

(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  
2010年10月28日(28.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/122733 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01R 33/035 (2006.01) H01L 39/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/002665
- (22) 国際出願日: 2010年4月13日(13.04.2010)
- (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 2009-105709 2009年4月23日(23.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人 豊橋技術科学大学(National University Corporation TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 廿日出好 (HATSUKADE, Yoshimi) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 国立大学法人 豊橋技術科学大学内 Aichi (JP). 田中三郎(TANAKA, Saburo) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 国立大学法人 豊橋技術

科学大学内 Aichi (JP). 金井翔 (KANAI, Sho) [JP/JP]; 〒4418580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 国立大学法人 豊橋技術科学大学内 Aichi (JP).

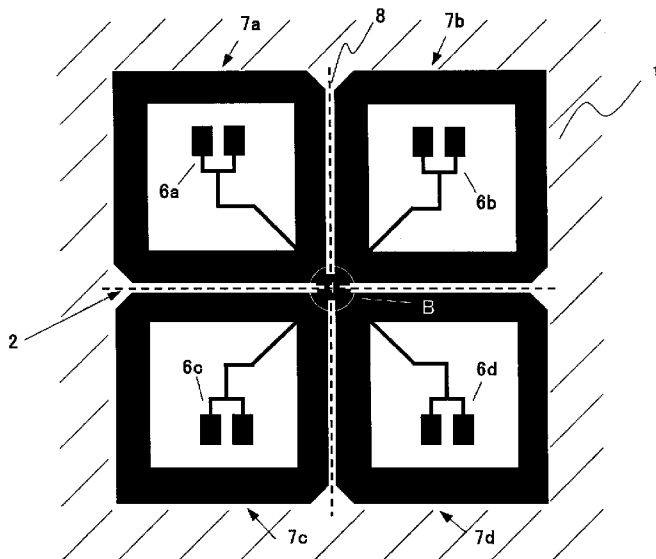
- (74) 代理人: 清水守(SHIMIZU, Mamoru); 〒1010053 東京都千代田区神田美土代町1-1番地12ニチヨビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SQUID MAGNETIC SENSOR

(54) 発明の名称: SQUID磁気センサ

[図3]



(57) Abstract: Provided is a directly coupled high-temperature superconducting SQUID magnetic sensor which has a thin film single layer structure and stably operates with a high sensitivity even in a magnetic field by suppressing a magnetic flux trap or jump generated in the sensor in the magnetic field and preventing the performance of the SQUID magnetic sensor from deteriorating. The superconducting quantum interference device magnetic sensor is provided with: a bicrystal substrate (1) having a bicrystal grain boundary coupling section; pickup loops (7a-7d) formed of a first high-temperature superconducting thin film on the bicrystal substrate (1); and a SQUID ring (3), which is formed of the first high-temperature superconducting thin film directly connected to the pickup loops (7a-7d), on the bicrystal grain boundary coupling section. A plurality of the pickup loops (7a-7d) are provided at positions not overlapping the bicrystal grain boundary coupling sections with a bicrystal grain boundary line (2) at the center.

(57) 要約: 薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 SQUID 磁気センサにおいて、磁場中でも高感度で安定して動作する高温超伝導型 SQUID 磁気センサを提供する。バイクリスタル粒界接合部を持つバイクリスタル基板 1 と、このバイクリスタル基板 1 上に第 1 の高温超伝導薄膜で形成されるピックアップループ 7a~7d と、前記バイクリスタル粒界接合部に前記ピックアップループ 7a~7d と直接接続する前記第 1 の高温超伝導薄膜で形成された SQUID リング 3 とを備えた超伝導量子干渉素子磁気センサにおいて、前記ピックアップループ 7a~7d を、前記バイクリスタル粒界接合部に重ならない位置にバイクリスタル粒界ライン 2 を中心にして複数配設する。

WO 2010/122733 A1

GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

## 明 細 書

発明の名称： S Q U I D磁気センサ

### 技術分野

[0001] 本発明は、磁気シールド等を用いない環境磁気ノイズ中でも安定して動作する高感度な薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導・超伝導量子干渉素子（ S u p e r c o n d u c t i n g Q U a n t u m I n t e r f e r e n c e D e v i c e : S Q U I D）磁気センサに関するものである。

### 背景技術

[0002] 高温超伝導 S Q U I D は良好な感度を持つ磁気センサであるが、バイクリスタル粒界接合を用いた薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 S Q U I D 磁気センサは、数 1 0 n T ~ 数 1 0 0 n T の磁場にさらされると、磁束トラップ・ジャンプを生じて動作が不安定となる（例えば、非特許文献 1 参照）。そのため、磁場中に高温超伝導 S Q U I D 磁気センサを配置して計測を行う場合や磁場ノイズが大きい環境で用いる場合、 S Q U I D 磁気センサを高感度のまま安定して動作させることが困難であった。

### 先行技術文献

#### 非特許文献

[0003] 非特許文献 1 : P e t e r S e l d e r s , e t a l . , “ R e d u c t i o n o f 1 / f - N o i s e i n H T S - S Q U I D s b y A r t i f i c i a l D e f e c t s ” , I E E E T r a n s . A p p l . S u p e r c o n d . , v o l . 9 , n o . 2 , p p . 2 9 6 7 - 2 9 7 0 , 1 9 9 9 .

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 図 1 及び図 2 は、従来の一般的なバイクリスタル粒界接合を用いた薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 S Q U I D 磁気センサであり、図 1 はその全体図、図 2 は S Q U I D リング部（図 1 の A の一部）の拡大図である。

図1及び図2において、101はバイクリスタル（bi-crystal）基板、102はバイクリスタル粒界ライン、103はピックアップループ、104A、104Bはバイクリスタル粒界接合部（バイクリスタルジョセフソン接合部：弱結合部）、105は切り欠き、106はSQUIDリングである。

[0005] これらの図に示すように、このタイプのSQUIDは、SQUIDリング106がバイクリスタル基板101のバイクリスタル粒界ライン102上に位置する構造となっている。このようなパターンでは、ピックアップループ103において、バイクリスタル基板101のバイクリスタル粒界ライン102上に幅の広いバイクリスタル粒界接合部（弱結合部）を持つ超伝導薄膜が広範囲に形成される。

[0006] このSQUIDが磁場中で冷却される際、SQUIDリング106のバイクリスタル粒界接合部104A、104B、およびバイクリスタル粒界102上のピックアップループ103において、その他の粒界のない部分より多くの磁束がピン止めされやすい。そして、SQUIDに磁場が印加されると、磁場によってピックアップループ103やSQUIDリング106に遮蔽電流が発生し、この遮蔽電流とピン止めされた磁束との間にローレンツ力が発生する。このローレンツ力がバイクリスタル粒界接合部104A、104B、およびバイクリスタル粒界102上のピックアップループ103の弱いピン止め力を超える場合、バイクリスタル粒界接合部104A、104B、およびバイクリスタル粒界102上のピックアップループ103でピン止めされていた磁束が超伝導薄膜におけるエネルギーのより低い場所にジャンプして、複数の磁束がランダムに移動し続ける磁束クリープが生じる。特に、SQUIDリング106のバイクリスタル粒界接合部104A、104Bに磁束がトラップされた場合、SQUID磁気センサの特性が劣化して感度が低下し、SQUID磁気センサを長時間安定して動作させることが困難になる。したがって、このようなパターンのSQUID磁気センサは磁場耐性が低く、磁場ノイズが大きい環境や磁場中で行う測定での使用が困難である。

[0007] 実際に、ピックアップループ103のサイズが8mm×8mmで、SQUIDリング106のバイクリスタル粒界接合部104A、104B、およびピックアップループ103中にバイクリスタル粒界によるバイクリスタル粒界接合部を持つ、図1に示すパターンの薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサを作製して磁場耐性を調べたところ、振幅約100nT、100Hzの交流磁場中で磁束トラップ・ジャンプが生じて感度が低下し、不安定動作状態となった。

[0008] そこで、本発明では、これらの磁場中における感度低下と不安定動作の問題を解決するため、SQUIDリングのバイクリスタル粒界接合部での磁束トラップ及びジャンプを低減して、磁場中でも安定に動作する高感度なSQUID磁気センサを提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0009] 本発明の目的を達成するために、

〔1〕バイクリスタル粒界接合部を持つバイクリスタル基板と、このバイクリスタル基板上に第1の高温超伝導薄膜で形成されるピックアップループと、前記バイクリスタル粒界接合部上に前記ピックアップループと直接接続する前記第1の高温超伝導薄膜で形成されたSQUIDリングとを備えた超伝導量子干渉素子（Superconducting Quantum Interference Device：SQUID）磁気センサにおいて、前記ピックアップループを、前記バイクリスタル粒界接合部に重ならない位置にバイクリスタル粒界ラインを中心にして両側に複数配設することを特徴とする。

[0010] 〔2〕上記〔1〕記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記ピックアップループを、1つのバイクリスタル粒界ラインとこれに垂直なラインそれぞれを中心にして両側に2個ずつ配設することを特徴とする。

〔3〕上記〔1〕又は〔2〕記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記バイクリスタル粒界接合部上に形成された前記SQUIDリングが、第2の高温超伝導薄膜で覆われていることを特徴とする。

[0011] [4] 上記[3]記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記第2の高温超伝導薄膜が、前記ピックアップループのうち任意の隣接する2個のピックアップループによって形成される隙間を少なくとも覆うことを特徴とする。

[5] 上記[4]記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記第2の高温超伝導薄膜が、隙間を形成する前記2個の隣接するピックアップループそれぞれの線幅の1/2以上を覆うようにしたことを特徴とする。

[0012] [6] 上記[4]記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記ピックアップループ及び前記SQUIDリングと前記第2の高温超伝導薄膜との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする。

[7] 上記[4]記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記絶縁膜がCeO<sub>2</sub>であることを特徴とする。

[0013] [8] 上記[4]記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記絶縁膜がSTOであることを特徴とする。

[9] 上記[3]から[8]の何れか一項記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、表面上に前記第2の高温超伝導薄膜が形成され、かつ前記第2の高温超伝導薄膜の上面に絶縁膜が積層された第2の基板を備えており、この第2の基板と前記バイクリスタル基板とが、前記絶縁膜を介してフリップチップ構造となるように一体化されたことを特徴とする。

## 発明の効果

[0014] 本発明の、超伝導薄膜でSQUIDリングおよび分割したピックアップループの隙間を覆った薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサを用いることにより、比較的高い磁場中における安定した微小磁気計測が可能になる。

また、SQUIDリング部における磁束トラップを低減でき、磁束を有効にピックアップループに鎖交させることができることから、SQUIDの特性及び感度が向上する。

[0015] したがって、本発明によれば、これまで計測できなかった強磁性体にセン

サを接近させて微小磁気信号を計測することや、磁気ノイズの高い環境で微小磁気信号を計測することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]従来の薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサである。

[図2]図1に示す薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサのSQUIDリング周辺の拡大図である。

[図3]本発明における分割したピックアップループをもつ薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサの一実施例である。

[図4]図3に示す薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサのSQUIDリング周辺の拡大図である。

[図5]図3に示す薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサ上への超伝導薄膜の取り付け図である。

[図6]図5に示す超伝導薄膜を取り付けた薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサのバイクリスタル粒界ラインに沿ったC-C線断面図である。

[図7]図3に示す薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサに薄い絶縁層を挟んで超伝導層を積層した場合の、バイクリスタル粒界に沿った断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 図3及び図4は本発明の薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサの一実施例であり、図3はその全体図、図4はSQUIDリング部(図3のBの一部)の拡大図である。

これらの図において、1はバイクリスタル基板、2はバイクリスタル基板1のバイクリスタル粒界ライン、3はSQUIDリング、4A、4Bはバイクリスタル粒界接合部(弱接合部)、5は切り欠き、6a~6dは電圧・電流端子に接続される電極(例えば、高温超伝導薄膜上に蒸着したAg)、7a~7dは分割したピックアップループ(各サイズ1.5mm×1.5mm

) であり、分割したピックアップループ 7 a, 7 b, 7 c, 7 d に S Q U I D リング 3 が結合される。なお、8 はバイクリスタル基板 1 のバイクリスタル粒界ライン 2 に垂直なラインである。

[0018] バイクリスタル基板 1 の材料は、例えば、S T O ( S r T i O<sub>3</sub> ) であり、その上に Y B C O を厚さ 2 0 0 n m エピタキシャル成長させる。また、バイクリスタル基板 1 の接合角は、2 4 ° , 3 0 ° , 3 6 ° 及び 4 5 ° のうち何れかが使用できるが、本実施例では 3 0 ° を使用した。

ピックアップループにバイクリスタル粒界接合部 ( 弱接合部 ) が存在しないようにピックアップループを分割した構造とし、バイクリスタル基板 1 のバイクリスタル粒界ライン 2 上にピックアップループ 7 a ~ 7 d が位置しない構造とすることが望ましい。これにより、ピックアップループ 7 a ~ 7 d 内に磁束ピン止めが発生しやすい部分を排除することができる。本実施例ではピックアップループを 4 分割としたが、バイクリスタル基板 1 のバイクリスタル粒界ライン 2 上にピックアップループが位置しない構造であれば 2 分割でも 4 分割でも更に多分割であってもよい。

[0019] また、図 5 及び図 6 は、上記本発明の薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 S Q U I D 磁気センサと超伝導薄膜がフリップチップ構造となる取り付け図であり、図 5 はその上面図、図 6 は図 5 に示すバイクリスタル粒界ラインに沿った C - C 線断面図である。

これらの図において、1 1 はバイクリスタル基板、1 2 は S Q U I D リング、1 3 はバイクリスタル粒界ライン、1 4 A, 1 4 B はバイクリスタル粒界接合部 ( 弱接合部 ) 、1 5 a ~ 1 5 d は電圧・電流端子に接続される電極 ( 例えば、高温超伝導薄膜上に蒸着した A g ) 、1 6 a ~ 1 6 d は分割したピックアップループ ( 各サイズ 1 . 5 m m × 1 . 5 m m ) であり、分割したピックアップループ 1 6 a ~ 1 6 d に S Q U I D リング 1 2 が結合される。1 7 は絶縁層、1 8 は超伝導薄膜、1 9 基板 ( 例えば、厚さ 0 . 5 m m の S T O 基板 ) 、2 0 は外部磁束である。

[0020] S Q U I D 磁気センサの基板 1 1 の上を覆う超伝導薄膜 1 8 は、S Q U I



Dリング12と分割したピックアップループ16a~16dとの間の隙間を全て覆うように設置することが望ましい。SQUID磁気センサ表面への超伝導薄膜18の取り付け・接着及びSQUID磁気センサと超伝導薄膜18との間の電氣的絶縁のために、極低温でも接着力の高い絶縁層17を用いることが望ましい。また、この絶縁層17の厚さは、SQUIDリング12における磁束トラップ・ジャンプを抑える効果を高めるために極薄く（例えば、 $1\mu\text{m}$ ）することが望ましい。さらに、分割したピックアップループ16a~16dの間の隙間を通り抜ける磁束をピックアップループ16a~16dに有効に鎖交させるために、ピックアップループ16a~16dの隙間を覆う、ピックアップループ間の隙間幅に加えて、隙間を形成する隣接した2つのピックアップループ（例えば、16aと16b）の線幅のそれぞれ $1/2$ 以上を覆うような幅にして設置することが望ましい。これにより、磁束がピックアップループ16a~16dの隙間を通り抜けることがなく、より高い磁束感度を得ることができる。

[0021] SQUID磁気センサの基板の上を覆う超伝導薄膜の別の形態を、図7の断面図に示す。この図において、21はバイクリスタル基板、22A、22Bはバイクリスタル粒界接合部、23は絶縁層（例えば、 $\text{CeO}_2$ やSTO）、24は超伝導薄膜、25は外部磁束である。

図3に示す分割したピックアップループを用いた薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサをベースとして、図7に示すような絶縁層23を挟んで超伝導薄膜24をSQUID磁気センサの上に積層させる構造でも、図5及び図6に示したフリップチップ構造と同様の効果が期待できる。

[0022] このような超伝導薄膜24を極薄い（例えば、 $200\text{nm}$ ）の隙間を隔ててSQUID磁気センサの上に積層すれば、図6に示す超伝導薄膜11と同様な効果が得られると考えられ、絶縁層23も同様になるべく薄い方が望ましい。

## 実施例

[0023] 上記実施形態の性能を確認するため、次の通り実験を行った。

(実施例 1)

図 3 に示す形態の、各ピックアップループのサイズが  $1.5\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$  であって、バイクリスタルジョセフソン接合を持つ薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 SQUID 磁気センサを作製して、液体窒素（沸点  $77\text{ K}$ ）で冷却し、SQUID 磁気センサの性能を実験により調べた。その結果、 $100\text{ Hz}$  の磁場をかけたところ、 $0.75\text{ }\mu\text{ T}$  の磁場まで SQUID が安定に動作した。

(比較例)

比較例として、図 1 に示す形態の、ピックアップループのサイズが  $8\text{ mm} \times 8\text{ mm}$  であって、バイクリスタルジョセフソン接合を持つ薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 SQUID 磁気センサを作製して、実施例 1 と同様に液体窒素（沸点  $77\text{ K}$ ）で冷却し、SQUID 磁気センサの性能を実験により調べた。その結果、 $100\text{ Hz}$  の磁場をかけたところ、 $0.1\text{ }\mu\text{ T}$  の磁場で SQUID が不安定動作となり、実施例 1 に比較して磁場耐性が劣ることが明らかとなった。

(実施例 2)

図 3 に示す形態の、ピックアップループのサイズが  $1.5\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$  であって、バイクリスタルジョセフソン接合を持つ薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導 SQUID 磁気センサを作製して、液体窒素（沸点  $77\text{ K}$ ）で冷却した場合と、図 5 及び図 6 に示す形態の、超伝導薄膜（それぞれ  $18$ ）を持つバイクリスタル基板 11 と SQUID 磁気センサをフリップチップ構造とした場合の、SQUID 磁気センサの性能を実験により調べた。

[0024] 表 1 は、超伝導薄膜を取り付けていない場合と取り付けた場合における SQUID 磁気センサの特性である。超伝導薄膜を取り付けていない SQUID 磁気センサでは、臨界電流、SQUID 磁気センサが不安定になる外部磁場の振幅、有効磁束捕獲面積及びホワイト磁束ノイズレベルは、それぞれ  $14\text{ }\mu\text{ A}$ 、 $0.75\text{ }\mu\text{ T}$ 、 $0.066\text{ mm}^2$ 、 $20\text{ }\mu\phi_0/\text{Hz}^{1/2}$  であった。一方

、超伝導薄膜を取り付けた場合の同SQUID磁気センサではそれぞれ28.4  $\mu$ A、3.6  $\mu$ T、0.085 mm<sup>2</sup>、14  $\mu\phi_0/\text{Hz}^{1/2}$ であり、臨界電流が約2倍、磁場耐性が約5倍、有効磁束捕獲面積及びホワイト磁束ノイズレベルが約30%向上した。これらの結果から、本発明により、感度を表すホワイト磁束ノイズレベルや有効磁束捕獲面積等のSQUID性能および磁場耐性を向上させることが可能になることが示された。

[0025] [表1]

	超伝導薄膜無し	超伝導薄膜有り
ジョセフソン接合部の臨界電流 [ $\mu$ A]	14	28.4
不安定になった磁場の振幅 [ $\mu$ T]	0.75	3.6
有効磁束捕獲面積 [mm <sup>2</sup> ]	0.066	0.085
ホワイト磁束ノイズレベル [ $\mu\phi_0/\text{Hz}^{1/2}$ ]	20	14

### 産業上の利用可能性

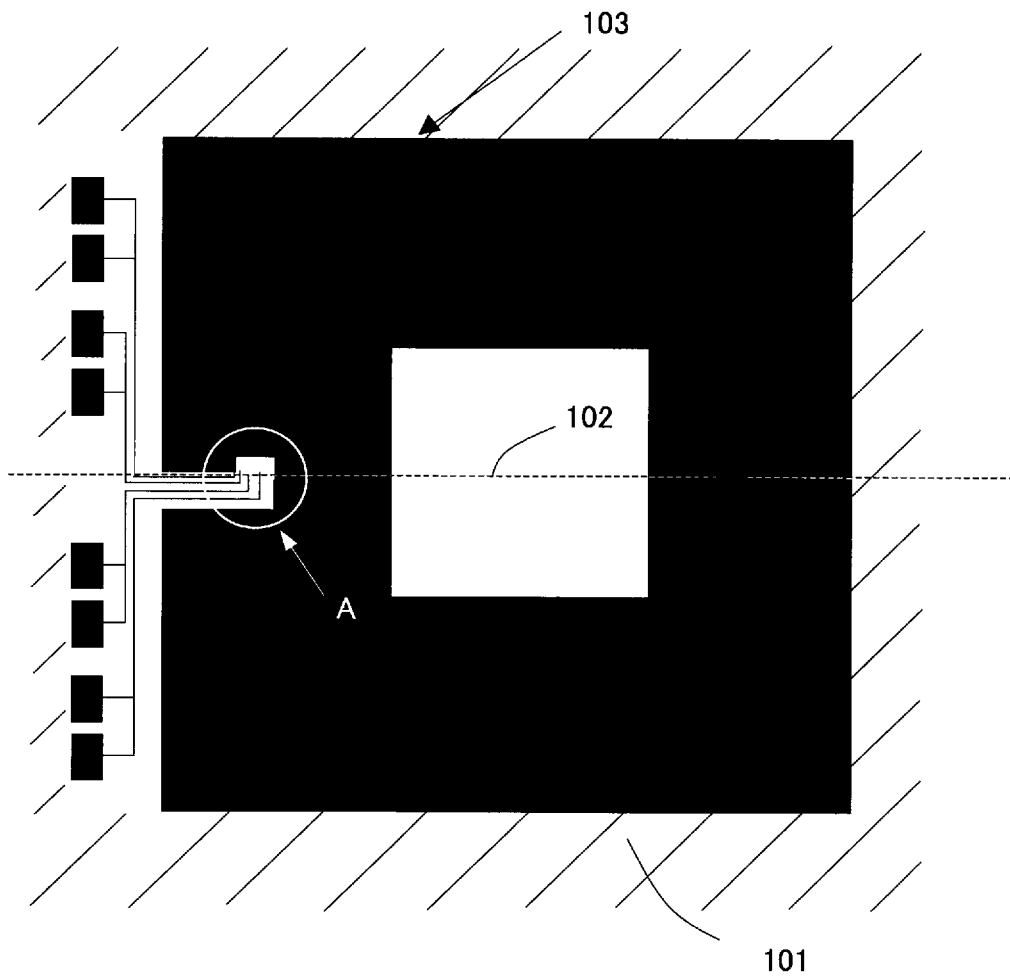
[0026] 本発明で提供する、超伝導薄膜を取り付けた薄膜一層構造の直接結合型高温超伝導SQUID磁気センサは、高価な磁気シールドがない環境での微小磁気計測、あるいは磁場中での高感度な磁気計測等に利用可能であり、強磁性体計測を必要とする各種装置に利用できる。

## 請求の範囲

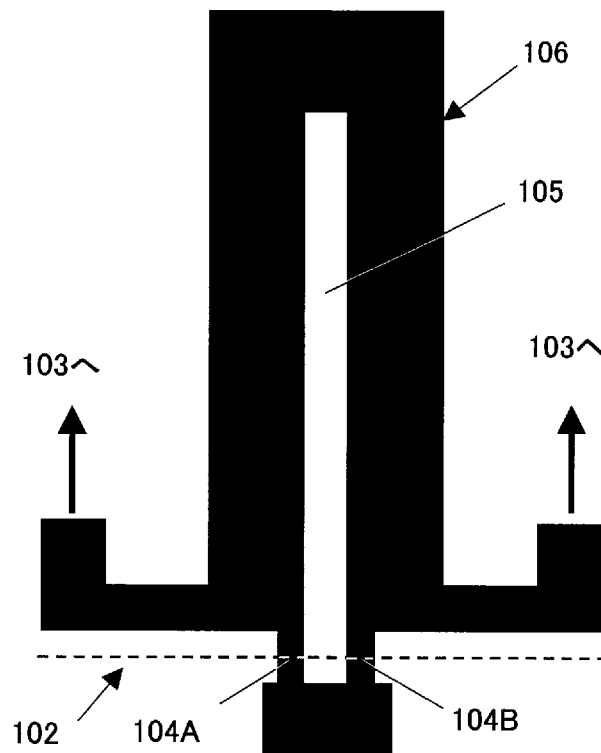
- [請求項1] バイクリスタル粒界接合部を持つバイクリスタル基板と、該バイクリスタル基板上に第1の高温超伝導薄膜で形成されるピックアップループと、前記バイクリスタル粒界接合部上に前記ピックアップループと直接接続する前記第1の高温超伝導薄膜で形成されたSQUIDリングとを備えた超伝導量子干渉素子（Superconducting Quantum Interference Device: SQUID）磁気センサにおいて、前記ピックアップループを、前記バイクリスタル粒界接合部に重ならない位置にバイクリスタル粒界ラインを中心にして複数配設することを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項2] 請求項1記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記ピックアップループを、十字形状に交差して設けられる1つのバイクリスタル粒界ラインとそれに垂直なラインそれぞれを中心にして両側に2個ずつ配設することを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項3] 請求項1又は2記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記バイクリスタル粒界接合部上に形成された前記SQUIDリングが、第2の高温超伝導薄膜で覆われていることを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項4] 請求項3記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記第2の高温超伝導薄膜が、前記ピックアップループのうち任意の隣接する2個のピックアップループによって形成される隙間を少なくとも覆うことを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項5] 請求項4記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記第2の高温超伝導薄膜が、隙間を形成する前記2個の隣接するピックアップループそれぞれの線幅の1/2以上を覆うようにしたことを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。

- [請求項6] 請求項4記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記ピックアップループ及び前記SQUIDリングと前記第2の高温超伝導薄膜との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項7] 請求項4記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、前記絶縁膜がCeO<sub>2</sub>であることを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項8] 請求項4記載の高温超伝導SQUID磁気センサにおいて、前記絶縁膜がSTOであることを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。
- [請求項9] 請求項3から8の何れか一項記載の高温超伝導型SQUID磁気センサにおいて、表面上に前記第2の高温超伝導薄膜が形成され、かつ前記第2の高温超伝導薄膜の上面に絶縁膜が積層された第2の基板を備えており、該第2の基板と前記バイクリスタル基板とが、前記絶縁膜を介してフリップチップ構造となるように一体化されたことを特徴とする高温超伝導型SQUID磁気センサ。

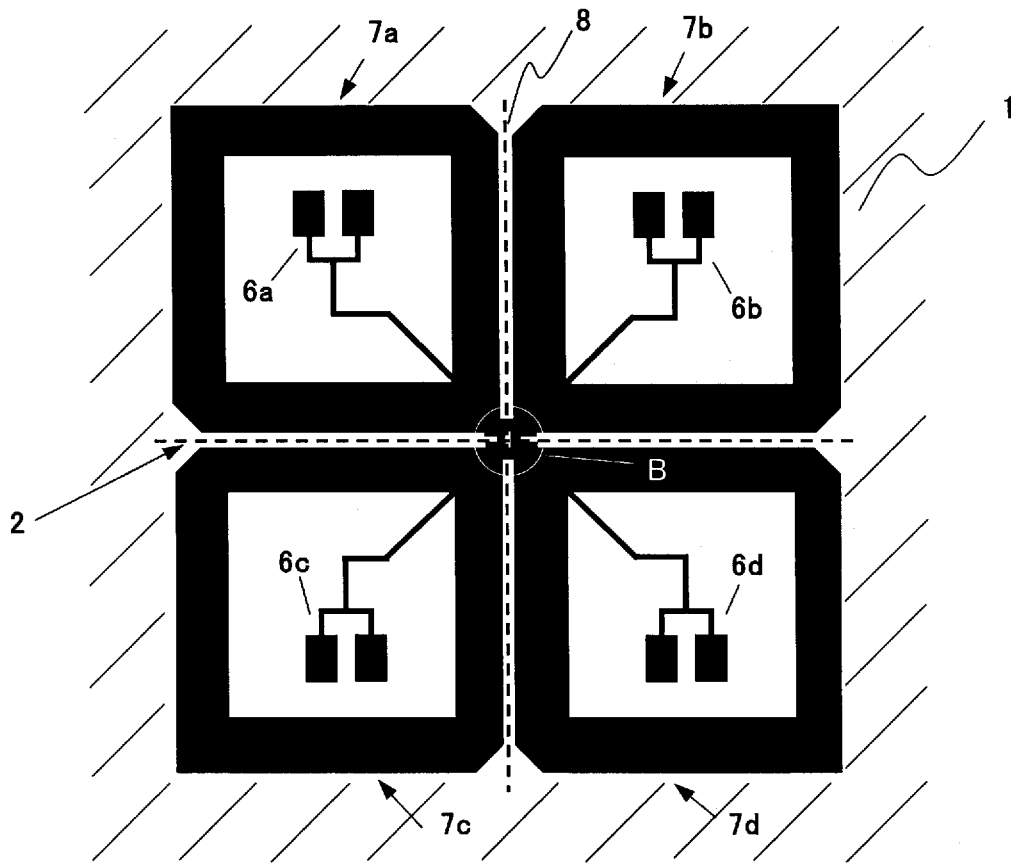
[図1]



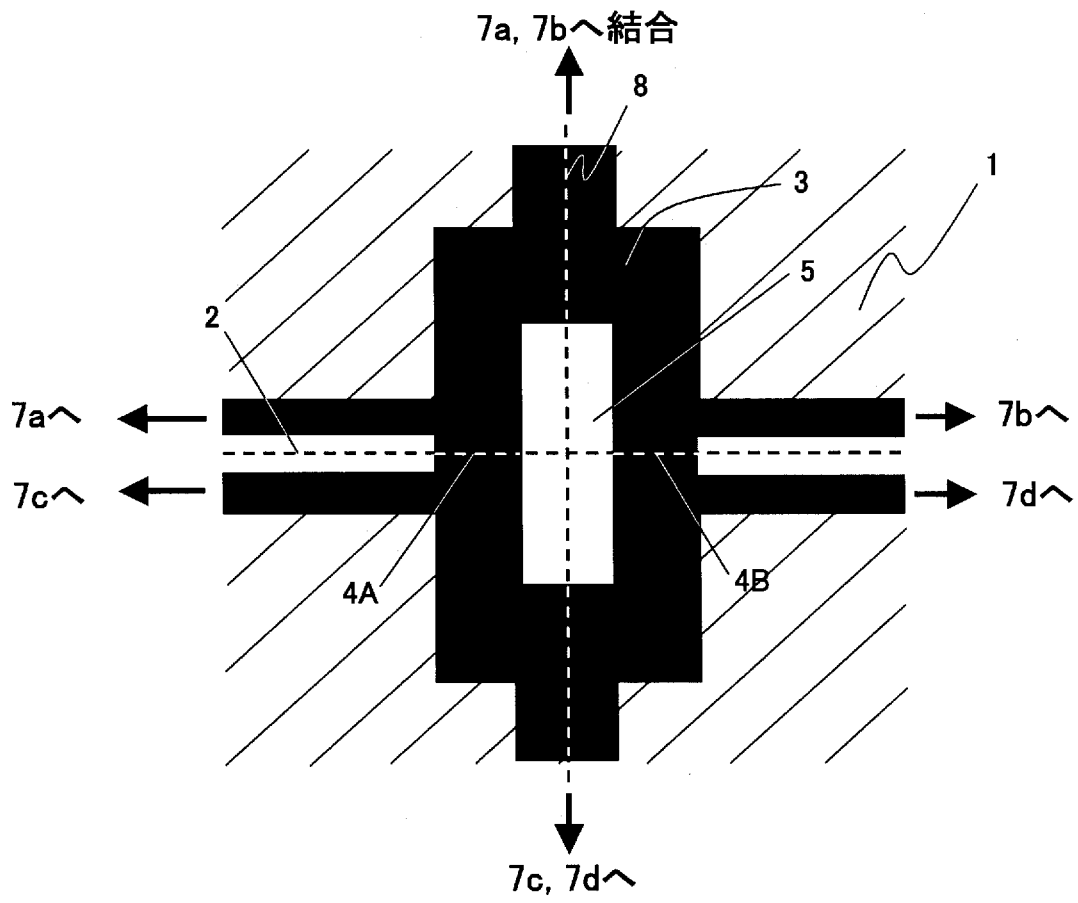
[図2]



[図3]

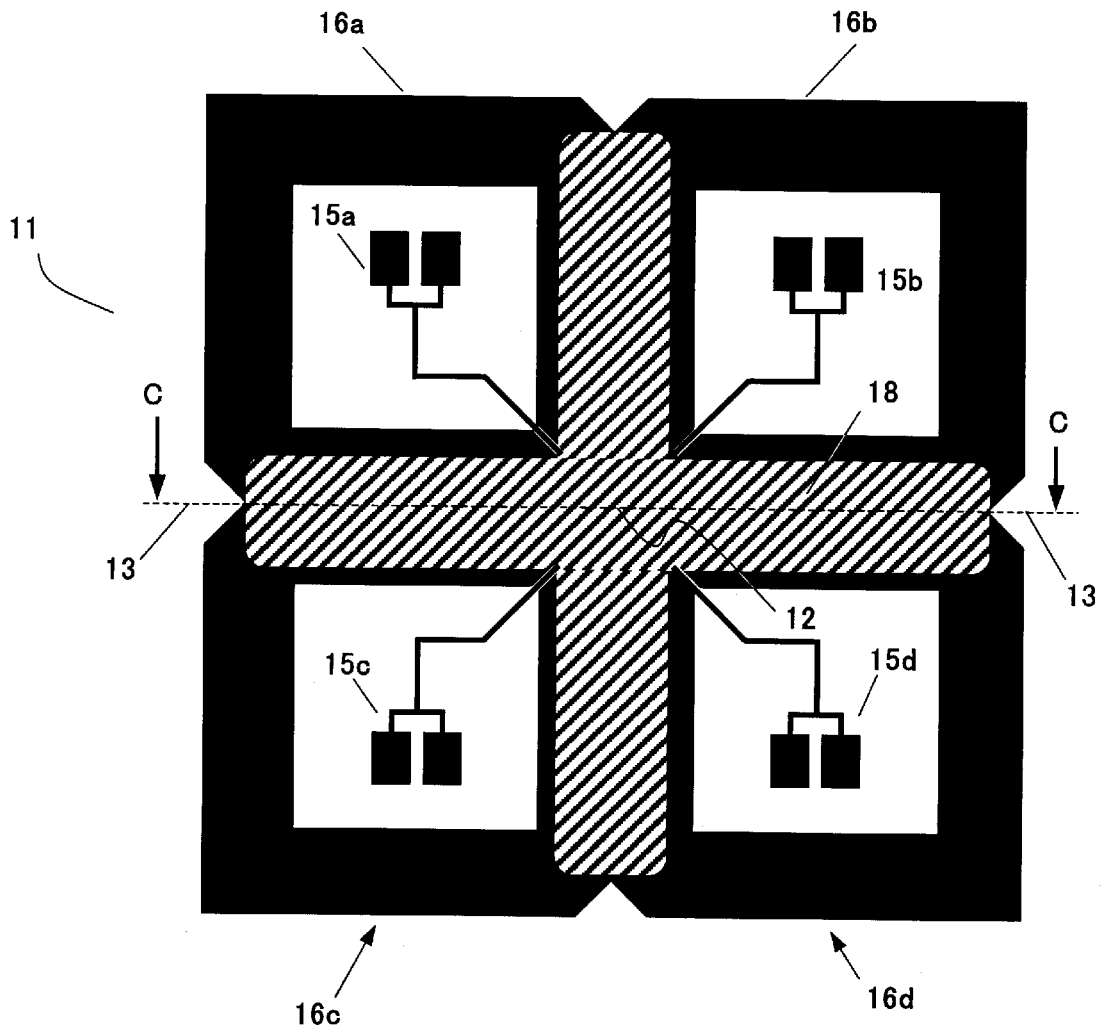


[図4]

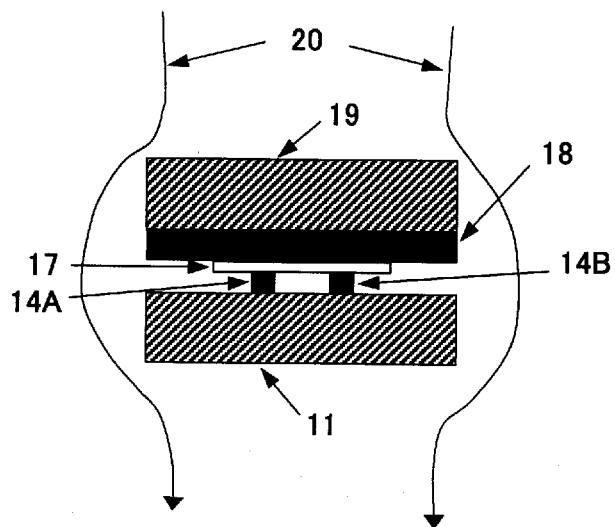




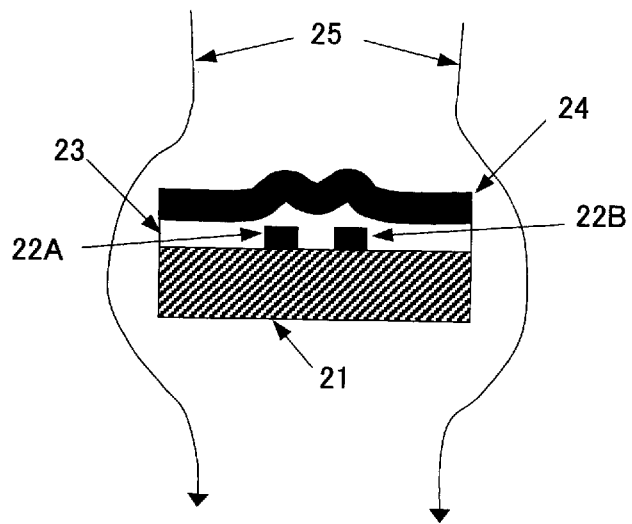
[図5]



[図6]



[図7]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/002665

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01R33/035(2006.01) i, H01L39/22(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)

G01R33/035, H01L39/22

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 Y	JP 10-48303 A (Hitachi, Ltd.), 20 February 1998 (20.02.1998), paragraphs [0015] to [0020]; fig. 3 & US 5955400 A	1 2-3
Y	JP 7-92247 A (Kabushiki Kaisha Cho Dendo Sensor Kenkyusho), 07 April 1995 (07.04.1995), paragraphs [0007] to [0008]; fig. 1 (Family: none)	2
Y A	JP 3-78675 A (Shimadzu Corp.), 03 April 1991 (03.04.1991), page 2, upper right column, line 1 to lower left column, line 8; lower right column, lines 15 to 18; fig. 1 (Family: none)	3 4-9

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  
27 May, 2010 (27.05.10)

Date of mailing of the international search report  
08 June, 2010 (08.06.10)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002665

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-316538 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 November 1996 (29.11.1996), paragraphs [0015] to [0021]; fig. 4 to 5 (Family: none)	1
A	JP 9-83026 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 28 March 1997 (28.03.1997), paragraphs [0045] to [0052]; fig. 1 to 2 & US 5986280 A & EP 753757 A3	1
A	JP 2001-91611 A (Hitachi, Ltd.), 06 April 2001 (06.04.2001), paragraphs [0028] to [0038]; fig. 3 to 4 (Family: none)	3-9

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) i, H01L39/22 (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. G01R33/035, H01L39/22

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	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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 Y	JP 10-48303 A (株式会社日立製作所) 1998.02.20, 段落【0015】 - 【0020】, 【図3】 & US 5955400 A	1 2-3
Y	JP 7-92247 A (株式会社超伝導センサ研究所) 1995.04.07, 段落【0007】 - 【0008】, 【図1】 (ファミリーなし)	2
Y A	JP 3-78675 A (株式会社島津製作所) 1991.04.03, 第2頁右上欄第1行-左下欄第8行, 右下欄第15-18行, 第1図 (ファミリーなし)	3 4-9

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

27.05.2010

国際調査報告の発送日

08.06.2010

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)

荒井 誠

2S

4401

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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 請求項の番号
A	JP 8-316538 A (三菱電機株式会社) 1996. 11. 29, 段落【0015】 - 【0021】, 【図4】 - 【図5】 (ファミリーなし)	1
A	JP 9-83026 A (住友電気工業株式会社) 1997. 03. 28, 段落【0045】 - 【0052】, 【図1】 - 【図2】 & US 5986280 A & EP 753757 A3	1
A	JP 2001-91611 A (株式会社日立製作所) 2001. 04. 06, 段落【0028】 - 【0038】, 【図3】 - 【図4】 (ファミリーなし)	3-9