040] 実施例2

引き出し線を有するコイルと短絡コイルとの巻数比を10 : 3とする以外は実施例1と同様のインダクタを作製した。実施例1と同様の方法にてインダクタンスを測定した。結果を図2に示す。

[0041] 実施例3

引き出し線を有するコイルと短絡コイルとの巻数比を10 : 5とする以外は実施例1と同様のインダクタを作製した。実施例1と同様の方法にてインダクタンスを測定した。結果を図2に示す。

[0042] 比較例1

短絡コイルを配置しない以外は実施例1と同様のインダクタを作製した。実施例1と同様の方法にてインダクタンスを測定した。結果を図2に示す。

[0043] 図2に示すように、比較例1のインダクタの場合、印加電流が小さいとき大きなインダクタンスが得られるが、電流が増加に伴いインダクタンスが減少する。短絡コイルを設けない比較例1に対し、各実施例は短絡コイルを配置することにより、電流が小さいときインダクタンスは小さいが、電流が大

きくなるにつれインダクタンスが大きくなっている。実施例 1～実施例 3 に示すように、結合係数を高めるとインダクタンスのピークが高電流側に変動する。

[0044] また、本発明は特に磁性材料の種類に制限はなく、特許第 4 7 6 3 6 0 9 号、特許第 5 0 6 9 9 6 2 号、特願 2 0 1 4 - 6 2 2 3 0 に記載の材料でも同様の傾向が観測できた。

[0045] 実施例 4

実施例 4 で用いたインダクタを図 4 に示す。図 4 はインダクタの平面図である。

外径 $\phi 20.2\text{ mm}$ × 内径 $\phi 12.5\text{ mm}$ × 厚さ $t 6.4\text{ mm}$ のアモルファス製ダストコア 3' (圧粉体密度 5.6 g/cm^3) にそれぞれ 16 ターン巻いた主コイル 2'、および短絡コイル 4' を有するインダクタ 1' を作製した。主コイル 2' および短絡コイル 4' は直径 0.6 mm の銅エナメル線を使用した。短絡コイル 4' は、コイル巻始めと巻終わりとを電氣的に接続した。また、短絡コイル 4' の線径、主コイル 2' と短絡コイル 4' の巻き数比、それぞれの巻き数を調整することにより、700 A 時に結合係数 K が 0.2 になるよう設定した。

[0046] 得られたインダクタ 1' に短絡事故を模擬し、無通電状態から電圧 60 V の電力を印加した際の電流変化を測定した。結果を図 5 に示す。

[0047] 比較例 2

短絡コイルを配置しない以外は実施例 4 と同様のインダクタを作製した。実施例 4 と同様の方法にて電流変化を測定した。結果を図 5 に示す。

[0048] 実施例 4 のインダクタは、初期に素早く電流増加したのち、任意の電流値を超えた時点で電流増加を抑制する限流効果が発現した。その結果、直流回路において短絡発生初期には、回路遮断器動作のために迅速に電流値を大きくしながらも、短絡電流が大きくなり過ぎないように電流波形を制御できる。

一方、短絡コイルを有しない一般的な形態のインダクタである比較例 2 で

は、数10Aをこえた時点で磁気飽和が発生し、著しい電流上昇がはじまり、電流波形を制御できなかった。

産業上の利用可能性

[0049] 本発明のインダクタは、所定の位置に短絡コイルが内蔵されているので、大電流下で磁気飽和させることなく使用される電気機器のインダクタとして利用できる。また、本発明のインダクタを直流回路の保護回路を用いることで、ヒューズ代替として回路遮断器がより安全に利用できる。

符号の説明

- [0050]
- 1 インダクタ
 - 2 コイル
 - 3 磁性コア
 - 4 短絡コイル
 - 5 衝合面
 - 6 直流電源
 - 7 負荷
 - 8 回路遮断器

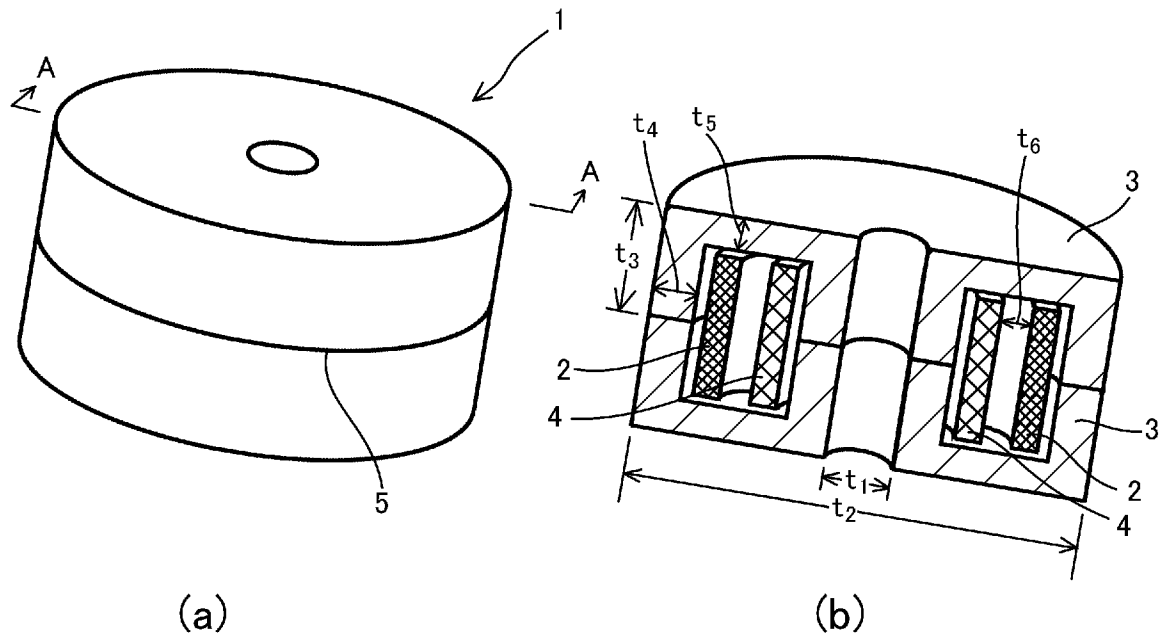
請求の範囲

- [請求項1] 主コイルを内蔵する磁性コアからなるインダクタであって、
前記主コイルに印加される印加電流が作る磁界を打ち消す作用を有する短絡コイルを備えていることを特徴とするインダクタ。
- [請求項2] 前記短絡コイルが前記主コイルと同心に配置されていることを特徴とする請求項1記載のインダクタ。
- [請求項3] 前記短絡コイルは、コイル巻始めと巻終わりとは短絡されているコイルであることを特徴とする請求項1記載のインダクタ。
- [請求項4] 前記磁性コアが鉄系の磁性体であることを特徴とする請求項1記載のインダクタ。
- [請求項5] 直流電源と負荷との間に回路遮断器が接続され、この回路遮断器に限流用のインダクタが直列に接続されている保護回路であって、
前記インダクタが請求項1記載のインダクタであることを特徴とする保護回路。
- [請求項6] 前記限流用のインダクタは、前記主コイルと前記短絡コイルとの間の結合係数Kが前記印加電流の増加に伴い低下することを特徴とする請求項5記載の保護回路。
- [請求項7] 下記式で定義される α が $K = 0.5$ を境にして、 K が 0.5 超の α より大きくなることを特徴とする請求項5記載の保護回路。

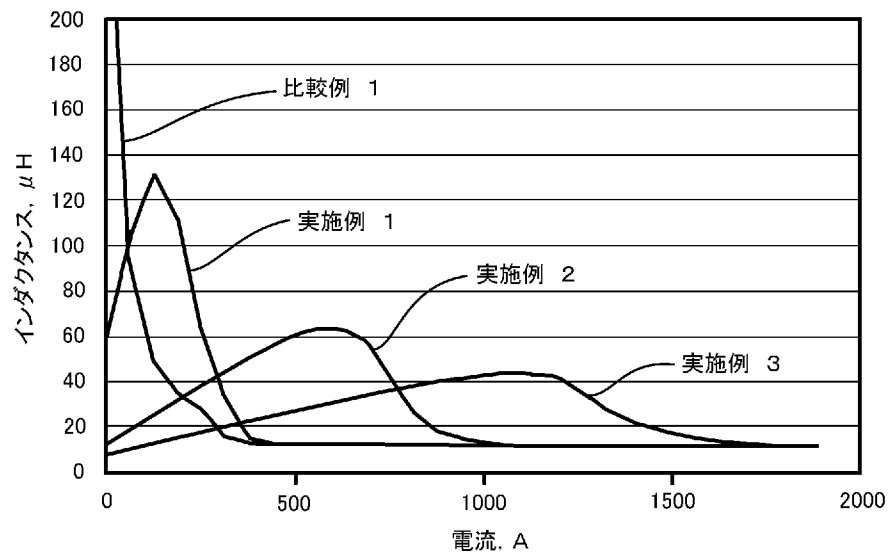
$$\alpha = -dK / dA$$

ここで、 α は印加電流の増加に伴い低下する結合係数Kの低下する割合、Kは主コイルと短絡コイルとの間の結合係数、Aは印加電流をそれぞれ表す。

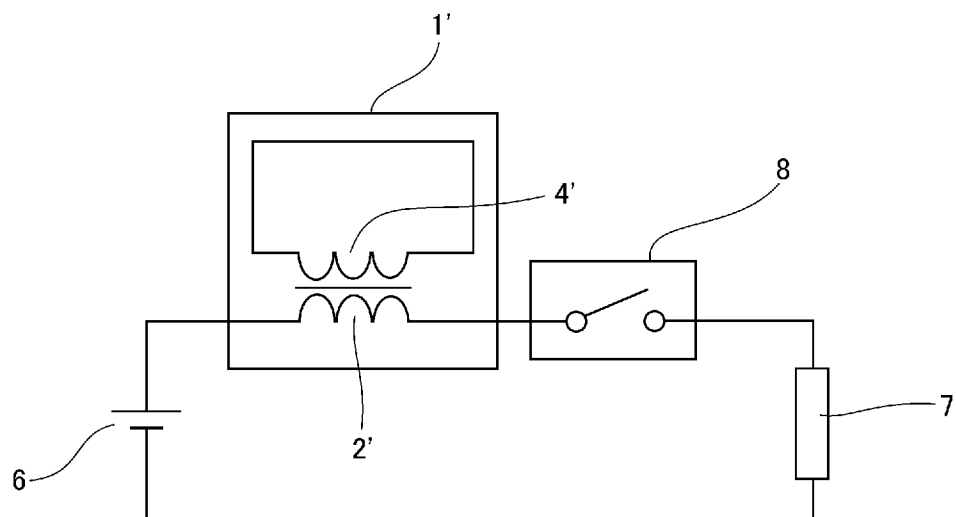
[図1]



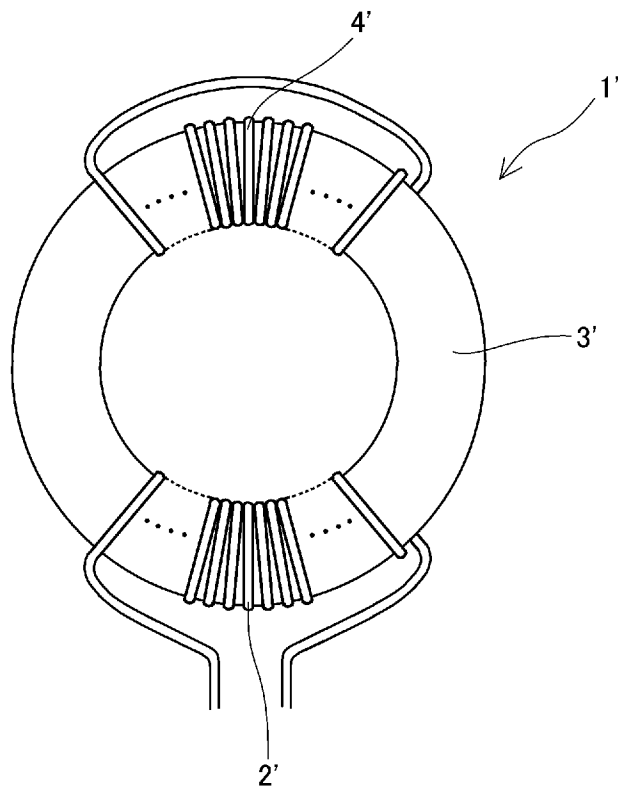
[図2]



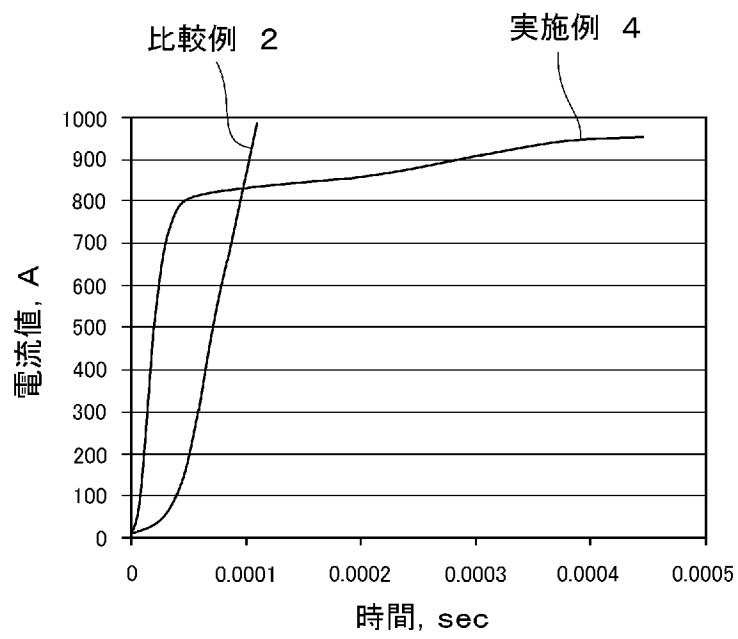
[図3]



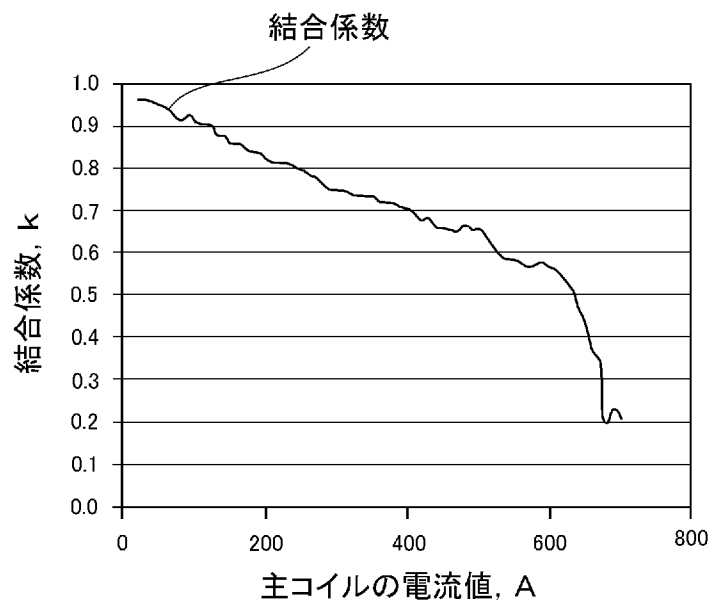
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F37/00(2006.01) i, H01F27/42(2006.01) i

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)

H01F37/00, H01F27/42

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X	JP 2005-5287 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 January 2005 (06.01.2005), paragraphs [0001] to [0053]; fig. 1 to 13 & US 2004/0246090 A1 paragraphs [0001] to [0072]; fig. 1 to 14 & CN 1574127 A	1-4
X Y	WO 2014/188662 A1 (Panasonic Intellectual Property Management Co., Ltd.), 27 November 2014 (27.11.2014), paragraphs [0008] to [0047]; fig. 1 to 17 (Family: none)	1-4 5-7

☒ 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
11 May 2016 (11.05.16)

Date of mailing of the international search report
24 May 2016 (24.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057746

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015/015831 A1 (Toshiba Corp.), 05 February 2015 (05.02.2015), paragraphs [0001] to [0030]; fig. 1 to 3 & JP 2015-33187 A & CN 105409079 A	5-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01F37/00(2006.01)i, H01F27/42(2006.01)i

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. H01F37/00, H01F27/42

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 請求項の番号
X	JP 2005-5287 A (松下電器産業株式会社) 2005.01.06, 【0001】 — 【0053】, 図1-13 & US 2004/0246090 A1, [0001]-[0072], FIG.1-14 & CN 1574127 A	1-4
X	W0 2014/188662 A1 (パナソニック IPマネジメント株式会社)	1-4
Y	2014.11.27, [0008] — [0047], 図1-17 (ファミリーなし)	5-7
Y	W0 2015/015831 A1 (株式会社東芝) 2015.02.05, [0001] — [0030], 図1-3 & JP 2015-33187 A & CN 105409079 A	5-7

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

11.05.2016

国際調査報告の発送日

24.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

井上 健一

5D

9373

電話番号 03-3581-1101 内線 3551