

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3360091号

(P 3 3 6 0 0 9 1)

(45)発行日 平成14年12月24日(2002.12.24)

(24)登録日 平成14年10月18日(2002.10.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I		
G01P 15/105		H01L 29/84		Z
15/08		39/00	ZAA	Z
H01L 29/84		39/22	ZAA	D
39/00	ZAA	G01P 15/08		C
39/22	ZAA			P

請求項の数 3 (全5頁)

(21)出願番号	特願2000 - 265178(P 2000 - 265178)	(73)特許権者	501137577 独立行政法人 航空宇宙技術研究所 東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1
(22)出願日	平成12年9月1日(2000.9.1)	(72)発明者	円居 繁治 東京都調布市深大寺東町7-44-1 科学技術庁航空宇宙技術研究所内
(65)公開番号	特開2002 - 71706(P 2002 - 71706 A)	(74)代理人	100092200 弁理士 大城 重信 (外2名)
(43)公開日	平成14年3月12日(2002.3.12)		
審査請求日	平成12年12月1日(2000.12.1)	審査官	北川 創
		(56)参考文献	特開 平1 - 209378 (J P , A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超電導加速度計

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気的にシールドされた空間内に、揺動可能に懸架された慣性質量、これに隣接して配設された磁界発生手段、および該慣性質量と磁界発生手段との間隔の変化による磁束の変化を計測する磁束計からなる加速度計であって、

上記空間は気体雰囲気であり、該空間を囲む磁気シールドおよび慣性質量は超電導材料性であり、該磁気シールドをその超電導状態への転移の臨界温度以下に冷却することを特徴とする超電導加速度計

【請求項2】 請求項1の超電導加速度計において、超電導磁気シールドおよび慣性質量はその超電導状態への転移の臨界温度が液体窒素沸点以上の高温超電導材であることを特徴とする超電導加速度計

【請求項3】 請求項1または請求項2の超電導加速度

2

計において、上記磁界発生手段が永久磁石であることを特徴とする超電導加速度計

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は先進慣性航法に用いられる加速度計、特に超電導加速度計の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】加速度計は、変位測定、重量測定などのように日常的な使用の機会は少ないとは言え、運動体、機械、構造物の動きや振動を検出するセンサーとして欠くことの出来ないものである。特に、運動体の動きの計測および制御のためには、加速度をそのまま利用する場合だけでなく、1回積分して速度、2回積分して変位の計測に用いられるなど、広く利用されている。高精度の加速度検出が要求される例えば慣性航法の高精度化や、

10

重力異常、地殻変動、地球の重力分布計測等の分野への応用のためには、極めて微小な加速度 ($10^{-10} \text{ g} \sim 10^{-13} \text{ g}$ 程度) が制度良く検出可能であることが要求されるにもかかわらず、従来型の加速度計は 10^{-6} g が限界である。

【 0 0 0 3 】各種の加速度計のうち、超電導加速度計は他の加速度計に比して格段に高い分解能を持ち、 10^{-12} g の高分解能が期待出来、このような高分解能加速度計は、慣性航法、重力傾斜計は勿論、地震予知、資源探査、重力波検出にも有用な存在になるものと期待されている。しかし、超電導素材にニオブ、チタン、錫の合金などを用い、冷却剤として液体ヘリウムを用いる低温超電導加速度計は、冷却装置が複雑で大きく、小型・軽量化出来ないという問題があった。

【 0 0 0 4 】図 3 に従来の一体型超電導加速度計の構造の模式図を示す。超電導材料製の慣性質量 3 0 は、液体ヘリウム 3 6 が充填されている超電導磁気シールド 3 1 内に、ヒンジ 3 2 で支持されて慣性空間に静止している。同様に超電導材料で作られた超電導コイル 3 3 には、永久電流が流れ、磁場が発生している。加速度が作用すると、完全反磁性の性質を持つ慣性質量 3 0 と超電導コイル 3 3 の間隔が変化して磁束密度が変化し、その変化をジョセフソン効果を利用した S Q U I D 磁束計 3 5 で計測し、加速度量を得るものである。

【 0 0 0 5 】このような構造の超電導加速度計は、各構成要素が超電導現象、すなわち慣性質量 3 0 が完全反磁性、超電導コイル 3 3 がゼロ抵抗、磁束計 3 5 がジョセフソン効果を利用するものであるため、磁気シールド 3 1 内に液体ヘリウムを冷却媒体として充填し、その中に各構成要素を浸漬することにより、超電導転移温度以下に冷却していた。しかし、磁気シールド外周が断熱構造であっても、完全断熱でない限り、液体ヘリウムは常時沸騰しており、たえず対流が発生し、慣性空間内に静止していなければならない慣性質量 3 0 が対流の影響で揺らぐことにより、それが計測される加速度のノイズ成分として出力される。図 4 は計測されたノイズ成分の 1 例を示し、ノイズは約 10^{-3} g にも及ぶことが判る。このような問題点は、超電導材料を高温超電導材とし、冷却媒体を液体窒素としても同じである。

【 0 0 0 6 】これに対して、本発明者は、先に、上記の欠点を含まない新構造の超電導加速度計を提案した (特願平 1 1 - 1 8 0 1 5 3 号)。その構造の 1 例の模式図を図 5 に示す。ここでは、超電導材料として高温超電導材料を使用し、冷却媒体 5 7 としては液体窒素を使用している。超電導磁気シールド 5 1 内に、慣性質量 5 0 を収納する第 1 冷却槽 5 8 と永久磁石 5 4 および S Q U I D 磁束計 5 5 を収納する第 2 冷却槽 5 9 がそれぞれ分離独立して設けられる。第 1 冷却槽 5 8 はヒンジ 5 2 を有する連結片で懸架され、慣性質量 5 0 はその内部に定置され、冷却媒体である液体窒素の対流による揺らぎの影

響を受けない構造とされている。また、磁界発生手段は超電導コイルに変えて永久磁石 5 4 を使用することにより、高温超電導材料の加工の難しさの影響を避けている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】上記提案の超電導加速度計は、冷却媒体の対流によるノイズの発生を防ぎ、高温超電導材料の使用に適した構造を持ち、液体窒素は液体ヘリウムに比べて温度管理が容易なだけでなく、気化潜熱も 6 0 倍におよび冷却能力が高いなど、多くの利点を有しながらも、加速度計自体の構造が複雑になるのを避けることが出来ず、慣性質量 5 0 と永久磁石 5 4 の距離に制限が生じるなどの制約も生じていた。また、第 1、第 2 の冷却槽は磁気シールドとすることは出来ないため、磁気シールド 5 1 を超電導材製とすれば、そのための冷却構造が必要になるという問題もある。本発明は、上記従来の超電導加速度計と上記提案の超電導加速度計の長所を併せ持ち、構造が簡単でノイズ出力が小さい、高い分解能を実現できる超電導加速度計を得ようとするものである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】本発明の超電導加速度計は、磁気的にシールドされた空間内に、揺動可能に懸架された慣性質量、これに隣接して配設された磁界発生手段、および該慣性質量と磁界発生手段との間隔の変化による磁束の変化を計測する磁束計からなる加速度計であって、上記空間は気体雰囲気であり、該空間を囲む磁気シールドおよび慣性質量は超電導材料製とし、該磁気シールドをその超電導状態への転移の臨界温度以下に冷却することによって、上記目的を達成したものである。このとき、超電導磁気シールドおよび慣性質量はその超電導状態への転移の臨界温度が液体窒素沸点以上の高温超電導材であることが望ましく、磁界発生手段は永久磁石とすることが出来る。

【 0 0 0 9 】

【発明の実施の形態】より具体的には、図 1 にその模式図を示す本発明の超電導加速度計においては、高温超電導材料製の慣性質量 1 0 は、気体雰囲気の高温超電導磁気シールド 1 1 内に、ヒンジ 1 2 で支持されて慣性空間に静止している。1 4 は永久磁石であり、磁場を発生させる。1 5 は高温超電導材料による S Q U I D 磁束計であり、ジョセフソン効果を利用して磁束密度の変化を計測する。本発明においては、高温超電導磁気シールド 1 1 は、その外側を液体窒素 1 7 によってその全体が冷却され、磁気シールド 1 1、慣性質量 1 0、S Q U I D 磁束計 1 5 がすべて超電導状態に保持される。加速度が作用すると、完全反磁性の性質を持つ慣性質量 1 0 と永久磁石 1 4 の間隔が変化して磁束密度が変化し、その変化の計測から加速度量を得るものであることは、図 3、図 5 の超電導加速度計と同様である。

【 0 0 1 0 】 図 2 に、本発明の超電導加速度計の特性の 1 例を示す。図 2 A は、図 1 の超電導加速度計の周囲を液体窒素冷媒で - 1 9 6 に冷却したとき、加速度計内部温度の時間による変化を示す。約 1 0 分で高温超電導体の臨界温度に達し、以後、液体窒素温度に漸近する。図 2 B は、この超電導加速度計を用いて得られた外乱によるノイズ得性を示す。この外乱量は $1 \times 10^{-5} g$ であるが、この中には地面振動などの他の外乱要因も含まれている。実験実証によって、図 3 に示す従来方式の超電導加速度計に比べて 1 / 1 0 0 以下にノイズが減少したことが確認された。

【 0 0 1 1 】 上記慣性質量、磁気シールドは、イットリウム系酸化物高温超電導材料、タリウム系酸化物高温超電導材料など、公知の各種の材料を用いることが出来るが、冷却槽の管理の容易さ、冷却能力などの点から見て、液体窒素温度以上で超電導体となる材料を用いることが望ましい。また、本実施の態様においては、磁場発生手段として永久磁石を用いたが、超電導コイルを用い、その永久電流によっても良いことは云うまでもない。

【 0 0 1 2 】

【 発明の効果 】 上記のように、本発明の超電導加速度計は、

- ①磁気シールドを全体として冷却するだけであるから、冷却系統の構成が簡単となる。
- ②磁気シールド内の構成が簡単であり、加速度計の小型化が容易である。
- ③慣性質量は直接冷媒に接触せず、その沸騰によって測定精度が影響される恐れがない。
- ④慣性質量は、気体雰囲気中に懸架されており、液体雰

が期待される。という効果を奏する。
 ⑤また、高温超電導材料を使用することにより、冷媒として液体窒素を用いることが出来、冷却系統の一層の低コスト化を図ることが出来る。
 ⑥磁場発生手段として永久磁石を用いれば、加速度計の構造の簡単化、低コスト化に有利である。
 など、極めて実用性の高い超電導加速度計とすることが出来る。

【 図面の簡単な説明 】

10 【 図 1 】 本発明の超電導加速度計の実施態様の 1 例を示す模式図である。

【 図 2 】 本発明の超電導加速度計の特性を示すグラフである。

【 図 3 】 従来方式の超電導加速度計の構成を示す模式図である。

【 図 4 】 従来例の超電導加速度計の特性を示すグラフである。

【 図 5 】 他の先行技術である超電導加速度計の構成を示す模式図である。

20 【 符号の説明 】

1 0 , 3 0 , 5 0 慣性質量

1 1 , 3 1 , 5 1 超電導磁気シールド

1 2 , 3 2 , 5 2 ヒンジ

1 4 , 5 4 永久磁石

1 5 , 3 5 , 5 5 S Q U I D 磁束計

1 7 , 5 7 液体窒素

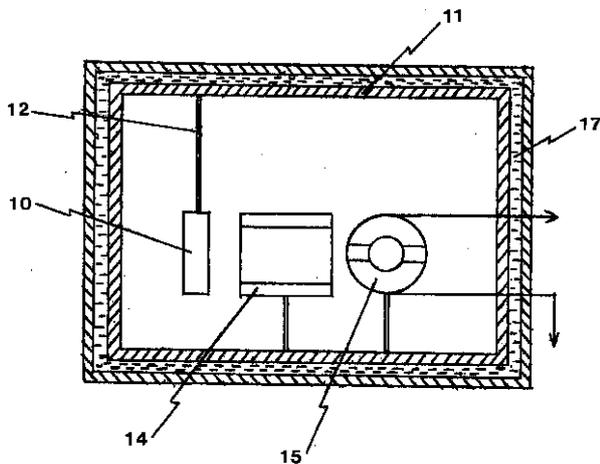
3 3 超電導コイル

3 6 液体ヘリウム

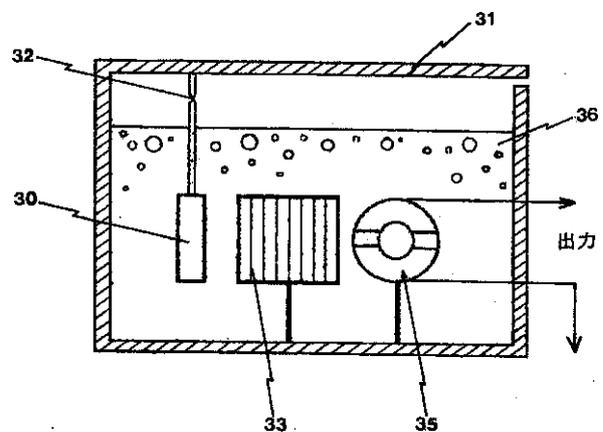
5 8 第 1 冷却槽

30 5 9 第 2 冷却槽

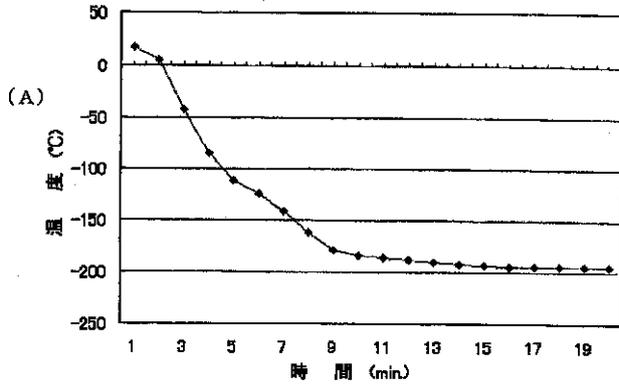
【 図 1 】



【 図 3 】

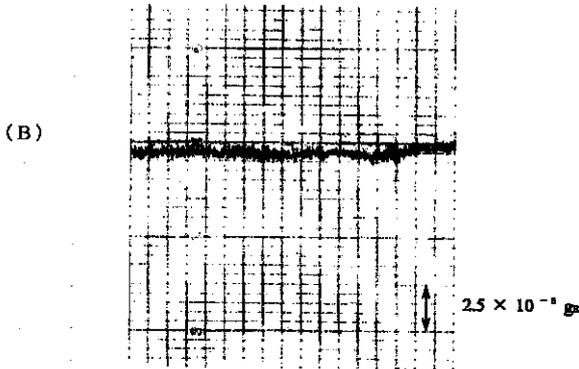
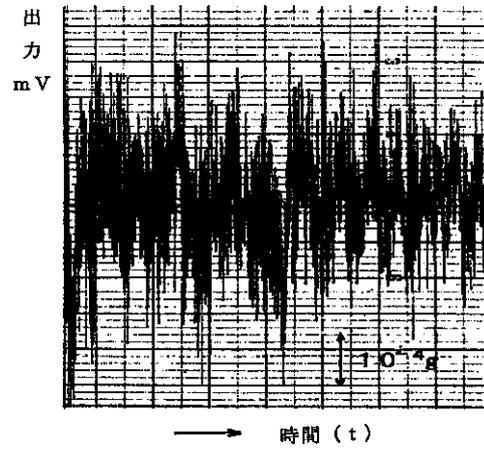


【 図 2 】



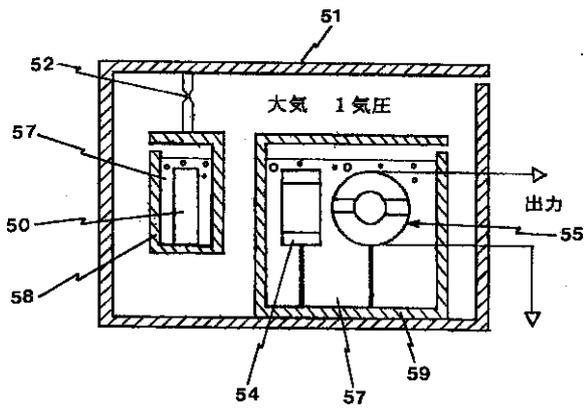
高温超電導加速度計用冷却装置温度特性

【 図 4 】



加速度出力特性

【 図 5 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01P 15/105

G01P 15/08

H01L 29/84

H01L 39/00 ZAA

H01L 39/22 ZAA