

(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
2015年6月11日(11.06.2015)

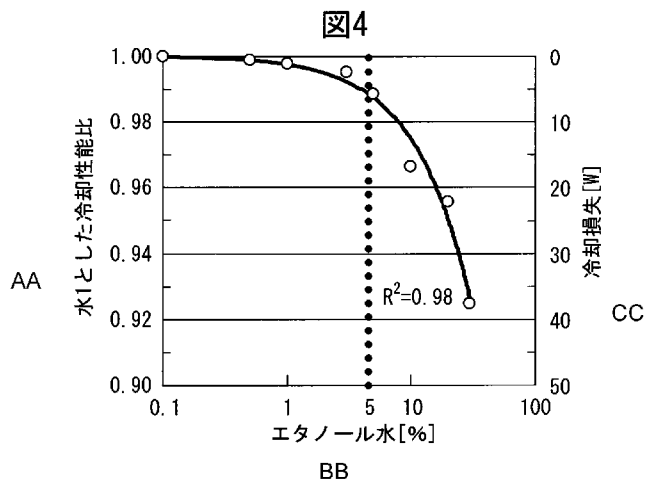


(10) 国際公開番号
WO 2015/083256 A1

- (51) 国際特許分類:
F28D 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082618
- (22) 国際出願日: 2013年12月4日(04.12.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 林 信幸 (HAYASHI, Nobuyuki); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 中西 輝 (NAKANISHI, Teru); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 米田 泰博 (YONEDA, Yasuhiro); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門3 7森ビル 青和特許法律事務所 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, 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, JP, KE, KG, 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, 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, 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), 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))

(54) Title: COOLING DEVICE EMPLOYING MIXED WORKING FLUID, AND COOLING DEVICE OF ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 混合作動液を用いた冷却装置及び電子装置の冷却装置



AA Cooling performance ratio; water being 1
BB Ethanol-water [%]
CC Cooling loss [W]

(57) Abstract: A cooling device equipped with: a heat receiver which has been attached to a heat generator and deprives the heat generator of heat by means of a running refrigerant; a heat exchanger which emits the heat of the refrigerant that has flowed therein and which thereby lowers the refrigerant temperature before the refrigerant is discharged; a first channel through which the refrigerant is sent from the heat receiver to the heat exchanger; a second channel through which the refrigerant is sent from the heat exchanger to the heat receiver; and a pump for moving the refrigerant. Used as the refrigerant is a mixed working fluid obtained by adding ethanol to either pure water or impure water containing nanoparticles, the mixed working fluid having an alcohol concentration of 0.1-5 mass% in terms of ethanol concentration. Thus, the cooling device has improved freeze resistance.

(57) 要約: 発熱体に取り付けられ、流れる冷媒によって発熱体から熱を奪う受熱器と、流入した冷媒から熱を放熱して冷媒温度を下げて放出する熱交換器と、受熱器から熱交換器に冷媒を送る第1の流路と、熱交換器から受熱器に冷媒を送る第2の流路及び冷媒を移動させるポンプとを備える冷却装置であり、冷媒として、純水又はナノ粒子を含む不純水にエタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を使用した混合作動液を用い、凍結耐性を向上させた冷却装置

である。

明 細 書

発明の名称：

混合作動液を用いた冷却装置及び電子装置の冷却装置

技術分野

[0001] 本出願は混合作動液を用いた冷却装置及び電子装置の冷却装置に関する。

背景技術

[0002] 電子装置に搭載された電子部品を、冷媒（作動液、作動流体）を用いて冷却する冷却装置、例えば、ヒートパイプが知られている。そして、冷媒には、地球温暖化に影響せず、高い冷却特性を備えた水を主体とした物質が使用されることが多い。水を主体として汎用ヒートパイプの熱輸送特性を向上させることができる、ヒートパイプ用の水ベース作動流体については特許文献 1 に開示がある。特許文献 1 には、純水に炭素数が 3 以上のアルコール（0.01%～20%）とナノ粒子を加えた作動液が開示されている。

[0003] しかし、水を主体とした冷媒は、寒冷環境での輸送、保管時において、水の凍結に伴って体積膨張するので、冷却装置が凍結破壊する虞がある。よって、特許文献 1 に開示の作動液は、熱輸送特性の向上は図れるが、凍結耐性はなく、寒冷環境での輸送、保管が行われるヒートパイプ用の作動流体としては適さない。

[0004] そこで、冷却装置の凍結破壊防止のために、冷媒として水にエタノールを添加した混合作動液を作り、これを冷却装置に封入して凝固点降下させ、凍結耐性を向上させた冷却装置が提案されている。例えば、特許文献 2 には、水にエタノールやエチレングリコールを含む添加剤を混入させた冷媒を用いたスターリング冷凍機が開示されている。また、特許文献 3 には、作動流体として、トリフルオロエタノールを用いた熱移動装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：特開 2013-224770 号公報

[0006] 特許文献2：特開2005-42949号公報

[0007] 特許文献3：特公昭63-12504号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献2に開示のスターリング冷凍機では、水にエタノールやエチレングリコールを含む添加剤を混入させ、添加剤混入後のエタノールまたはエチレングリコールの冷媒に占める割合を20wtパーセント以下にすることが記載されている。しかしながら、エタノールまたはエチレングリコールの冷媒に占める割合が20wtパーセントに近い混合作動液を用いると、水に比べて潜熱の低下が大きく、熱輸送量が低下して冷却装置では冷却性能が低下するという課題があった。また、特許文献3に記載のトリフルオロエタノール水溶液は暖房機用の作動流体であり、冷却装置用の作動流体ではない。

[0009] 1つの側面では、本出願は、冷媒の凍結耐性を向上させると共に、冷却性能を低下させない適切なエタノール濃度の冷媒を使用した混合作動液を使用した冷却装置及び電子装置の冷却装置を目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 第1の形態によれば、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、冷媒から熱を放熱して冷媒温度を下げる熱交換器と、受熱器から熱交換器に冷媒を送る第1の流路と、熱交換器から受熱器に冷媒を送る第2の流路とを備える冷却装置であって、冷媒として、純水にエタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた冷却装置が提供される。

[0011] また、第2の形態によれば、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、冷媒から熱を放熱して冷媒温度を下げる熱交換器と、受熱器から熱交換器に冷媒を送る第1の流路と、熱交換器から受熱器に冷媒を送る第2の流路とを備える冷却装置であって、冷媒として、添加剤を含む水溶液に、エタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた冷却装置が提供される。

[0012] 第3の形態によれば、プリント配線基板上に実装された発熱体を冷却する電子装置の冷却装置であって、冷却装置が、発熱体に取り付けられ、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、プリント配線基板上に配置された熱交換器と、熱交換器を冷却風によって冷却するファンと、受熱器から熱交換器に冷媒を送る第1の流路と、熱交換器から受熱器に冷媒を送る第2の流路とを備え、冷媒として、純水にエタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた電子装置の冷却装置が提供される。

[0013] また、第4の形態によれば、プリント配線基板上に実装された発熱体を冷却する電子装置の冷却装置であって、冷却装置が、発熱体に取り付けられ、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、プリント配線基板上に配置された熱交換器と、熱交換器を冷却風によって冷却するファンと、受熱器から熱交換器に冷媒を送る第1の流路と、熱交換器から受熱器に冷媒を送る第2の流路とを備え、冷媒として、添加剤を含む水溶液に、エタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた電子装置の混合作動液を用いた冷却装置が提供される。

発明の効果

[0014] 開示の冷却装置及び電子装置の冷却装置では、純水または添加剤を含む水溶液に、エタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を冷媒として封入しているので、混合作動液の凍結耐性が向上すると共に、冷却装置及び電子装置の冷却装置の冷却性能も低下しないという効果がある。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は本出願の混合作動液を用いた冷却装置の構成を示す構成図である。

[図2]図2は水にエタノールを混合したエタノール水溶液の混合割合と温度に対する凝固の状態を示す平衡状態図である。

[図3]図3は冷却装置の冷却性能の測定系の構成を示す図である。

[図4]図4は純水にエタノールを混合したエタノール水溶液の濃度と冷却損失の関係を示す状態図である。

[図5A]図5Aは図3に示した却装置に純水を大気圧で封入した場合と減圧状態で封入した場合のエンタルピを比較する図である。

[図5B]図5Bは図3に示した冷却装置のヒータを500Wとし、冷却ファンからの風速を5m/sにした時の、純水を減圧した圧力（ゲージ圧）の大きさと、冷却ユニット性能（熱抵抗）の測定結果を示す図である。

[図5C]図5Cは図5Bに示す純水を減圧した圧力（ゲージ圧）に対応する冷却性能比を示す図である。

[図6A]図6Aは本出願の冷却装置が適用されたCPUモジュールの構造を示す斜視図である。

[図6B]図6Bは図6AのCPUモジュールが複数搭載された電子装置を示す斜視図である。

[図7A]図7Aは純水に添加剤が含まれる水溶液にエタノールを混合したエタノール水溶液の濃度と冷却損失の関係を示す状態図である。

[図7B]図7Bは図3に示した冷却装置のヒータ35を500Wとし、冷却ファンからの風速を5m/sにし、環境温度を21°Cにした状態での純水を使用した時と不純水を使用した時の冷却ユニット性能の測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付図面を用いて本出願に係る混合作動液を用いた冷却装置及び電子装置の冷却装置の実施の形態を、具体的な実施例に基づいて詳細に説明する。

[0017] 図1は本出願の混合作動液を用いた冷却装置10の一実施例の構成を示すものである。冷却装置10は、冷媒である混合作動液を流すことによって、半導体パッケージ等の発熱体（被冷却体）8から熱を奪うヒートシンク（受熱器）1と、熱を奪って暖められた混合作動液から熱を放熱するラジエータ（熱交換器）3とを備えている。受熱器1において暖められた混合作動液は、受熱

器 1 から熱交換器 3 に、送り流路（第 1 の流路）2 によって送られる。また、熱交換器 3 において温度が下げられた混合作動液は、戻り流路（第 2 の流路）4 によって熱交換器 3 から受熱器 1 に送られる。

[0018] 更に、この実施例では、戻り流路 4 の途中に、混合作動液を移動させるポンプ 5 が設けられている。なお、受熱器 1 と熱交換器 3 との上下配置における高度差と、気体（ガス冷媒）と液体（液冷媒）との比重差を利用した自然循環を得ることができれば、ポンプ 5 などの外部動力を不要としても良い。このような構成を採用すると、電子装置の発熱量が増大した場合においても、受熱器 1 を混合作動液で強制的にかつ積極的に冷却することができるので、空冷で受熱器 1 を冷却していた場合に比べて、大幅に冷却性能を高めることができる。

[0019] ポンプ 5 により、混合作動液は、受熱器 1、送り流路 2、熱交換器 3 及び戻り流路 4 で形成される閉ループ流路内を循環する。本実施例では、熱交換器 3 に複数の放熱フィン 6 が設けられており、放熱フィン 6 は送風ファン 7 からの冷却風によって冷却され、熱交換器 3 内を流れる混合作動液の温度を低下させる。また、発熱体 8 と受熱器 1 との間には、発熱体 8 で発生した熱を効率良く受熱器 1 に伝達する熱伝導材料 9 が設けられている。

[0020] 以上のような構造の冷却装置 10 に封入する混合作動液には、純水にエタノールを加えることにより、エタノール 0.1 質量%から 5 質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いる。純水は脱ガス処理した蒸留水 100 質量%の水であり、この純水にエタノールを加えてエタノール 0.1 質量%から 5 質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を作る。この混合作動液は、冷却装置の循環冷却水回路中に、真空度 -100 kPa （ゲージ圧）にて真空注入して封止した。ここで、本出願の実施例では、混合作動液として、エタノール 0.1 質量%から 5 質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を使用する理由について説明する。

[0021] 図 2 は、純水にエタノールを混合したエタノール水溶液の混合割合と、温度を低下させて凍結実験した時の凝固の状態を示す平衡状態図である。横軸

が純水とエタノールの質量混合割合 (W t. %) を示しており、横軸の右端が純水 100% の状態であり、横軸の左端がエタノール 100% の状態を示している。また、縦軸が温度を示しており、左側に温度を華氏 (° F) で表示しており、右側に温度を摂氏 (° C) で表示してある。なお、以下の説明では、エタノール水溶液を単にエタノール水と記載することがある。

[0022] エタノール濃度が高くなるにつれて凝固点の温度が下がり、固相線と交差する -120°C でアルコール水溶液が完全に凝固する。また、液相線と交差するエタノール 30 質量% では凝固点が -21°C 、エタノール 20 質量% では凝固点が -11°C 、エタノール 10 質量% では凝固点が -4.5°C であった。そして、エタノール 5 質量% の水溶液は、 -30°C の氷点下環境では、水成分が凝固しても液体のアルコール成分により、混合作動液はシャーベット状体 (氷ゲル) で柔軟性があり、安定して存在することが分った。このことは、 -30°C の氷点下環境でも、混合作動液が凝固によって体積膨張しても、応力分散が働き、凍結破壊の防止が図れることを示している。

[0023] 更に、エタノールの質量% が低いエタノール水溶液の凍結状態を調べるために、6 本の試験管に純水と濃度の異なる 5 種類のエタノール水溶液をそれぞれ 3 cm^3 入れ、 -30°C に保持した恒温槽内に放置した。5 種類のエタノール水溶液は、エタノール 0.1 質量% の水溶液、エタノール 0.5 質量% の水溶液、エタノール 1 質量% の水溶液、エタノール 5 質量% の水溶液、及びエタノール 10 質量% の水溶液である。この結果、純水を入れた試験管のみにクラックが生じ、底部破裂による沈降が見られた。この実験から、エタノール 0.1 質量% ~ 5 質量% のエタノール水溶液は、 -30°C で体積膨張による凍結破壊が起こらないことが確認できた。

[0024] 次に、図 3 に示すような冷却装置 20 の冷却性能の測定系を作成し、混合作動液の冷却性能について調べた。冷却装置 20 は、蒸発器 11、蒸気管 12、ラジエータ 13、液管 14、循環ポンプ 15 を備え、これらの内部を作動流体が循環する。蒸発器 11 は、500W 級の発熱モジュール 30 を製作

して、この発熱モジュール30の上に取り付けた。なお、ラジエータ13は、図1に示した冷却装置10が送風ファン7からの冷却風によって冷却されるように、送風ファンからの冷却風によって冷却されるが、図3に示す冷却装置20には送風ファンの図示は省略してある。

[0025] 発熱モジュール30は、ベース31の上にスペーサ32を介して取り付けたりッド33の上面に放熱グリース（伝熱材）34を介して取り付けた。そしてリッド33の下面には発熱体としてヒータ35を取り付けた。リッド33はヒータ35の熱を拡散させるヒートスプレッドである。リッド33は一边が63mmの矩形状の板であり、板厚は2mm程度である。ベース31の高さは20mm程度であり、スペーサ32の高さは5mm程度である。なお、作動流体（エタノール水溶液）との腐食耐性が必要であるので、ラジエータ13には銅又はステンレスを使用し、内部の負圧を保つために、気密封止構造を採用している。

[0026] この測定系では、第1温度センサ21で周囲温度を測定し、第2温度センサ22で蒸発器11の裏面温度を測定し、第3温度センサ23でリッド33の表面温度を測定し、第4温度センサ24でヒータ35の上面温度を測定して冷却装置20の冷却性能を調べた。第2から第4温度センサには、熱電対を使用することができる。冷却装置20の冷却性能は、冷却装置の熱抵抗によって算出することができ、冷却装置の熱抵抗は、例えば、 $(\text{蒸発器裏面温度} - \text{周囲温度}) \div (\text{発熱量})$ によって算出することができる。

[0027] 図4は、図3に示した測定系に、水にエタノールを混合したエタノール水溶液の濃度を変えて、水を1とした時の冷却性能比と冷却損失を測定したものである。この測定から、0.1～5質量%の低アルコール濃度のエタノール水は、冷却損失が5W以下であり、冷却性能への影響が殆どないことが分かった。これにより、0.1～5質量%の低アルコール濃度のエタノール水を用いると、冷却性能を損なわずに凍結耐性を維持可能である。即ち、0.1～5質量%の低アルコール濃度のエタノール水は冷却効率に影響がない。なお、実用的には、1～2質量%の低アルコール濃度のエタノール水が取扱い

容易であり、冷却損失も 1 W 以下である。

[0028] 次に、図 3 に示した冷却装置 20 の冷却性能の測定系において、純水を減圧して飽和蒸気圧で封入して、温度に対する比エンタルピを調べた。図 5 A は温度に対する比エンタルピの関係を大気圧状態と減圧状態とを比較して示すものである。図 5 A では、破線が大気圧状態を示しており、実線が減圧状態を示している。水は大気圧では 100 °C で沸騰するが、減圧して沸点を 50 °C ~ 60 °C に下げると、高発熱の CPU に適用できる水冷比 5 倍の高い輸送能力の冷却が可能になる。

[0029] また、図 5 B は図 3 に示した冷却装置 20 のヒータ 35 を 500 W とし、冷却ファンからの風速を 5 m/s にした時に、純水を減圧した圧力（ゲージ圧）の大きさと、冷却ユニット性能（熱抵抗）を測定したものである。更に、図 5 C は図 5 B に示す純水を減圧した圧力（ゲージ圧）に対応する冷却性能比を示すものである。

[0030] 図 5 C から分かるように、純水を減圧した圧力（ゲージ圧）が大きいほど冷却性能比が良いが、-60 kPa に変曲点があり、-60 kPa から -100 kPa 未満が有効範囲であると言える。そこで、実施例では、一例として、減圧状態を -80 kPa とした。ここで、0 °C の水を加熱して水が水蒸気に変化する状態を、図 5 A を用いて大気圧状態と減圧状態で比較する。大気圧状態では、水が水蒸気に変化するためには、419 kJ/kg の顕熱と 2257 kJ/kg の蒸発潜熱が必要である。これに対して、減圧状態では破線で示すように減圧沸騰が発生して 50 ~ 60 °C で水が水蒸気に変化する。このため、減圧によって沸点が低下した蒸発潜熱を利用することにより、大気圧状態よりも大きな熱輸送が可能になる。

[0031] そして、エタノールの蒸発潜熱は 838 kJ/kg と水の蒸発潜熱に比べると低い、5 質量%程度のエタノール水であれば、蒸発潜熱は水と殆ど変わらないので、5 質量%程度のエタノール水を使用した冷却装置であっても減圧効果は得られる。なお、エタノール水自体は、大気圧での使用、即ち、一般での水冷など、液冷でも条件が合えば減圧せずに使用される可能性がある。

。

[0032] 図6Aは図1で説明した本出願の冷却装置10が適用されたCPUモジュール40の構造を示すものである。CPUモジュール40のプリント配線板41の上にはパッケージCPU42やメモリであるDIMM43等の発熱部品が実装されており、冷却装置10はこれらの発熱部品の冷却のためにプリント配線板41の上に配置される。受熱器1は2つあるパッケージCPU42の上にそれぞれ取り付けられており、プリント配線板41のパッケージCPU42の実装位置と反対側に熱交換器3と送風ファン7が2つずつ設けられている。そして、受熱器1と熱交換器3が送り流路2と戻り流路4で接続され、内部に減圧状態で封入された0.1～5質量%の低アルコール濃度のエタノール水が循環している。このような構造を備えるCPUモジュール40は、図6Bに示すようにラック架台44に複数台収納されて電子装置50、例えば、サーバシステム50が形成される。

[0033] 以上説明した実施例では、混合作動液として、純水に0.1～5質量%のエタノールが混入された低アルコール濃度のエタノール水が使用されている。一方、混合作動液として、純水ではなく、純水に添加物を混入した水（不純水）を使用することができる。添加物としては、例えば、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 等のセラミックスのナノ粒子、Au、Ag、Cu、Ti等の金属のナノ粒子、及びグラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブ等のナノ粒子がある。

[0034] そこで、次に、不純水に0.1～5質量%のエタノールが混入された低アルコール濃度のエタノール水を混合作動液として用いた実施例について説明する。不純水を用いた混合作動液についても、純水に0.1～5質量%のエタノールが混入された低アルコール濃度のエタノール水を混合作動液として用いた実施例と同様の測定を行った。

[0035] まず、添加物が混入された不純水にエタノールを混合したエタノール水溶液の混合割合と、温度を低下させて凍結実験を行った。この実験では、図2で説明した、純水にエタノールを混合したエタノール水溶液の混合割合と、

温度を低下させて凍結実験とほぼ同様の結果が得られた。即ち、不純水にエタノール5質量%を混入した水溶液は、 -30°C の氷点下環境では、水成分が凝固しても液体のアルコール成分により、混合作動液はシャーベット状体（氷ゲル）で柔軟性があり、安定して存在することが分った。このことは、不純水を用いても -30°C の氷点下環境でも、混合作動液が凝固によって体積膨張しても、応力分散が働き、凍結破壊の防止が図れることを示している。

[0036] 更に、純水と不純水の、エタノール0.1質量%のエタノール水溶液の凍結状態を比較する実験を行った。2本の試験管に純水と不純水のエタノール0.1質量%の水溶液をそれぞれ3cm³入れ、 -30°C に保持した恒温槽内に放置した。この結果、両方の試験管ともクラックは生じず、底部破裂による沈降も見られなかった。この実験から、不純水を用いたエタノール0.1質量%のエタノール水溶液も、 -30°C で体積膨張による凍結破壊が起こらないことが確認できた。

[0037] 次に、図3で説明した冷却装置20の冷却性能の測定系を用いて、不純水を用いた混合作動液の冷却性能について調べた。図7Aは、図3に示した測定系に、不純水にエタノールを混合したエタノール水溶液の濃度を変えて、水を1とした時の冷却性能比と冷却損失を測定したものである。

[0038] また、図3に示した冷却装置20のヒータ35を500Wとし、冷却ファンからの風速を5m/sにし、環境温度を 21°C にした時に、純水を使用した時と、不純水を使用した時の冷却ユニット性能（熱抵抗）を測定した結果を、図7Bに示す。この時のリッド（クーリングプレート）33の寸法は40mm×10mmとした。図7Bに記載の「エタノール水」は、純水に0.1～5質量%のエタノールを加えた作動液であり、「不純水」は、純水に0.1～5質量%のエタノールと添加物を凝固核となるように加えた混合作動液である。

[0039] 図7A、図7Bから、「不純水」は、冷却損失が5W以下であり、冷却性能 $\left[(\text{クーリングプレート温度} - \text{環境温度}) \div (\text{発熱量}) \right]$ は「エタノール

水」よりも向上していることが分る。これにより、「不純水」を用いた方が「エタノール水」より冷却性能が良く、凍結耐性を向上させることが可能である。即ち、「不純水」は、冷却損失には影響がなく、冷却性能が「エタノール水」より良い。このように、「不純水」の方が冷却性能が良い理由は、液相から気相への変化を伴う蒸発熱を利用したいわゆる沸騰冷却では、添加物である微粒子（凝固核）が沸騰核となり、伝熱促進効果が得られるためである。なお、実用的には、1～2質量%の低アルコール濃度の「不純水」が取扱い容易であり、冷却損失も1W以下である。

[0040] 更に、図3に示した冷却装置20の冷却性能の測定系において、「不純水」を減圧して封入して、温度に対する比エンタルピを調べたが、図5Aに示した結果と同じ結果が得られた。従って、「不純水」を用いても、減圧によって沸点が低下した蒸発潜熱を利用することにより、大気圧状態よりも大きな熱輸送が可能になる。以上のことから、0.1～5質量%の低アルコール濃度の「不純水」は、図6Aに示したCPUモジュール40にも使用できる。

[0041] なお、前述の特許文献1に記載のヒートパイプ用作動流体には、純水に炭素数が3以上のアルコール0.01～20質量%を加え、本願の凝固核に相当するナノ粒子を加えた作動液が開示されているが、この作動液は本願の「不純水」とは組成が異なる。これは、特許文献1に開示の作動液が、アルコールを炭素数3以上に限定してマランゴニ対流を熱輸送に有効に活用するためであり、熱輸送性能の向上を図る組成であって、凍結耐性を得るための組成ではないからである。炭素数が大きなアルコールは水に溶解難く、不凍性が得られないことから明らかである。これに対して、本願の「不純水」は、水に溶解しやすい炭素数が2のエタノールを使用するものであり、不凍性を得るための組成であるので、凍結耐性があり、特許文献1に開示の作動液とは大きく異なるものである。

[0042] 以上説明したように、本出願の0.1～5質量%の低アルコール濃度の「エタノール水」または「不純水」を混合作動液として封入した冷却装置によ

れば、混合作動液の凍結性能が向上すると共に、冷却装置の冷却性能も低下しないという効果がある。

請求の範囲

- [請求項1] 冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、冷媒から熱を放熱して冷媒温度を下げる熱交換器と、前記受熱器から前記熱交換器に前記冷媒を送る第1の流路と、前記熱交換器から前記受熱器に前記冷媒を送る第2の流路とを備える冷却装置であって、
- 前記冷媒として、純水にエタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた冷却装置。
- [請求項2] 冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、冷媒から熱を放熱して冷媒温度を下げる熱交換器と、前記受熱器から前記熱交換器に前記冷媒を送る第1の流路と、前記熱交換器から前記受熱器に前記冷媒を送る第2の流路とを備える冷却装置であって、
- 前記冷媒として、添加剤を含む水溶液に、エタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた冷却装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、
- 前記添加剤がナノ粒子である混合作動液を用いた冷却装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、
- 前記ナノ粒子は、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 などのセラミックスのナノ粒子、 Au 、 Ag 、 Cu 、 Ti などの金属のナノ粒子、グラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブのナノ粒子の何れかである混合作動液を用いた冷却装置。
- [請求項5] 請求項1から4の何れか1項に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、
- 前記第2の流路に前記混合作動液を移動させるポンプが設けられている混合作動液を用いた冷却装置。
- [請求項6] 請求項1から5の何れか1項に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、

前記冷却装置の前記混合作動液を流れる流路には、前記混合作動液が減圧状態の飽和蒸気圧で封入されている混合作動液を用いた冷却装置。

[請求項7] 請求項6に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、
前記混合作動液が -60 kPa 以上 -100 kPa 未満の減圧状態の飽和蒸気圧で封入されている混合作動液を用いた冷却装置。

[請求項8] プリント配線基板上に実装された発熱体を冷却する電子装置の冷却装置であって、

前記冷却装置が、前記発熱体に取り付けられ、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、

前記プリント配線基板上に配置された熱交換器と、

前記熱交換器を冷却風によって冷却するファンと、

前記受熱器から前記熱交換器に前記冷媒を送る第1の流路と、

前記熱交換器から前記受熱器に前記冷媒を送る第2の流路とを備え

、

前記冷媒として、純水にエタノールを加えてエタノール0.1質量%から5質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

[請求項9] プリント配線基板上に実装された発熱体を冷却する電子装置の冷却装置であって、

前記冷却装置が、前記発熱体に取り付けられ、冷媒を流して発熱体から熱を奪う受熱器と、

前記プリント配線基板上に配置された熱交換器と、

前記熱交換器を冷却風によって冷却するファンと、

前記受熱器から前記熱交換器に前記冷媒を送る第1の流路と、

前記熱交換器から前記受熱器に前記冷媒を送る第2の流路とを備え

、

前記冷媒として、添加剤を含む水溶液に、エタノールを加えてエタ

ノール 0.1 質量%から 5 質量%のアルコール濃度を備えた混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

[請求項10] 請求項 9 に記載の電子装置の冷却装置であって、
前記添加剤がナノ粒子である混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

[請求項11] 請求項 9 に記載の電子装置の冷却装置であって、
前記ナノ粒子は、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 などのセラミックスのナノ粒子、 Au 、 Ag 、 Cu 、 Ti などの金属のナノ粒子、グラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブのナノ粒子の何れかである混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

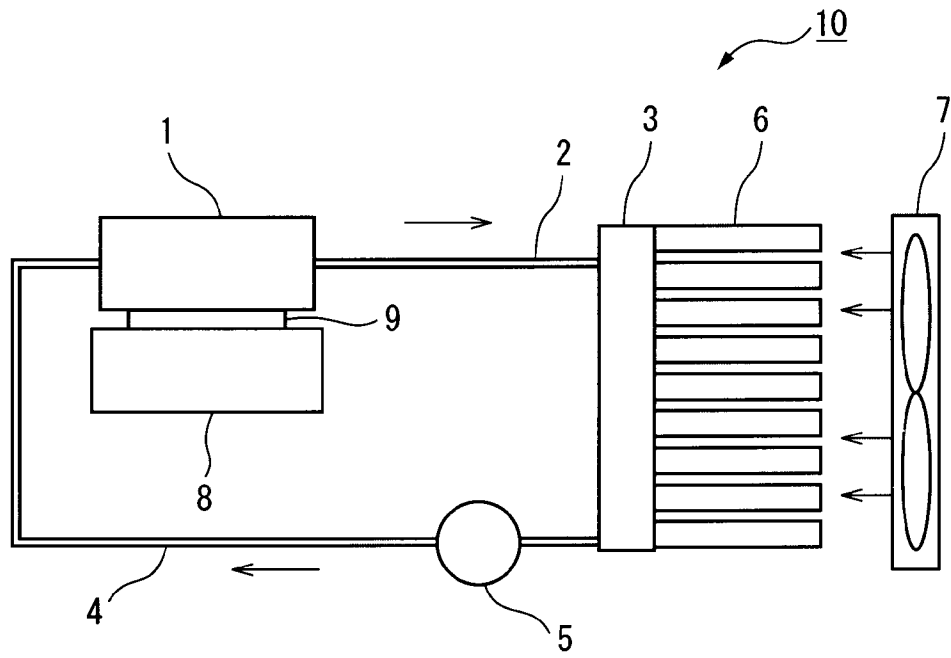
[請求項12] 請求項 8 から 11 の何れか 1 項に記載の電子装置の冷却装置であって、
前記第 2 の流路に前記混合作動液を移動させるポンプが設けられている混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

[請求項13] 請求項 8 から 12 の何れか 1 項に記載の電子装置の冷却装置であって、
前記冷却装置の前記混合作動液を流れる流路には、前記混合作動液が減圧状態の飽和蒸気圧で封入されている混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

[請求項14] 請求項 13 に記載の混合作動液を用いた冷却装置であって、
前記混合作動液が -60 kPa 以上 -100 kPa 未満の減圧状態の飽和蒸気圧で封入されている混合作動液を用いた電子装置の冷却装置。

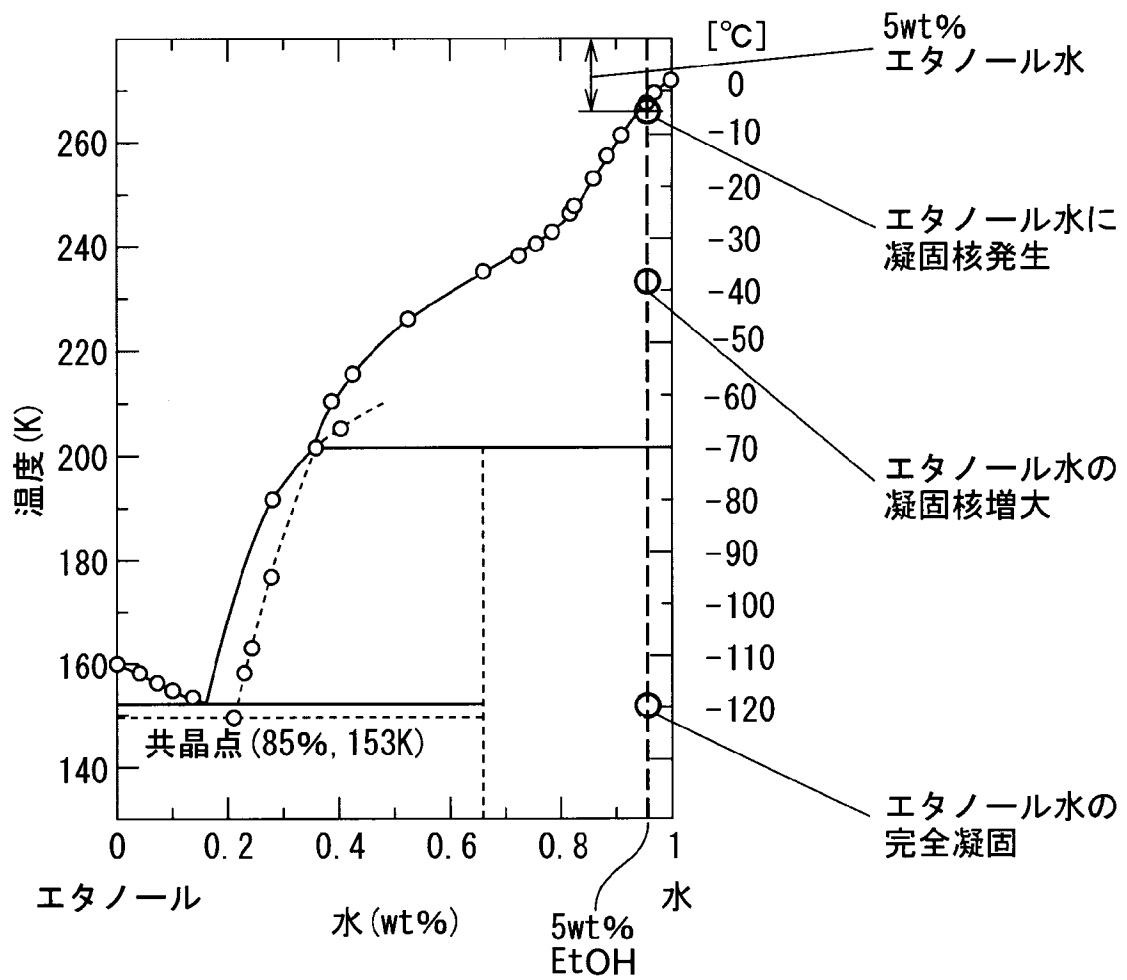
[図1]

図1



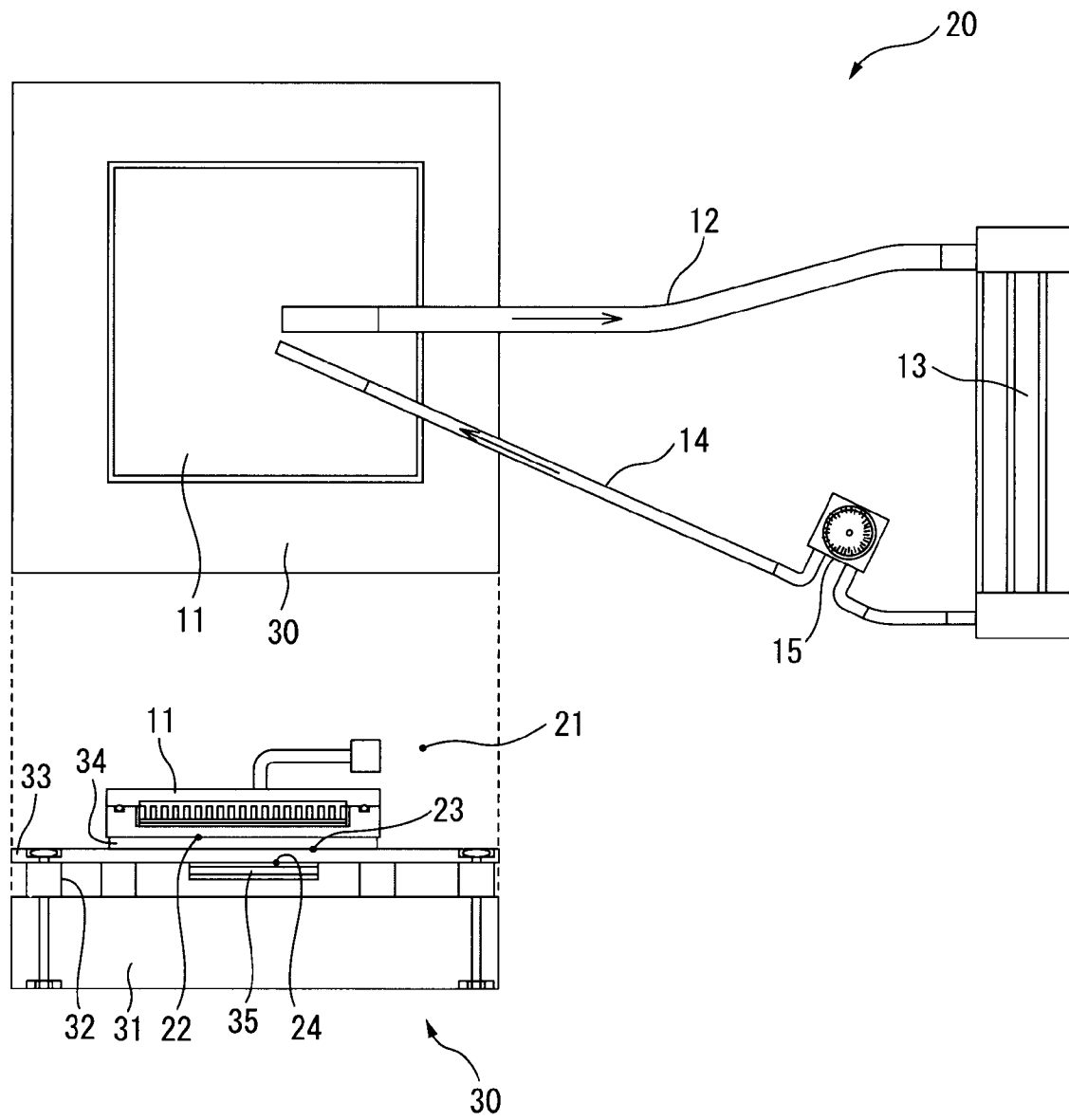
[図2]

図2

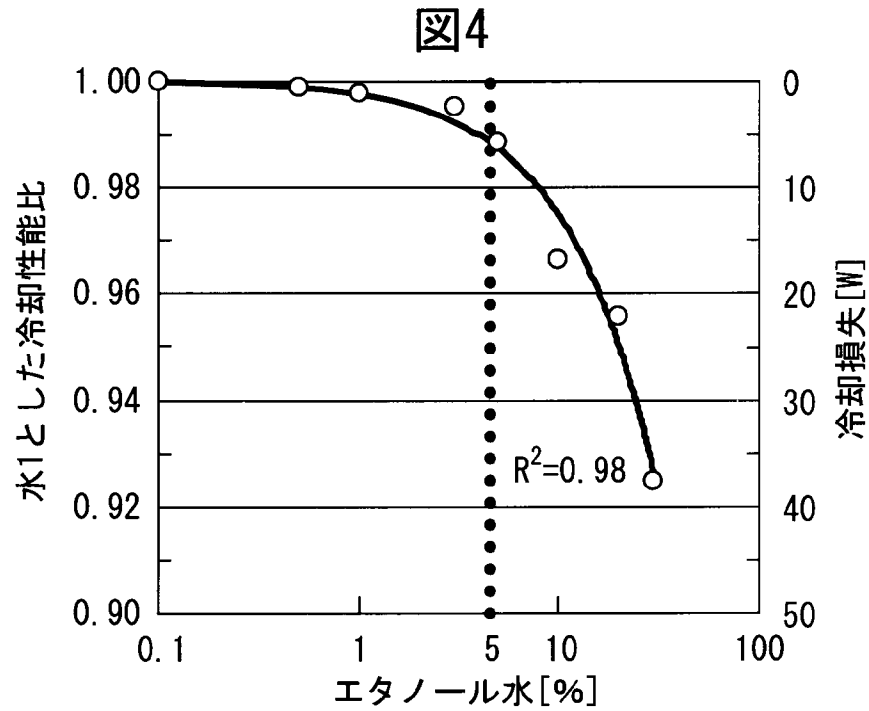


[図3]

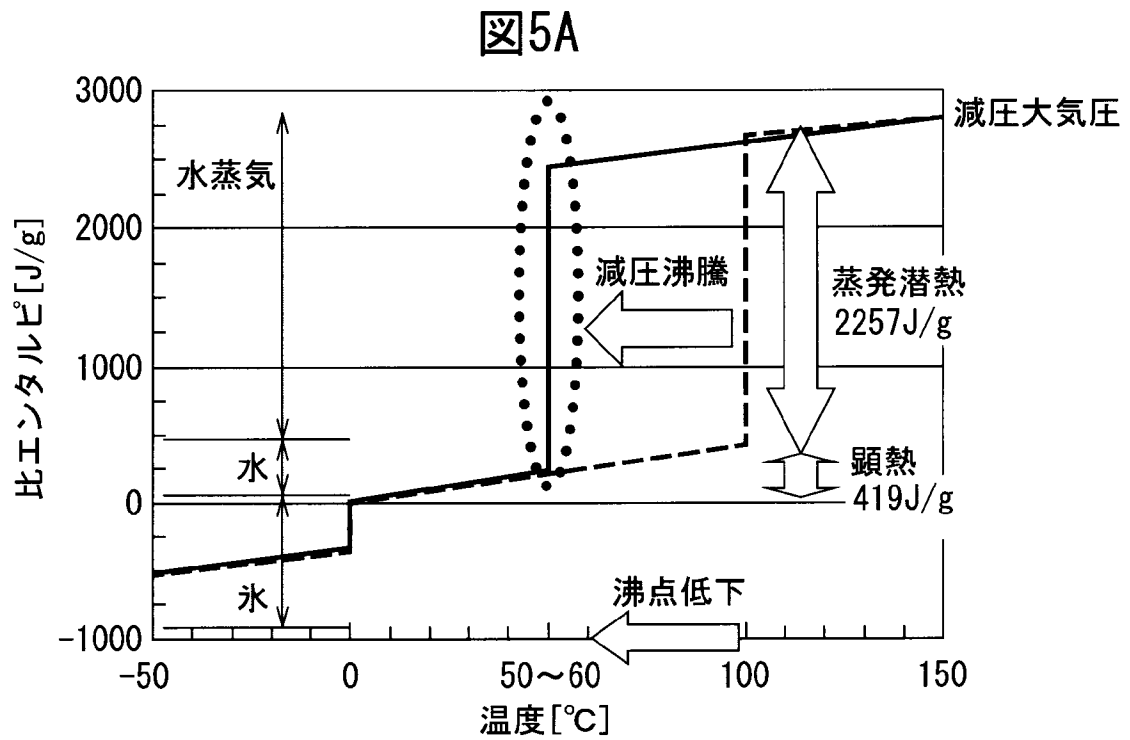
図3



[図4]



[図5A]



[図5B]

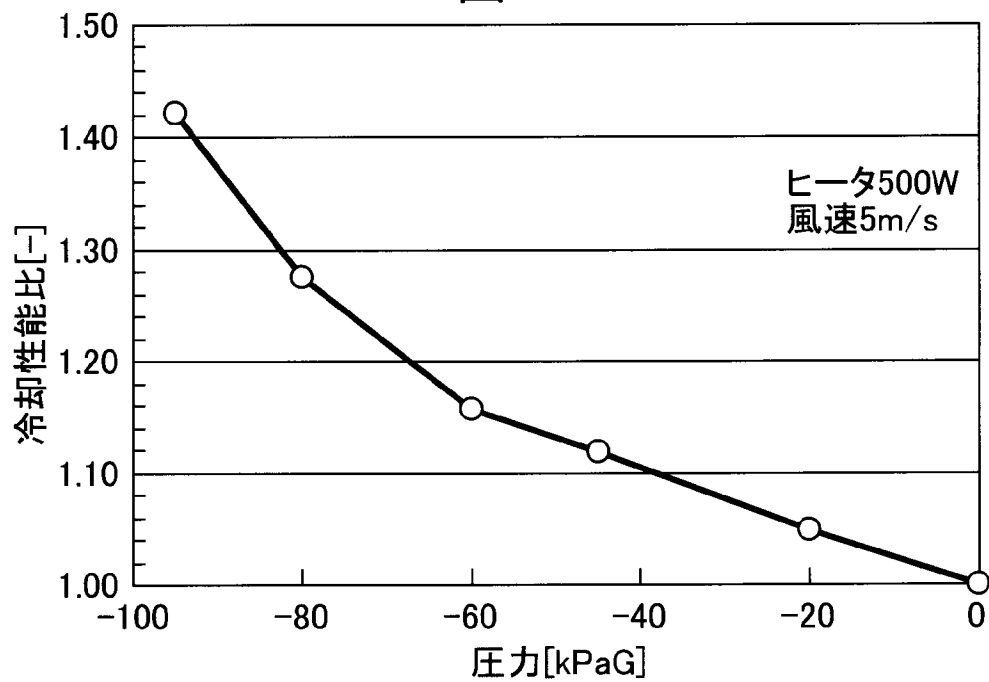
図5B

圧力 (ゲージ圧)	冷却ユニット性能 (熱抵抗)
0kPa	0.102°C/w (-)
-20kPa	0.097°C/w (5%UP)
-45kPa	0.090°C/w (12%UP)
-60kPa	0.086°C/w (16%UP)
-80kPa	0.074°C/w (27%UP)
-95kPa	0.059°C/w (42%UP)

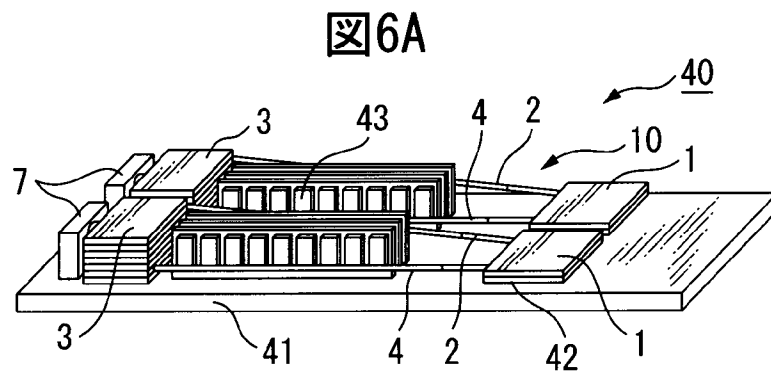
ヒータ500W
風速5m/s

[図5C]

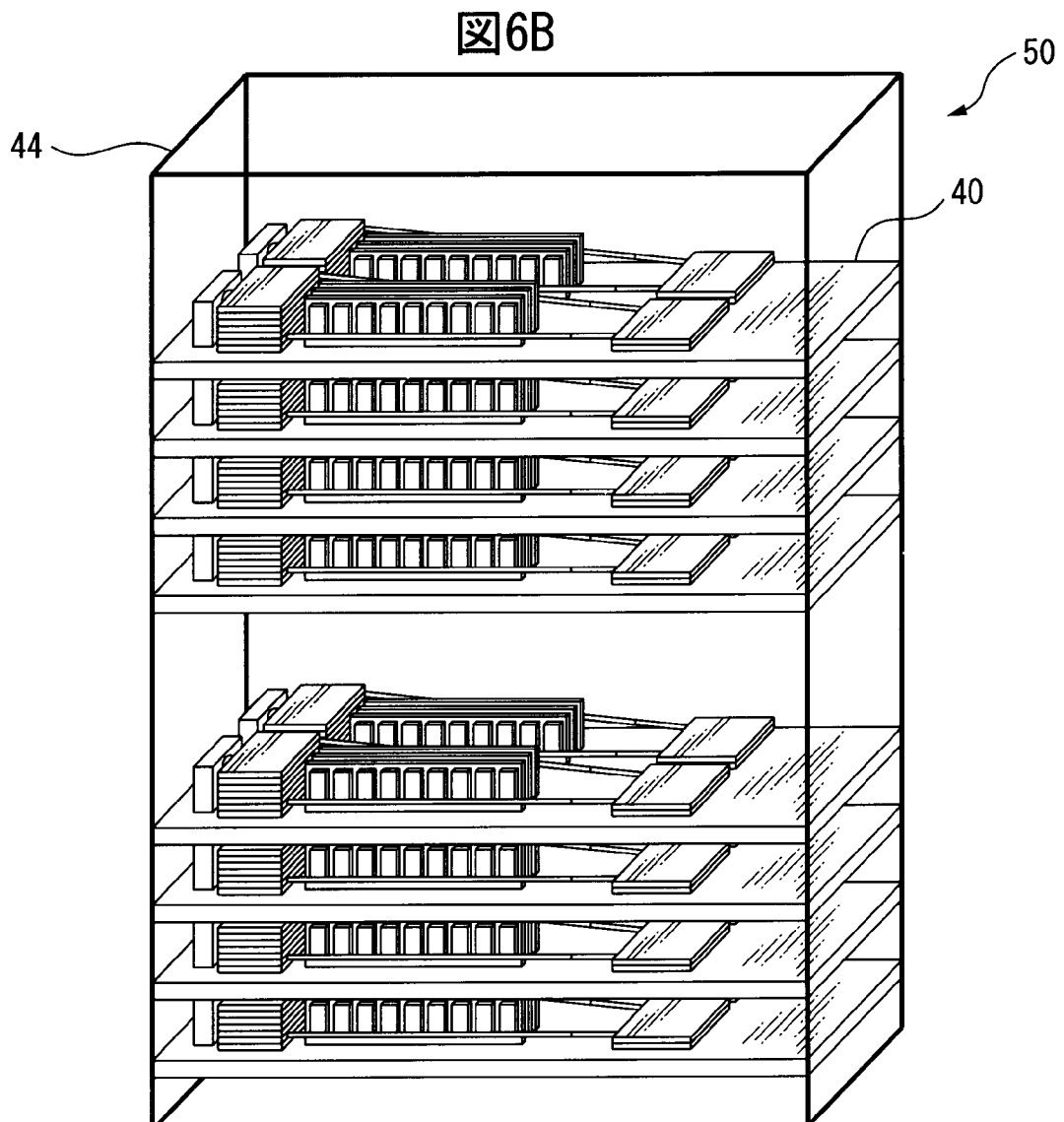
図5C



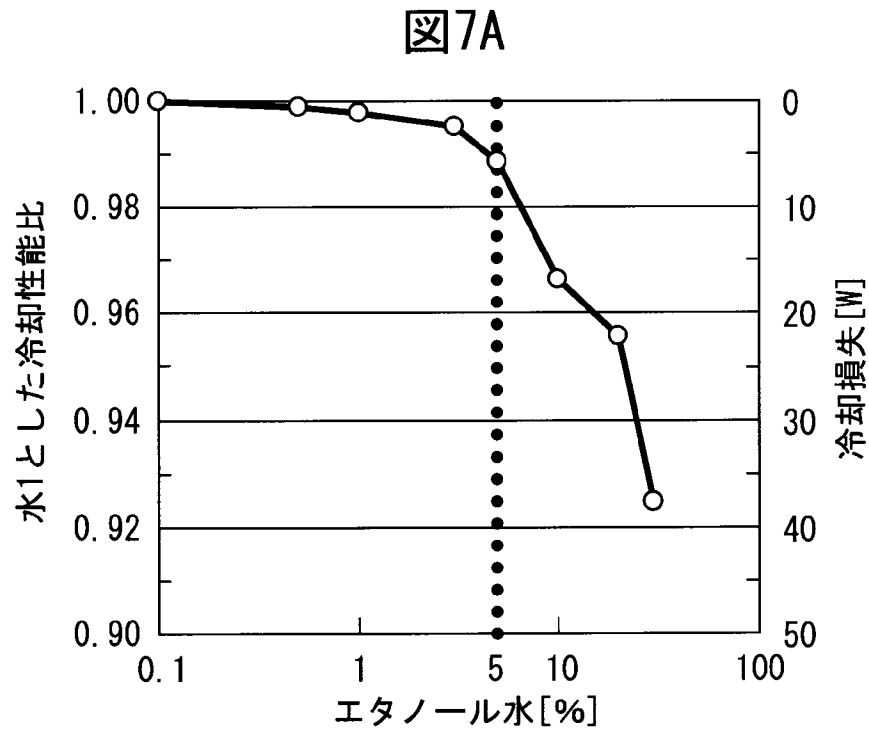
[図6A]



[図6B]



[図7A]



[図7B]

図7B

	クーリング プレート温度	環境温度 T _{air}	冷却ユニット性能 (熱抵抗)
不純水	64°C (-2°C)	21°C	0.086°C/w (-3.4%)
エタノール水	66°C	21°C	0.089°C/w (-)

ヒータ500W
風速5m/s

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F28D15/02(2006.01) i</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) <i>F28D15/00-15/06, F25B1/00</i>										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td><i>Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td><i>1922-1996</i></td> <td><i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i></td> <td><i>1996-2014</i></td> </tr> <tr> <td><i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td><i>1971-2014</i></td> <td><i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td><i>1994-2014</i></td> </tr> </table>			<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2014</i>	<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2014</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2014</i>
<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2014</i>							
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2014</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2014</i>							
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 2005-42949 A (Sharp Corp.), 17 February 2005 (17.02.2005), entire text; all drawings & US 2006/0185825 A1 & WO 2005/008160 A1	1-14								
A	JP 2009-40803 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 26 February 2009 (26.02.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-14								
A	JP 2013-224770 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 31 October 2013 (31.10.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-14								
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 21 February, 2014 (21.02.14)		Date of mailing of the international search report 04 March, 2014 (04.03.14)								
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer								
Facsimile No.		Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082618

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 2010-196912 A (Toyota Industries Corp.), 09 September 2010 (09.09.2010), entire text; all drawings & US 2011/0284187 A1 & EP 2400248 A1 & WO 2010/095373 A1 & KR 10-2011-0106942 A & CN 102326047 A	1-14
A	JP 2006-29724 A (Kinten SHA), 02 February 2006 (02.02.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2013-83385 A (Fujitsu Ltd.), 09 May 2013 (09.05.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	Tetsu FUJII, Shigeru KOYAMA, Yoichi SHIMIZU, Masaharu WATABE, Yoshiro NAKAMURA, "Gravity Controlled Condensation of an Ethanol and Water Mixture on a Horizontal Tube", Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers (Series B), vol.55, no.509, The Japan Society of Mechanical Engineers, pages 210 to 215, 19 October 1988 (19.10.1988), (Ronbun no.87-1495B)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F28D15/02(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（I P C）） Int.Cl. F28D15/00－15/06, F25B1/00			
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 1971－2014年 日本国実用新案登録公報 1996－2014年 日本国登録実用新案公報 1994－2014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	
A	JP 2005-42949 A（シャープ株式会社）2005.02.17, 全文, 全図 & US 2006/0185825 A1 & WO 2005/008160 A1	1－14	
A	JP 2009-40803 A（独立行政法人産業技術総合研究所）2009.02.26, 全文, 全図（ファミリーなし）	1－14	
A	JP 2013-224770 A（独立行政法人産業技術総合研究所） 2013.10.31, 全文, 全図（ファミリーなし）	1－14	
☒ 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 21.02.2014		国際調査報告の発送日 04.03.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 渡邊 洋 電話番号 03-3581-1101 内線 3337	3 L 9331

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 2010-196912 A (株式会社豊田自動織機) 2010.09.09, 全文, 全図 & US 2011/0284187 A1 & EP 2400248 A1 & WO 2010/095373 A1 & KR 10-2011-0106942 A & CN 102326047 A	1-14
A	JP 2006-29724 A (謝金展) 2006.02.02, 全文, 全図 (ファミリー なし)	1-14
A	JP 2013-83385 A (富士通株式会社) 2013.05.09, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-14
A	藤井哲, 小山繁, 清水洋一, 渡部正治, 中村芳郎, 「水+エタノー ル混合蒸気の水平管外体積力対流凝縮」, 日本機械学会論文集 (B 編), 55巻509号, 日本機械学会, 210-215頁, 1988.10.19, (論文 No. 87-1495B)	1-14