

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4919170号
(P4919170)

(45) 発行日 平成24年4月18日 (2012. 4. 18)

(24) 登録日 平成24年2月10日 (2012. 2. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H05K 7/20 (2006.01)

H05K 7/20

P

H01L 23/473 (2006.01)

H01L 23/46

Z

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2007-320306 (P2007-320306)
(22) 出願日 平成19年12月12日 (2007. 12. 12)
(65) 公開番号 特開2009-146961 (P2009-146961A)
(43) 公開日 平成21年7月2日 (2009. 7. 2)
審査請求日 平成22年9月15日 (2010. 9. 15)

(73) 特許権者 000006622
株式会社安川電機
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(72) 発明者 品部 慎治
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72) 発明者 鈴木 健生
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72) 発明者 秋吉 健丞
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内

審査官 川内野 真介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートシンクとその製造方法およびそれを用いたモータとインバータ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高熱伝導樹脂を介して発熱体と接合される金属製のベースと、冷却水が流れる水路と、炭素繊維および金属から成り、角棒形状または平板形状を有する高熱伝導複合部材と、を備え、前記高熱伝導複合部材は、前記発熱体から前記水路方向に前記炭素繊維が配向するように配置され、且つ、前記高熱伝導複合部材の一部は、前記ベースの発熱体側に埋め込まれて前記ベースと一体となり、前記高熱伝導複合部材の残部は、前記水路に突出するように構成されたヒートシンクであって、
前記ベースに埋め込まれた前記高熱伝導複合部材の一方の端部は、前記炭素繊維が剥き出しており、前記ベースを形成する金属が、剥き出している炭素繊維間に入り込むように接合されて構成されていることを特徴とするヒートシンク。

【請求項 2】

前記水路に伸びる前記高熱伝導複合部材の他方の端部は、山形に形成されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のヒートシンク。

【請求項 3】

高熱伝導樹脂を介して発熱体と接合される金属製のベースと、冷却水が流れる水路と、炭素繊維および金属から成り、角棒形状または平板形状を有する高熱伝導複合部材と、を備えるヒートシンクの製造方法において、
前記炭素繊維および前記金属によって角棒形状または平板形状の前記高熱伝導複合部材を

10

20

形成するステップと、
前記高熱伝導複合部材の一方の端部の炭素繊維を剥き出しにするステップと、

前記高熱伝導複合部材の一方の端部側を金型あるいは砂型に設置して前記ベースを形成する金属を溶解鑄造することにより、前記ベースと前記高熱伝導複合部材とを一体成形するステップと、を有することを特徴とするヒートシンクの製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載のヒートシンクを用いたことを特徴とするモータ。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載のヒートシンクを用いたことを特徴とするインバータ装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高出力モータや、これらモータを制御するインバータ装置に用いられているパワーモジュール等の発熱体を冷却するヒートシンクおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高出力モータ、あるいはその制御装置であるインバータ装置に用いられるパワーモジュール等は、小型化やパワーの向上が図られている。これに伴い発熱温度も高くなっており、この温度上昇により、モータではモータコイルの絶縁劣化、マグネットの磁力低下が発生し、また、インバータ装置ではパワーモジュールの破壊、電子部品の誤作動などの不具合が生じている。これら不具合を抑えるために、発熱体であるモータコイルやインバータ装置のパワーモジュール等に接合したヒートシンクに冷却水を流すことで冷却能力の向上を図っている。一方、小型化や高出力化がさらに進むにつれて、より一層の冷却能力の向上を必要としており、ヒートシンクの冷却フィンの面積を増やす、あるいは冷却水の量を増やす等の対策を行っている。

20

しかしながら、これではヒートシンク自体が大型化し、流す冷却水の圧力が高くなるなどの問題が生じる。このため、ヒートシンクの材料の放熱特性の向上が望まれ、様々な材料やその構成が検討されている。その中で熱伝導性に優れた炭素繊維を用いた複合材が幾つか提案されている。

30

例えば、繊維方向に整列された炭素繊維とアルミニウムとがサンドイッチ状に挟持された複合シートを積層圧着成形した複合材（例えば、特許文献 1 参照）や、銅メッキした炭素繊維シートを加圧焼結した複合材（例えば、特許文献 2 参照）、高熱伝導性の炭素繊維を厚さ方向に配向成形した炭素繊維強化炭素複合材（例えば、特許文献 3 参照）などが提案されている。

【特許文献 1】特開 2005 - 200676 号 公報

【特許文献 2】特開 2006 - 278973 号 公報

【特許文献 3】特開 2004 - 014735 号 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0003】

しかしながら、炭素繊維を含んだ複合材は成形性が悪いため、冷却フィンを有した複雑形状のヒートシンクを複合材のみで成形した場合、製造コストが高くなるという問題がある。また成形性が悪いため、冷却水のシール部を複合材で形成した場合、水漏れの問題も懸念される。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、高熱伝導複合材を用いて発熱体の発熱を早く冷却し、なおかつ安価で製造できるヒートシンク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】

【0004】

50

上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、高熱伝導樹脂を介して発熱体と接合される金属製のベースと、冷却水が流れる水路と、炭素繊維および金属から成り、角棒形状または平板形状を有する高熱伝導複合部材と、を備え、前記高熱伝導複合部材は、前記発熱体から前記水路方向に前記炭素繊維が配向するように配置され、且つ、前記高熱伝導複合部材の一部は、前記ベースの発熱体側に埋め込まれて前記ベースと一体となり、前記高熱伝導複合部材の残部は、前記水路に突出するように構成されたヒートシンクであって、前記ベースに埋め込まれた前記高熱伝導複合部材の一方の端部は、前記炭素繊維が剥き出しており、前記ベースを形成する金属が、剥き出している炭素繊維間に入り込むように接合されて構成されるヒートシンクが適用される。

また、前記水路に伸びる前記高熱伝導複合部材の他方の端部は、山形に形成されてもよい。

10

【0005】

また、本発明の他の観点によれば、高熱伝導樹脂を介して発熱体と接合される金属製のベースと、冷却水が流れる水路と、炭素繊維および金属から成り、角棒形状または平板形状を有する高熱伝導複合部材と、を備えるヒートシンクの製造方法において、前記炭素繊維および前記金属によって角棒形状または平板形状の前記高熱伝導複合部材を形成するステップと、前記高熱伝導複合部材の一方の端部の炭素繊維を剥き出しにするステップと、前記高熱伝導複合部材の一方の端部側を金型あるいは砂型に設置して前記ベースを形成する金属を溶解鑄造することにより、前記ベースと前記高熱伝導複合部材とを一体成形するステップと、を有するヒートシンクの製造方法が適用される。

20

【0006】

また、請求項1または2に記載のヒートシンクをモータの冷却用として適用してもよい。

また、請求項1または2に記載のヒートシンクをインバータ装置のパワー回路の冷却用として適用してもよい。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、金属製のベースと高熱伝導複合材の接合部において、複合材のマトリックスとして炭素繊維間にベースとなる金属が入り込んで一体化されるため、アンカー効果で強固な接合部を実現でき、放熱性にすぐれたヒートシンクを形成することができる。また、高さ方向に配向された高熱伝導複合材からなる冷却フィンの頂端部が山形に形成され、熱伝導方向の面積を広くしているため、冷却水の流れを阻害することなく、多くの冷却水を熱伝導に優れる繊維方向の断面に接触させることができ、放熱性を向上させることができる。

30

【0008】

また、ヒートシンクの裏面を平坦な構造とした場合、リニアモータの固定子など平面を有する発熱体を、高熱伝導樹脂を介してヒートシンクに固定することにより、熱伝導時間が短く、かつ急速に熱を水路に伝えることができるので、温度上昇を低く抑えることができる。また、発熱体の熱による歪も小さく抑えられるので高精度化が可能となる。また、円筒形状に成形されたヒートシンクの内側に、円筒状の高出力モータの固定子を、高熱伝導樹脂を介して固定することにより、円周方向の水路に固定子で発生した熱を、熱伝導時間が短く、かつ急速に熱を水路に伝えることができるので、固定子コアの熱による温度上昇を低く抑えることができ、歪みも小さくできる。

40

【0009】

また、モータを駆動するインバータ装置のパワー回路を構成するパワートランジスタやIGBT等の半導体素子（発熱素子）を、高熱伝導樹脂を介してヒートシンクに固定するこ

50

とにより、熱伝導時間が短く、かつ急速に熱を水路に伝えることができるので、温度上昇を低く抑えることができる。その結果、パワーサイクル寿命の向上および信頼性の向上を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態および参考例について図面を参照して説明する。

【実施例1】

【0011】

(参考例1)

図1は、本発明の参考例1のヒートシンクを含む冷却装置の(a)側断面図、(b)平面図である。同図において、1は発熱体、2は発熱体に塗られた高熱伝導樹脂、3はヒートシンクで、熱伝導性の高いアルミニウム製のベース31とアルミニウム製の冷却フィン32および高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材からなる角棒33から構成される。また4は冷却水が流れる水路であり、5はヒートシンクの天板である。

このヒートシンクの構成では、発熱体1からの熱を素早く冷却水に伝えることが重要となる。参考例1では、発熱体1と冷却水が流れる水路4の底面部とを繋ぐ位置に、高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材の角棒33を配置している。こうすることで発熱体1からの熱が、方向性を持った高熱伝導複合材の角棒33を伝わって優先的に早く冷却水に伝わり、水冷される。

【0012】

参考例1のヒートシンク3の構成を詳しく説明する。角棒33となる高熱伝導複合材には、繊維方向の熱伝導率700W/mK、繊維に垂直方向の熱伝導率が20~50W/mKのアルミニウム-炭素繊維複合材を用いた。また複合材の形状は、長さ200mm、幅10mm、厚み10mmの角棒である。これは熱伝導性に優れたピッチ系の炭素繊維とアルミニウムの粉末とを混合し、金型に炭素繊維が高さ方向に整列するように配列して、真空中でのパルス通電焼結により成形する。こうして成形した複合材の角棒33を加熱した状態で金型に6本セットし、ダイカスト法によりアルミニウムでこの複合材を鑄包むことで、ベース31と複合材の角棒33が一体化したヒートシンク3を得た。アルミニウム-炭素繊維複合材はマトリックスにアルミニウムを用いているため耐熱性が高く、アルミニウムダイカストの鑄包みによる亀裂などは起こらなかった。

なお高熱伝導複合材の角棒33と発熱体1との間隔は短いほど熱伝達性に優れるが、割れによる水漏れを防止するため1mm程度が望ましい。また金型への保持を考慮して、角棒33は2mmほど水路上部にはみ出させた。

【0013】

こうして得られたヒートシンクを発熱体に対して高熱伝導のシリコンオイルコンパウンドを介して接合させ、比較としてアルミニウムのダイカストのみで形成したヒートシンクとで、発熱体の最高温度を比較した。1m/sの流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は、参考例1のヒートシンクの場合37であり、比較例のヒートシンクでの最高温度45に対して約8の低下が認められ、放熱性に優れていた。

【実施例2】

【0014】

(参考例2)

図2は参考例2のヒートシンクを含む冷却装置の(a)(b)側断面図、(c)平面図である。同図において、1は発熱体、2は発熱体に塗られた高熱伝導樹脂、3aはヒートシンクで、熱伝導性の高いアルミニウム製のベース31と高さ方向に配向された炭素繊維

とアルミニウムの高熱伝導複合材からなる冷却フィン 3 2 a から構成される。また 4 は冷却水が流れる水路であり、5 はヒートシンクの天板、6 はベース 3 1 と冷却フィン 3 2 を接合する横長の孔である。

参考例 2 では、冷却フィン 3 2 a を高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材で形成し、冷却フィン 3 2 a に横長の孔 6 を形成することで、孔部での高さ方向の熱伝達距離を短くし、かつベース 3 1 を形成する金属材料が孔 6 に入り込むことでベース 3 1 と冷却フィン 3 2 a を強固に接合している。

【0015】

参考例 2 のヒートシンク 3 a の構成を詳しく説明する。冷却フィン 3 2 a となる高熱伝導複合材には、繊維方向の熱伝導率 700 W/mK 、繊維に垂直方向の熱伝導率が $20 \sim 50\text{ W/mK}$ のアルミニウム - 炭素繊維複合材を用いた。また複合材の形状は、長さ 200 mm 、高さ 80 mm 、幅 10 mm の板形状であり、参考例 1 と同様に成形する。こうして成形した複合材の端部に高さ 3 mm 、長さ 20 mm の楕円形の孔を数個形成した。この孔を形成することで、繊維に垂直な方向の熱を高熱伝導複合材に伝えやすくなり、熱伝達性が向上する。また孔の形状は高さ と 長さ の比が大きいほど熱伝達性に優れる。ただし孔のサイズが大きすぎたり孔数が多すぎたりすると、逆に高熱伝導複合材の容量が小さくなり熱伝達が悪くなる。こうして孔加工した複合材の平板を加熱した状態で金型に 5 本セットし、ダイカスト法によりアルミニウムでこの複合材を鋳包むことで、ベース 3 1 と複合材の冷却フィン 3 2 a が一体化したヒートシンク 3 a を得た。アルミニウム - 炭素繊維複合材はマトリックスにアルミニウムを用いているため耐熱性が高く、アルミニウムダイカストの鋳包みによる亀裂などは起こらなかった。

【0016】

こうして得られたヒートシンク 3 a を発熱体に対して高熱伝導のシリコンオイルコンパウンドを介して接合させ、比較としてアルミニウムのダイカストのみで形成したヒートシンクとで、発熱体の最高温度を比較した。 1 m/s の流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は、参考例 2 のヒートシンク 3 a の場合 40°C であり、比較例のヒートシンクでの最高温度 45°C に対して約 5°C の低下が認められ、放熱性に優れていた。また、本発明のヒートシンク 3 a に 20 m/s の流速の冷却水を 24 H 流した後、再び 1 m/s の流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は変わらず 40°C であり、ヒートシンク 3 a の冷却フィン 3 2 a とベース 3 1 の接合部に割れや隙間は認められなかった。

【実施例 3】

【0017】

(実施例 1)

図 3 は実施例 1 のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図である。同図において、1 は発熱体、2 は発熱体に塗られた高熱伝導樹脂、3 b はヒートシンクで、熱伝導性の高いアルミニウム製のベース 3 1 と高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材からなる冷却フィン 3 2 b から構成される。また 4 は冷却水が流れる水路であり、5 はヒートシンクの天板、7 はベース 3 1 と冷却フィン 3 2 b を一体接合するために冷却フィン 3 2 b となる高熱伝導複合材の端部の炭素繊維を剥き出しにした部分である。

本発明が従来技術と異なる部分は、あらかじめ冷却フィン 3 2 b を形成する高熱伝導複合材の板材端部の炭素繊維を剥き出しにし、ベース 3 1 を形成するアルミニウムが鋳造により繊維間にも入り込むことでベース 3 1 と冷却フィン 3 2 b を強固に接合した部分である。

【0018】

実施例 1 のヒートシンク 3 b の構成を詳しく説明する。冷却フィン 3 2 b となる高熱伝導複合材には、繊維方向の熱伝導率 700 W/mK 、繊維に垂直方向の熱伝導率が $20 \sim$

50 W/mKのアルミニウム - 炭素繊維複合材を用い、参考例 1と同様に成形する。こうして成形した複合材の端部を、50 ~ 10 % NaOH水溶液に数分浸漬し、複合材のアルミニウムをエッチングして炭素繊維を剥き出しにする。なお、炭素繊維を剥き出しにする方法として、成形時に一部のアルミニウム粉末を除去した状態で通電焼結し、複合材を成形してもよい。こうして処理した複合材の平板を加熱した状態で金型に6本セットし、重力鋳造法によりアルミニウムでこの複合材を鋳包むことで、ベース31と冷却フィン32bが一体化したヒートシンク3bを得た。

【0019】

こうして得られたヒートシンク3bを発熱体に対して高熱伝導のシリコンオイルコンパウンドを介して接合させ、比較としてアルミニウムのダイカストのみで形成したヒートシンクとで、発熱体の最高温度を比較した。1 m/sの流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は、実施例 1のヒートシンク3bの場合40 であり、比較例のヒートシンクでの最高温度45 に対して約5 の低下が認められ、放熱性に優れていた。また、実施例 1のヒートシンク3bに20 m/sの流速の冷却水を24 H流した後、再び1 m/sの流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は変わらず40 であり、ヒートシンク3bの冷却フィン32bとベース31の接合部に割れや隙間は認められなかった。

10

【実施例 4】

【0020】

20

(参考例 3)

図4は参考例 3のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図である。同図において、1は発熱体、2は発熱体に塗られた高熱伝導樹脂、3cはヒートシンクで、熱伝導性の高いアルミニウム製のベース31と高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材からなる冷却フィン32cから構成される。また4は冷却水が流れる水路であり、5はヒートシンクの天板、8は冷却フィン32cの山形状の頂端部である。

参考例 3では、冷却フィン32cを高さ方向に配向された炭素繊維とアルミニウムの高熱伝導複合材で形成し、冷却フィン32cの頂端部8を山形に形成している。ヒートシンク3cの天板近傍の水の流れは疎らであるため、冷却フィン32cの頂端部8を山形にすることで、平面に比べて熱伝達性に優れる繊維方向の断面により多くの冷却水を接触させることができ、冷却性を向上させる。

30

【0021】

参考例 3のヒートシンク3cは、参考例 2と同様に冷却フィン32cとなる高熱伝導複合材の平板を成形し、冷却フィン32cの頂端部8を山形に加工した。こうして加工した複合材の平板を加熱した状態で金型に5本セットし、ダイカスト法によりアルミニウムでこの複合材を鋳包むことで、ベース31と複合材の冷却フィン32cが一体化したヒートシンク3cを得た。

【0022】

40

こうして得られたヒートシンク3cを発熱体に対して高熱伝導のシリコンオイルコンパウンドを介して接合させ、比較としてアルミニウムのダイカストのみで形成したヒートシンクとで、発熱体の最高温度を比較した。1 m/sの流速で冷却水を流した場合の発熱体の最高温度は、参考例 3のヒートシンク3cの場合39 であり、比較例のヒートシンクでの最高温度45 に対して約6 の低下が認められ、放熱性に優れていた。

なお今回の実施例および参考例では、高熱伝導複合材のマトリックス材となる金属およびベース31の金属にはアルミニウムを用いたが、他の熱伝導率が高い金属材料、例えばアルミニウム合金や銅合金でも良い。

また今回の実施例および参考例では、ダイカスト法や重力鋳造法を用いて鋳造一体化を行ったが、他の鋳造法、たとえばスクイズキャスト法やレオキャスト法、チクソキャスト

50

法、低圧鋳造法、真空ダイキャスト法などを用いてもよい。

【実施例 5】

【0023】

(実施例 2)

図 5 は、本発明の実施例 2 を示す図で、実施例 1 または参考例 1 乃至 3 のヒートシンクを含む冷却装置を適用した高出力モータの (a) 側断面図、(b) A - A 断面図である。同図において、9 はシャフト、10 はモータ回転子でありシャフト 9 に固定されている。11 はモータ固定子、12 はモータ固定子 11 に巻かれているコイルである。13 はモータ固定子のアルミニウム製鋳物から成る円筒形状フレームで、モータ固定子 11 がその内部に固定されている。4 はフレーム 13 の中に設けられた複数の水路である。33 はそれぞれの水路 4 内に固着された高熱伝導複合材からなる角棒で、フレーム 13 のアルミニウム製鋳物成形時に位置決め固定される。14 はシャフト 9 を支えている軸受である。

10

【0024】

以上の構成にて高出力モータのコイル 12 に通電すると、モータ回転子 10 が回転し、回転子 10 に固定されているシャフト 9 は 2 つの軸受 14 を支点として回転し、トルクをモータ外部に伝える。モータ内部では、コイル 12 の発熱が主な発熱体で、その熱はモータ固定子 11 のコアからフレーム 13 に伝えられる。そして、フレーム 13 に設けられた複数の水路 4 内を流れている冷却水によって放熱される。水路 4 には高熱伝導複合材からなる角棒 33 が埋め込まれており、コイル 12 からモータ固定子 11 のコアに伝わった熱は、アルミニウム製鋳物フレーム 13 の内側近くに配置されたアルミニウムの 3 倍の熱伝導率を有する角棒 33 により、水路 4 内の冷却水に、単にアルミニウムだけで構成されているフレームの場合よりも放熱され易くなる。発熱条件の同じモータの放熱量を比較すると、従来の水冷の場合の放熱量は $29\text{ W / (温度上昇 } 68)$ であったのに対して、本発明の冷却方法を適用した場合は、 $37\text{ W / (温度上昇 } 54)$ となり、その冷却効率は大幅に改善された。

20

【0025】

なお、本実施例では、本発明に係わるヒートシンクを含む冷却装置の適用例として、高出力モータのフレーム部に応用した場合を示したが、モータを駆動するインバータ装置のパワー回路を構成するパワートランジスタや IGBT 等の半導体素子 (発熱素子) の冷却用ヒートシンクとしても適用することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図 1】本発明の参考例 1 のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図および平面図

【図 2】本発明の参考例 2 のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図および平面図

【図 3】本発明の実施例 1 のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図

【図 4】本発明の参考例 3 のヒートシンクを含む冷却装置の側断面図

【図 5】本発明の実施例 2 を示す図で、実施例 1 または参考例 1 乃至 3 のヒートシンクを含む冷却装置を適用した高出力モータの側断面図および A - A 断面図

40

【符号の説明】

【0027】

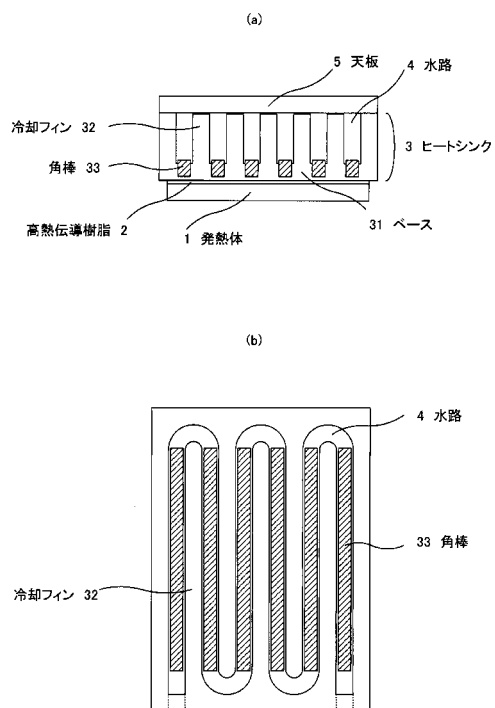
(符号の説明)

- 1 発熱体
- 2 高熱伝導樹脂
- 3 ヒートシンク
- 4 水路
- 5 天板
- 6 横長の孔
- 7 繊維剥き出し部

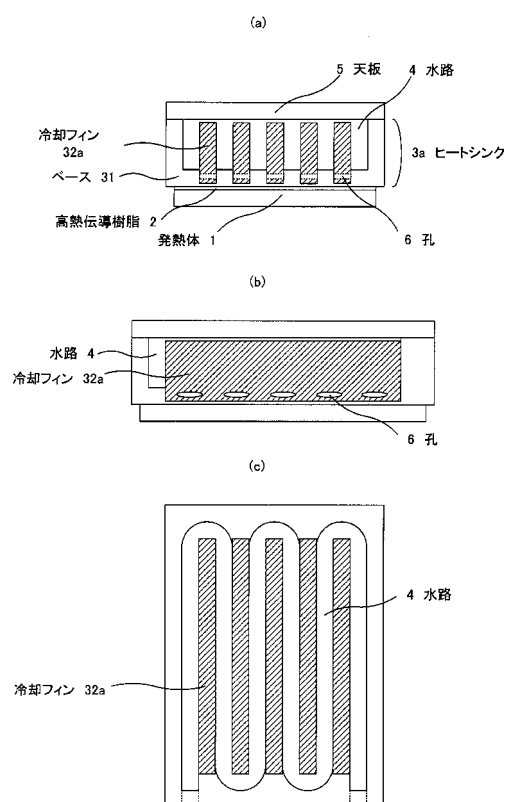
50

- 8 山形状の頂端部
- 9 シャフト
- 10 モータ回転子
- 11 モータ固定子
- 12 コイル
- 13 フレーム
- 14 軸受
- 31 ベース
- 32 冷却フィン
- 33 角棒

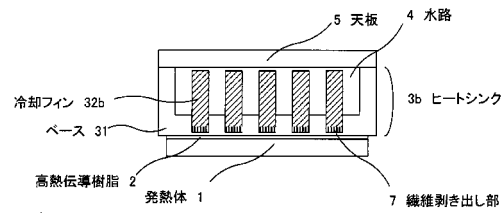
【図 1】



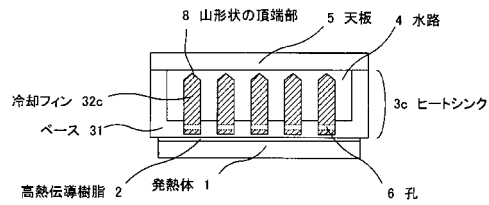
【図 2】



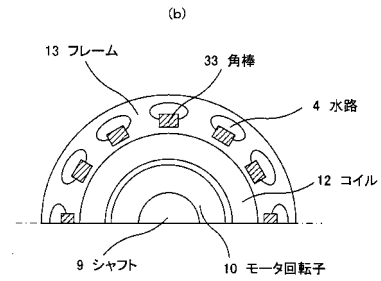
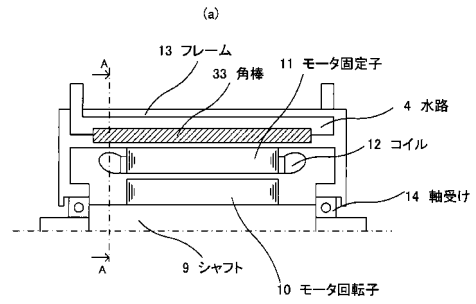
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 3 1 2 3 6 0 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 8 8 3 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 4 6 0 3 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 5 K 7 / 2 0
H 0 1 L 2 3 / 3 4 - 2 3 / 4 7 3