(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
2006 年5 月4 日 (04.05.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/046740 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 33/035 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/020039

(22) 国際出願日: 2005 年10 月31 日 (31.10.2005)

(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 2004-316942
2004 年10 月29 日 (29.10.2004) 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).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 清水 隆行 (SIMIZU, Takayuki) [JP/JP]. 吉澤 正人 (YOSHIZAWA, Masahito) [JP/JP].

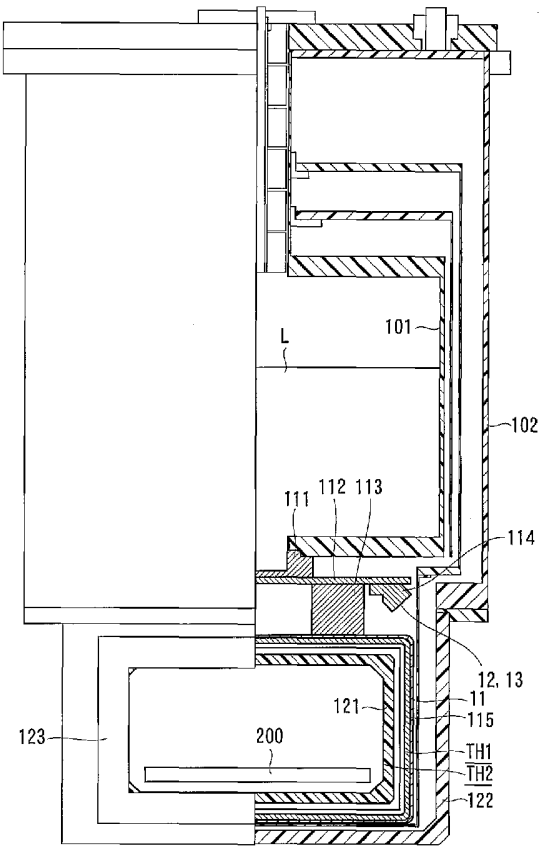
(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目７番２号 鈴榮特許綜合事務所内 Tokyo (JP).

(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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: INSPECTING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 検査装置



(57) Abstract: An inspecting instrument composed of oxide superconducting materials the degradation of which can be suppressed. The instrument comprises a transformer (T) having a magnetic flux variation detecting coil (11) and a magnetic flux transfer coil (12) and made of a first superconducting material, a SQUID element (13) magnetically coupled to the magnetic flux transfer coil (12) and made of a second superconducting material, a first indirect cooling section (114) where the magnetic flux transfer coil (12) and the SQUID element (13) are arranged, a second indirect cooling section (115) having a first trough hole (TH1) and wound with the magnetic flux variation detection coil (11) in the circumferential direction of the first through hole (TH1), a vessel in which a region having a second though hole (TH2) inside the first through hole (TH1) and provided with the transformer (T) and the SQUID element (13) servers as a closed space, and a cooling section (101) made of the nonmagnetic material and thermally connected to the first and second indirect cooling sections so that the temperatures of the transformer (T) and the SQUID element are decreased to or below the transition temperature.

(57) 要約: 酸化物超伝導材料の劣化を抑制し得る検査装置は、磁束変動検出コイル１１と磁束伝達コイル１２とを具備し、第１の超伝導材料で構成されたトランスＴと、前記磁束伝達コイル１２に磁気的に結合され、第２の超伝導材料で構成されたＳＱＵＩＤ素子１３と、磁束伝達コイル１２及びＳＱＵＩＤ素子１３が配置された第１の間接冷却部１１４と、第１の貫通孔ＴＨ１を有する第２の間接冷却部１１５であって、第１の貫通孔ＴＨ１の周方向に沿って磁束変動検出コイル１１が巻かれている第２の間接冷却部１１５と、前記第１の貫通孔ＴＨ１の内側に第２の貫通孔ＴＨ２を有し、トランスＴ及びＳＱＵＩＤ素子１３が配置された領域を密閉空間とするための容器と、非磁性材料で構成され、トランスＴ及びＳＱＵＩＤ素子の温度を転移温度以下に冷却するため

[続葉有]

WO 2006/046740 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, 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, LV, 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

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。

に、前記第１および第２の間接冷却部に熱的に接続された冷却部１０１とを具備する。

明 細 書

検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、SQUID素子を用いて微小金属の有無を検査する検査装置に関する。

背景技術

[0002] 極微小な金属等の磁気測定例として、物性物理研究分野においける磁化率測定装置での応用があげられる(非特許文献1)。食品や薬品、および衣料品に混入した微小金属を検出することは不意の事故を引き起こしかねず、製品安全管理上重要である。

[0003] 近年、地磁気の10億分の1程度の磁束を高感度に検出することができる超伝導量子干渉素子(Superconducting Quantum Interference Device : SQUID素子)を用いたSQUID素子磁束計が様々な分野で応用されている。高感度な非接触磁気計測を要求する分野での有効性が示されており、微小金属検出に際しても検出感度向上の上で期待が持てる。

[0004] SQUID素子を構成する超伝導材料として酸化物超伝導材料を用いることが考えられている。酸化物超伝導材料は、比較的高温で動作する。

[0005] ところが、酸化物超伝導材料は、組成変動に対して、転移温度が変動しやすい。降温－昇温サイクル課程で酸化物超伝導材料が結露すると、酸素抜け等が生じて組成が変動しやすく、転移温度が変化する。

[0006] また、工業的には、ベルトコンベア等で検査対象物を流して、検査することが望ましい。

非特許文献1:ジョセフソン効果の物理と応用(近代科学社)pp.412-pp.414

発明の開示

[0007] [発明が解決しようとする課題]

本発明の目的は、SQUID素子を構成する酸化物超伝導材料の劣化を抑制すると共に、ベルトコンベア等で検査対象物を流して検査することが可能な検査装置を提供することにある。

[0008] [課題を解決するための手段]

本発明の一例に係わる検査装置は、磁束変動検出コイルと磁束伝達コイルとを具備し、第1の酸化物超伝導材料で構成されたトランスと、前記磁束伝達コイルに磁気的に結合され、第2の酸化物超伝導材料で構成されたSQUID素子と、第1の貫通孔を有する冷却手段であって、前記第1の貫通孔の表面に前記トランス及びSQUID素子が配置され、前記第1の貫通孔の周方向に沿って前記磁束変動検出コイルが巻かれている間接冷却部と、前記トランス及びSQUID素子が配置された領域を密閉空間とするために前記第1の貫通孔内に配置された密閉用部材であって、第2の貫通孔を有する密閉用部材と、前記トランス及びSQUID素子の温度を転移温度以下に冷却するために、前記間接冷却部に熱的に接続された冷却部であって、非金属材料で構成された冷却部と

を具備してなることを特徴とする。

[0009] [発明の効果]

本発明によれば、トランス及びSQUID素子は、液体ヘリウムや液体ヘリウムにジャブ漬けされて冷却されるのではなく、密閉空間内に配置されて間接的に冷却されることによって、結露せず、トランス及びSQUID素子を構成する酸化物超伝導材料の劣化を抑制することができる。また、第2の貫通孔内にベルトコンベアを配置することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係わる測定装置の測定部及び解析部の概略構成を示す図である。

[図2]図2は、本発明の一実施形態に係わる測定装置の概略構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0011] 本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

[0012] 図1は、本発明の一実施形態に係わる検査装置の測定部及び解析部の概略を示す図である。

[0013] 図1に示すように、測定部10は、磁束変動検出コイル11と磁束伝達コイル12とからなるトランスTと、磁束伝達コイル12に隣接し、磁束伝達コイル12と磁気的に結合す

るSQUID素子13とから構成されている。磁束変動検出コイル11及び磁束伝達コイル12は、臨界温度T_cが液体窒素の沸点以下の所謂高温超伝導をベースにしたテープ材で構成されている。本実施形態において、テープ材は、臨界温度T_c～110Kである(Bi, Pb)$_2$Sr$_2$Ca$_2$Cu$_3$O$_x$(第1の酸化物超伝導材料)をベースに、銀をシース材に用いたパウダー・イン・チューブ法により製造されたものを用いた。

[0014] また、SQUID素子13は、基板上に形成されたBi系の超電導薄膜(第2の酸化物超電導材料)で構成されている。

[0015] 磁束変動検出コイル11は、600mm×250mmの一次微分型のコイルである。また、磁束伝達コイル12によってSQUID素子13に信号が伝達されるので、磁束伝達コイル12で磁束濃縮を行うことが望まれる。磁束濃縮を行うためには、コイル線密度を高く設定すればよい。酸化物超伝導テープ材は、上述したように"パウダー・イン・チューブ法"によって製造される。この場合、巻線数増加に伴う径方向のコイル厚を抑える事が最も効果的で、平角コイルを用いたα巻による積層が適当である。本実施形態の磁束伝達コイル12は、直径20mm、巻数50回のα巻コイルである。磁束濃縮を行うために、磁束伝達コイル12の略中央に磁性体コアを配置してもよい。

[0016] 磁束変動検出コイル11内部において、磁束変動が生じた場合、超伝導線材内部には磁束変動を打ち消すように遮蔽電流が流れる。遮蔽電流は磁束伝達コイルに流れる。磁束伝達コイルは、遮蔽電流を磁気に変換し増幅を行う。磁束伝達コイルで発生した磁気をSQUID素子13で検出する。これにより、磁束検出コイル11の磁束変動をSQUID素子13によって検出・測定することができる。

[0017] SQUID素子13で拾われた信号を解析するための解析部20は、公知の磁化率測定装置と同様なので詳しい説明を省略する。SQUID素子13には、1次微分型グラジオメータ等の高次微分型グラジオメータやベクトル型マグネトメータを結合させる事ができる。

[0018] この図1に示す測定部10は図2に示す、デュワーに格納される。図2は、本発明の一実施形態に係わるデュワーの概略構成を示す図である。

[0019] 図2に示すように、内部槽(冷却部)101の内部に液体ヘリウムLが貯蔵される。内部槽101の底には、第1のCu部材111が設けられている。第1のCu部材111の底面

側に構成する第2のCu部材112が設けられている。第2のCu部材112の裏面側に、第3のCu部材113、および第1の間接冷却部を構成する第4のCu部材114が設けられている。第4のCu部材114は、第1，第2のCu部材111，112によって内部槽101内の液体ヘリウムに熱的に接続する。第3のCu部材113の底面側に第2の間接冷却部を構成し、第1の貫通孔を有する第5のCu部材115が接続されている。第5のCu部材115は、第1，第2，第3のCu部材111，112，113によって内部槽101内の液体ヘリウムに熱的に接続する。

[0020] 第5のCu部材115の表面には、第1の貫通孔TH1の周方向を巻くように磁束変動検出コイル11が設けられている。磁束変動検出コイル11は、内部槽101内の液体ヘリウムLに熱的に接続する第5のCu部材115によって超伝導転移温度以下に冷却される。

[0021] 第4のCu部材114の表面には、磁束伝達コイル12、および磁束伝達コイル12と磁気的に結合するSQUID素子13が配置されている。磁束伝達コイル12およびSQUID素子13は、内部槽101内の液体ヘリウムLに熱的に接続する第4のCu部材114によって超伝導転移温度以下に冷却される。

[0022] 第1の貫通孔TH1の内側には第2の貫通孔TH2を有する第1の繊維強化プラスチック(FRP)部材121が設けられている。内部槽101の外側には外部槽102が設けられている。外部槽102の底面に第2の繊維強化プラスチック(FRP)部材122が接続されている。

[0023] 内部槽101、外部槽102、第1のFRP部材121、第2のFRP部材122の間の空間を密閉空間とするために第3の繊維強化プラスチック(FRP)部材123が設けられている。この密閉空間には、トランスT及びSQUID素子13が配置されている。

[0024] 第2の貫通孔TH2内を、ベルトコンベア200を配置することができる。ベルトコンベア200を動作させることによって、検査体が第2の貫通孔TH2内を通過して検査対内部に金属が有るか否かを検査することができる。

[0025] 本実施形態では、トランスT及びSQUID素子13を転移温度以下に冷やすための内部槽101が、金属製ではなく非磁性体の繊維強化プラスチック(FRP)で製造されている。そのため、SQUID素子13の特性低減をことができる。また、液体ヘリウム温

度では、接着剤はワレ、剥離を起こすため構造材に接着剤は使用できない。しかし、内部槽102、外部槽101は一体成形で製造されているので、内部槽102の内部に液体ヘリウムを貯蔵することができる。

[0026] トランス及びSQUID素子からなる測定部を液体窒素または液体ヘリウム等にジャブ漬けして冷却した後、液から取り出し室温に戻るという降温－昇温過程でトランスT及びSQUID素子13が結露する。酸化物超伝導体は、結露による水分に触れると劣化しやすい。

[0027] 本実施形態の装置の場合、トランスT及びSQUID素子13を冷却するために、トランスT及びSQUID素子13と液体ヘリウムを貯蔵する内部槽102とが、第1のCu部材111、外部槽101、及び第2のCu部材112を用いて熱的に接続される。そして、トランスT及びSQUID素子13が配置された空間は、真空状態である。よって、降温－昇温過程を経てもトランスT及びSQUID素子13は、結露しない。なお、密閉空間を真空状態にするかわりに、密閉空間内に乾燥した不活性ガスを封入してもよい。

[0028] また、MgB_2も劣化しやすい超伝導材料であるので、トランスTおよびSQUID素子を構成する材料としてMgB_2を用いても良い。

[0029] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態では、デュワーの内部層内に液体ヘリウムを貯蔵したが、トランスT及びSQUID素子13が転移温度以下に冷却されるならば、内部層内に液体窒素を貯蔵してもよい。トランスT及びSQUID素子13を構成する酸化物超伝導材料としてBi系を用いたが他の酸化物超伝導材料を用いてもよい。臨界温度が液体窒素の沸点未満の酸化物超伝導材料を用いてもよい。トランスT及びSQUID素子13を冷却するための冷却部として液体ヘリウムを貯蔵するデュワーを用いたが、無冷媒冷凍機（例えば、GM方式、パルス管方式、スターリング方式）を用いてもよい。

[0030] その他、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することが可能である。

請求の範囲

[1] 磁束変動検出コイルと磁束伝達コイルとを具備し、第1の超伝導材料で構成されたトランスと、

前記磁束伝達コイルに磁気的に結合され、第2の超伝導材料で構成されたSQUID素子と、

前記磁束伝達コイル及びSQUID素子が配置された第1の間接冷却部と、

第1の貫通孔を有する第2の間接冷却部であって、前記第1の貫通孔の周方向に沿って前記磁束変動検出コイルが巻かれている第2の間接冷却部と、

前記第1の貫通孔の内側に第2の貫通孔を有し、前記トランス及びSQUID素子が配置された領域を密閉空間とするための容器と、

非磁性材料で構成された、前記トランス及びSQUID素子の温度を転移温度以下に冷却するために、前記第1および第2の間接冷却部に熱的に接続された冷却部とを具備することを特徴とする検査装置。

[2] 前記密閉空間は真空状態であることを特徴とする請求項1に記載の検査装置。

[3] 前記磁束伝達コイルの略中央に磁性体コアが配置されていることを特徴とする請求項1に記載の検査装置。

[4] 前記第1及び第2の超伝導材料の転移温度が液体窒素の沸点以上であることを特徴とする請求項1に記載の検査装置。

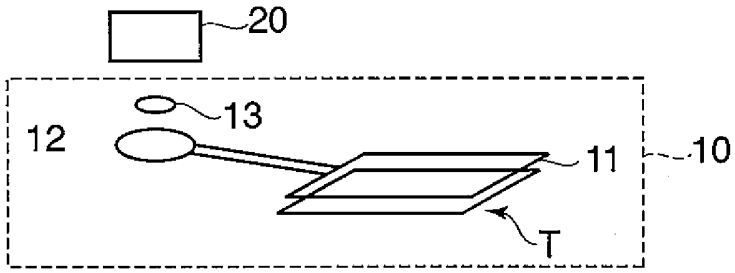
[5] 前記第1の超伝導材料が、酸化物超伝導材料をベースにしたテープ材、または線材であることを特徴とする請求項1記載の検査装置。

[6] 前記第1及び第2の超伝導材料が、MgB_2によって構成されていることを特徴とする請求項1記載の検査装置。

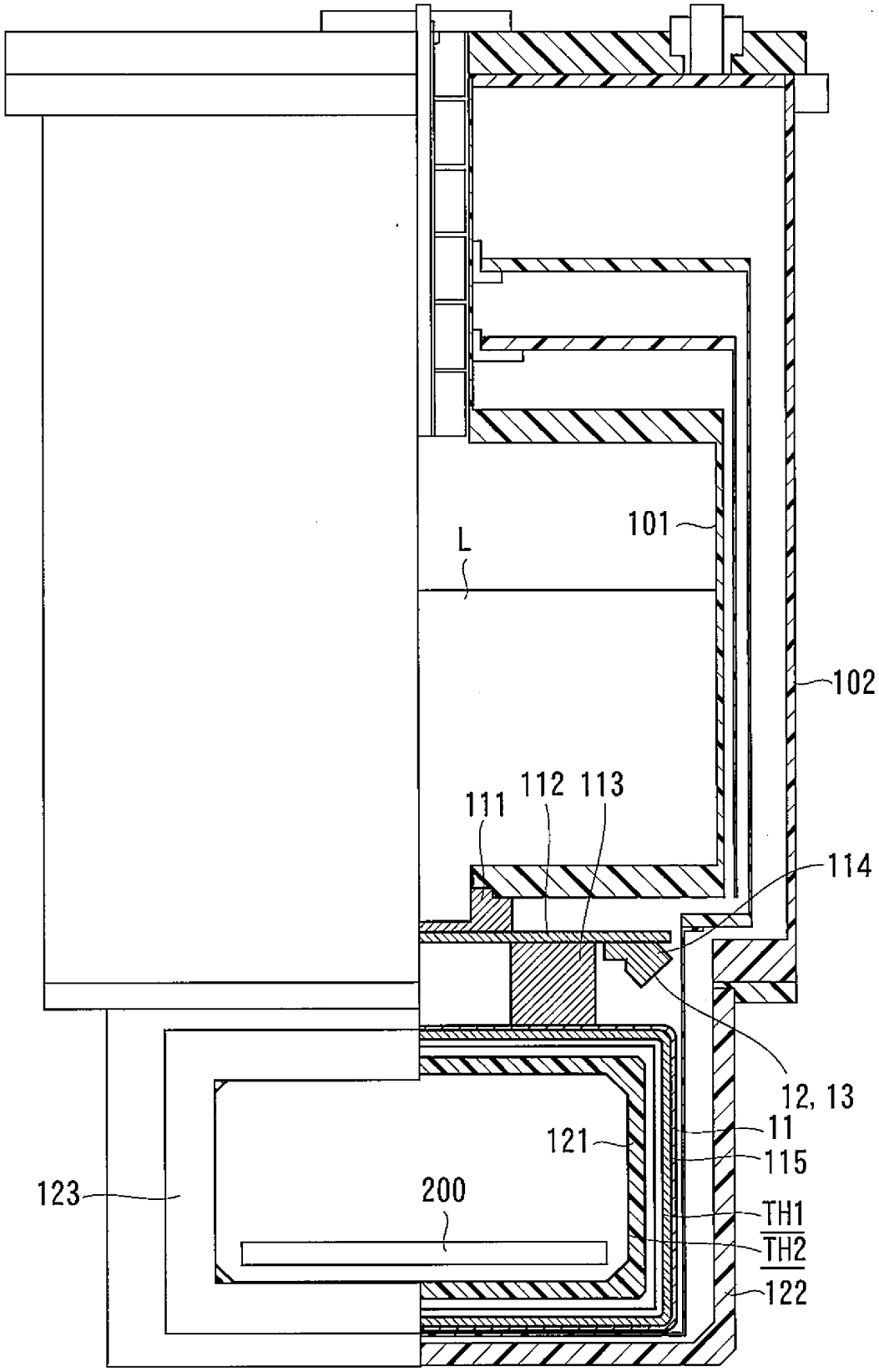
[7] 前記冷却部は、繊維強化プラスチック(FRP)で構成されていることを特徴とする請求項1記載の検査装置。

[8] 前記第2の貫通孔内に被検査対象物を通過させるためのベルトコンベアを更に具備することを特徴とする請求項1に記載の検査装置。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/020039

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01R33/035(2006.01)

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)
G01R33/035, G01N27/72-90, H01L39/00-04, H01L39/14-24

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 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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.
A	JP 2004-151064 A (Shokuniku Seisan Gijutsu Kenkyu Kumiai), 27 May, 2004 (27.05.04), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2001-289927 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19 October, 2001 (19.10.01), Full text; all drawings & EP 1281980 A1 Full text; all drawings	1-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
17 January, 2006 (17.01.06)	24 January, 2006 (24.01.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０２００３９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　***G01R33/035*** (2006.01)

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.　G01R33/035, G01N27/72-90, H01L39/00-04, H01L39/14-24

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	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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
A	JP 2004-151064 A（食肉生産技術研究組合）2004.05.27, 全文，全図（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2001-289927 A（住友電気工業株式会社）2001.10.19, 全文，全図 & EP 1281980 A1，全文，全図	1-8

☐　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	国際調査報告の発送日
１７．０１．２００６	２４．０１．２００６

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）　２Ｓ　３００５
堀　圭史
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８