

(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
2011 年 5 月 19 日(19.05.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/058622 A1

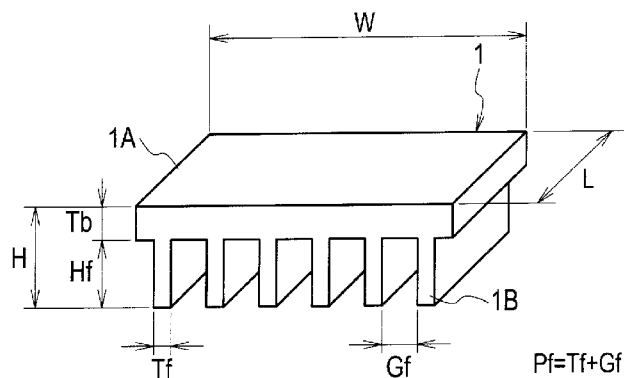
- (51) 国際特許分類:
H01L 23/467 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069187
- (22) 国際出願日: 2009 年 11 月 11 日(11.11.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小谷 和也 (KODANI, Kazuya) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 武田 亮 (TAKEDA, Makoto) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 番 8 号 虎ノ門琴平タワー 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, 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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

[続葉有]

(54) Title: HEATSINK, HEATSINK ASSEMBLY, SEMICONDUCTOR MODULE, AND SEMICONDUCTOR DEVICE WITH COOLING DEVICE

(54) 発明の名称: ヒートシンク、ヒートシンクアセンブリ、半導体モジュール及び冷却装置付き半導体装置

[図3]



(57) Abstract: A heatsink (1) provided with a base (1A) and a large number of heat dissipating fins (1B) which are parallelly arranged on one surface of the base (1A) at small pitches on the order of sub-millimeter. The large number of heat dissipating fins each have a thickness on the order of sub-millimeter, a length not greater than 60 mm in the width direction, and a height not greater than 40 mm. A heatsink assembly (5) can be formed by arranging a multiple of such heatsinks (1) and thermally connecting the heatsinks (1) together using a heat conveying device (4).

(57) 要約: ヒートシンク (1) は、ベース (1A) と、ベース (1A) の一方の面上に設置されるサブミリオーダーの狭ピッチで平行に配置された多数の放熱フィン (1B) と、を備える。多数の放熱フィンの各々は、厚さをサブミリオーダーとし、幅方向の長さを 60 mm 以下とし、高さを 40 mm 以下とする。このヒートシンク (1) を複数台並べ、各ヒートシンク (1) の間を熱輸送デバイス (4) にて熱的に接続することにより、ヒートシンクアセンブリ (5) を構成してもよい。

WO 2011/058622 A1

WO 2011/058622 A1



NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, 添付公開書類:

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

ヒートシンク、ヒートシンクアセンブリ、半導体モジュール及び冷却装置付き半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、ヒートシンク、ヒートシンクアセンブリ、半導体モジュール及び冷却装置付き半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 一般に、パワー半導体素子の冷却装置は、図 1 や図 2 に示すように、パワー半導体モジュール 101 に絶縁材 102 とグリースや熱伝導接着材などのサーマルインターフェースマテリアル 103 とを介してヒートシンク 104 をボルト締めすることによって加圧接触させる構成である。そして、強制空冷のためにファン 105 をヒートシンク 104 の放熱フィン 104B に沿う方向に送風するように設置している。

[0003] 電力変換装置の運転時にパワー半導体素子で発生する熱は、パワー半導体モジュール 101 から接触境界のサーマルインターフェースマテリアル 103 を介し、ヒートシンク 104 のベース 104A、放熱フィン 104B を通過して周囲環境（大気）へ放熱される。

[0004] ところが、上述の強制空冷式のパワー半導体素子の冷却装置の場合、パワー半導体素子の発熱密度（数十万 W/m²）に対して、放熱部であるヒートシンク 104 の熱伝達率（数十 W/m² K）が低く、許容できる温度差（数十℃）以内に保つためには、放熱面積を発熱面積の数百倍に拡大する必要がある。

[0005] この面積の拡大過程において、熱伝導抵抗（固体熱伝導による熱抵抗）、接触熱抵抗（固体と固体の接触による熱抵抗）、広がり熱抵抗（発熱部品からの熱が 45° の角度で広がりながらヒートシンク 104 まで伝わることの熱抵抗）、フィン効率（放熱フィン 104B 全体の温度が一樣でないことの補正）、ヒートシンク効率（入風温度と出風温度が一樣でないことの補正）

などの放熱を妨げる要因が発生する。このため、パワー半導体モジュール 101 の体積に比べて、ヒートシンク 104 の体積が非常に大きくなっていた。

[0006] 従来のパワー半導体素子の冷却装置の一例として、図 1 に示した大型 IGBT モジュールと冷却装置とで構成される電力変換装置について述べる。パワー半導体素子の発熱損失を 2000 W、許容するジャンクション温度 125 °C（周囲温度 40 °C）とすれば、強制空冷用ファン 105 を搭載した大型カシメ式ヒートシンク 104（W330mm×L300mm×H110mm）を適用するのは妥当な解の 1 つである。このとき、ヒートシンク 104 の熱抵抗は 0.028 K/W、体積は 10890 cm³なので、体積熱抵抗は 305 cm³ K/W である（ヒートシンクの性能指数）。

[0007] このヒートシンク 104 の体積を小型化するには、効率良く放熱するための冷却手段が必要である。その 1 つの手段は、ヒートパイプ式や沸騰式などの冷媒の蒸発凝縮による潜熱と移動を利用して熱輸送を行う冷却器で、ヒートシンク体積を約 1/2～1/3 にすることが可能である（非特許文献 1）。このヒートシンクは電気車両用の冷却装置としても広く用いられている（特許文献 1）。

[0008] もう 1 つの手段は、水冷式などのポンプで冷媒を強制循環して熱輸送を行う冷却器である。発熱部品の直近にマイクロチャネルを構成して熱伝導抵抗を減らし、放熱面積を増大して冷媒への熱伝達抵抗を減らすことで、冷却可能な熱流速を増大して高発熱密度の発熱部品の冷却を可能にしているものもある（特許文献 2～5）。また、衝突噴流を用いて、熱伝達抵抗を減らし、同様な効果を得るものもある（特許文献 6、7）。

[0009] しかしながら、非特許文献 1 および特許文献 1～7 に記載の従来の装置では、受熱ブロックは小型化できるが、周囲環境（大気）への放熱には別途、気液式熱交換器が必要となる。このため、周辺部品（駆動ポンプやチューブ）を含めれば、水冷式冷却装置の体積はヒートパイプ式や沸騰冷却式冷却装置と同等以上になる。

[0010] このように、上述した非特許文献 1 および特許文献 1～7 に記載の従来のパワー半導体素子の冷却装置では、冷媒の循環による熱輸送機構が必要となる。このため、受熱ブロック、熱輸送機構、放熱フィンを含めたヒートシンク全体のコストは増大していた。また、これら従来のパワー半導体素子の冷却装置では、受熱ブロックと放熱フィンとを分離することができるので、レイアウトの自由度が高い。しかし、受熱ブロック、熱輸送機構、放熱フィンを含めた冷却装置全体の体積は約 $1/2 \sim 1/3$ 程度であり、それほど小さくはならない。さらに、冷媒の凍結や液漏れという問題も起こり得るため、その対策が必要とされる問題点もあった。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特開 2000-60106 号公報
特許文献2：特開平 6-326226 号公報
特許文献3：特開平 7-66338 号公報
特許文献4：特開 2002-151640 号公報
特許文献5：特開 2006-19730 号公報
特許文献6：特開平 5-3274 号公報
特許文献7：特開平 10-22428 号公報

非特許文献

- [0012] 非特許文献1：「冷媒自然循環技術を用いた沸騰冷却器の開発（コンピュータチップ用小型沸騰冷却器）」、デンソーテクニカルレビューVol. 7、No. 1、p. 128-135、2002年

発明の概要

- [0013] 本発明は、上述した従来技術の課題を解決するためになされたものであり、発熱性の半導体素子に対して用いることでその温度を低く保つことができ、しかも、冷却手段の体積を小型化でき、かつ安価にして信頼性を高く保つことができるヒートシンク、及び、このヒートシンクを用いたヒートシンク

アセンブリ、半導体モジュール及び冷却装置付き半導体装置を提供することを目的とする。

- [0014] 本発明の第1の技術的特徴は、強制空冷用ファンと共に使用するヒートシンクであって、ベースと、前記ベースの一方の面上に設置されるサブミリオーダーの狭ピッチで平行に配置された多数の放熱フィンと、を備え、前記多数の放熱フィンの各々は、厚さをサブミリオーダーとし、幅方向の長さを60 mm以下とし、高さを40 mm以下としたヒートシンクである（ヒートシンクは、幅方向の長さを10～60 mm、高さを10～40 mmとしてもよい）。
- [0015] 本発明の第2の技術的特徴は、少なくとも2つの本発明の第1の技術的特徴に係るヒートシンクと、前記少なくとも2つのヒートシンクの間を熱的に接続する熱輸送デバイスと、を備えたヒートシンクアセンブリである。
- [0016] 本発明の第3の技術的特徴は、本発明の第1の技術的特徴に係るヒートシンクと、前記ベースの他方の面上に熱伝導可能な状態で配置された受熱ブロックと、前記受熱ブロックに設置された半導体素子と、を備えたことを特徴とする半導体モジュールである。
- [0017] 本発明の第4の技術的特徴は、本発明の第2の技術的特徴に係るヒートシンクアセンブリと、前記ヒートシンクアセンブリの少なくとも1つの前記ヒートシンクに対して前記ベースの他方の面上に熱伝導可能な状態で配置された受熱ブロックと、前記受熱ブロックに設置された半導体素子と、を備えた半導体モジュールである。
- [0018] 本発明の第5の技術的特徴は、本発明の第3または第4の技術的特徴に係る半導体モジュールと、前記半導体モジュールを収容する筐体と、前記筐体に取り付けられ前記半導体モジュールの前記多数の放熱フィンに対して外気を送風するファンと、を備えた冷却装置付き半導体装置である。
- [0019] 本発明の第1の技術的特徴に係るヒートシンク又は第2の技術的特徴に係るヒートシンクアセンブリによれば、発熱性の半導体素子を強制冷却する冷却装置として強制空冷用ファンと共に用いることでその温度を低く保つことができ、しかも、冷却装置の体積を小型化でき、かつ安価にして信頼性を高

く保つことができる。

[0020] また、本発明の第 3 又は第 4 の技術的特徴に係る半導体モジュール及び第 5 の技術的特徴に係る冷却装置付き半導体装置によれば、小型にて安価、かつ信頼性の高いヒートシンク又はヒートシンクアセンブリを冷却手段に利用しているので、冷却装置を備えた半導体モジュールとして、また半導体装置としても小型化が図れる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]従来の強制空冷式のパワー半導体素子の冷却装置の斜視図である。

[図2]従来の強制空冷式のパワー半導体素子の冷却装置の断面図である。

[図3]本発明の実施例 1 のヒートシンクの斜視図である。

[図4]本発明の実施例 1 のヒートシンクであって、(a)は正面図、(b)は側面図である。

[図5]図 4 における C 部の拡大図である。

[図6]本発明の実施例 1 に係るヒートシンクの長さに関する特性を示すグラフであって、(a)は熱抵抗の特性、(b)は体積熱抵抗の特性、(c)は最適放熱フィン形状の特性を示す。

[図7]本発明の実施例 1 に係るヒートシンクの高さに関する特性を示すグラフであって、(a)は熱抵抗の特性、(b)は体積熱抵抗の特性、(c)は最適放熱フィン形状の特性を示す。

[図8]本発明の実施例 1 に係るヒートシンクの幅に関する特性を示すグラフであって、(a)は熱抵抗、(b)は体積熱抵抗の特性、(c)は最適放熱フィン形状の特性を示す。

[図9]本発明の実施例 2 に係るヒートシンクアセンブリの正面図である。

[図10]本発明の実施例 3 に係る冷却装置付き半導体装置の一部破断せる斜視図である。

[図11]本発明の実施例 4 に係る冷却装置付き半導体装置の一部破断せる斜視図である。

発明を実施するための形態

[0022] まず、本発明の原理について説明する。ヒートシンクの外形（幅W、高さH、長さL）と冷却ファンの能力が決まれば、放熱能力が最良となる放熱フィン形状は以下の式で求められる。

[0023] 1) 流れ解析

ヒートシンク長さL [m]、放熱フィン高さ H_{fin} [m]、ギャップg [m]の長方形ダクトの水力等価直径D [m]は、次の通りである。

[0024] [数1]

$$D = 2 g H_{fin} / (g + H_{fin})$$

レイノルズ数Reは、流体密度 ρ [kg/m³]、流体粘度 μ [Pa s]、放熱フィン平均流速 U_{ar} [m/s]から、次の通りである。

[0025] [数2]

$$Re = \rho D U_{ar} / \mu$$

Re≧2300から乱流遷移が始まるが、狭いフィンピッチのヒートシンクは、ほとんどが層流流れである。無次元水力距離 x^+ は、代表長さx（ヒートシンク長さL）から、次のようになる。

[0026] [数3]

$$x^+ = x / (Re D)$$

完全発達層流流れの摩擦係数fは、次のようになる。

[0027] [数4]

$$f Re = (19.64 G + 4.7)$$

ここで、チャネルアスペクト比Gは、

[数5]

$$G = [(g / H_{fin})^2 + 1] / [(g + H_{fin}) + 1]^2$$

であり、発達中の層流流れの摩擦係数 f_{app} は、

[数6]

$$f_{app} Re = \{[3.2 (x^+)^{-0.57}]^2 + (f Re)^2\}^{1/2}$$

である。層流流れが十分発達するまでの助走距離Xは、

[数7]

$$X / D = 0.0065 \text{ Re}$$

であり、この助走距離区間内では圧力損失が余分に生じている。

[0028] 次いで、縮小係数 K_c 、拡大係数 K_e を求める。フィン密度 σ は、放熱フィンのピッチ間隔 p [m]に対して、

〔数 8〕

$$\sigma = g / p$$

であり、縮小係数 K_c は、

〔数 9〕

$$K_c = 0.8 - 0.4 \sigma^2$$

であり、拡大係数 K_e は、

〔数 10〕

$$K_e = (1 - \sigma)^2$$

であり、ヒートシンクの圧力損失 ΔP_{hs} [Pa]は、

〔数 11〕

$$\Delta P_{hs} = (K_c + 4f_{app} x^+ + K_e) H_{ar}$$

である。

[0029] ここで、 H_{ar} [Pa]は、フィン水力ヘッドであり、次式のようになる。

[0030] 〔数 12〕

$$H_{ar} = \rho U_{ar}^2 / 2$$

体積流量率 V [m³/s]は、ヒートシンク幅 W [m]から、

〔数 13〕

$$V = W \sigma H_{fin} U_{ar}$$

である。

[0031] ファンパワー P [W]は、体積流量率 $\times$ 圧力損失に等しくなるため、

〔数 14〕

$$P = V \Delta P$$

である。

[0032] 2) 伝熱解析

長方形ダクトの完全発達層流流れのヌセルト数 Nu は、

〔数 1 5〕

$$Nu = 8.31G - 0.02$$

であり、無次元サーマルチャネル長さ x^* は、プラントル数を Pr とすると、

〔数 1 6〕

$$x^* = x / (Re D Pr)$$

である。

[0033] 平均ヌセルト数 Nu_m は、

〔数 1 7〕

$$Nu_m = \{ [2.22 (x^*)^{-0.33}]^3 + Nu^3 \}^{1/3}$$

であり、平均熱伝達係数 h_m [W/m² K]は、空気の熱伝導率 k_f [W/m K]から、

〔数 1 8〕

$$h_m = Nu_m k_f / D$$

であり、ヒートシンクの対流熱抵抗 θ_{con} [K/W]は、ヒートシンク表面積 A_w [m²]から、

〔数 1 9〕

$$\theta_{con} = 1 / (h_m A_w)$$

である。

[0034] ヒートシンクの容量熱抵抗 θ_{cap} [K/W]は、空気の比熱容量 c_p [J/kg K]から、

〔数 2 0〕

$$\theta_{cap} = 1 / (V \rho c_p)$$

であり、熱交換器で使われる概念の移動単位数 NTU は、

〔数 2 1〕

$$NTU = h_m A_w / (V \rho c_p)$$

である。

[0035] 理想の熱移動に対する現実の比であるヒートシンク効率 ε は、

〔数 2 2〕

$$\varepsilon = 1 - \exp(-NUT)$$

である。

[0036] フィン効率 η による修正が加えられる。

[数 2 3]

$$\eta = \tanh(b H_{fin}) / (b H_{fin})$$

ここで、 b は放熱フィンの熱伝導率 k_s [W/m K] から、

[数 2 4]

$$b = [2h_m / (k_s t)]^{1/2}$$

であり、ヒートシンクの熱抵抗 θ_{hs} [K/W] は、

[数 2 5]

$$\theta_{hs} = \theta_{cap} / (\eta \varepsilon)$$

である。

[0037] この計算結果から、放熱能力が最良となる放熱フィン形状をとる場合、ヒートシンク長さ L は、ある一定の長さ以上は必要でないことが分かる。すなわち、従来のパワー半導体素子用の強制空冷式ヒートシンクはヒートシンク長さ 200 mm～300 mm のものが主流であるが、同じ放熱能力をヒートシンク長さ 20 mm～30 mm で実現することができことが分かる。このようなヒートシンクは、小型化、低コスト化の両面で優位である。

[0038] 1 つの例として、ファンパワー $PQ = 0.05$ [W]、ヒートシンク幅 $W = 40$ [mm]、ヒートシンク高さ $H = 10$ [mm] (ベース厚 1 [mm]) とした場合に、ヒートシンク長さ L [mm]、放熱フィン厚さ Tf [mm]、放熱フィンギャップ Gf [mm] の値を放熱能力が最良となるように最適化した計算結果について、以下の実施例で説明する。

[0039] 以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。

実施例 1

[0040] 図 3～図 5 に本発明の実施例 1 に係るパワー半導体用の高密度放熱フィンヒートシンク 1 の構成を示す。図 3 に示すように、ヒートシンク 1 の形状は、ヒートシンク 1 の外形に相当する幅 W と高さ H と長さ L 、冷却面ベース 1

Aの厚さ T_b 、放熱フィン1Bの厚さ T_f とギャップ G_f と高さ H_f 、で規定される。ヒートシンク1の幅 W は、放熱フィン1Bの並び方向の長さである。ヒートシンク1の長さ L は、ファンの風の流れに沿う方向であり、放熱フィン1Bの幅と等しい。

[0041] 図4、図5に示すように、放熱フィン1Bの各々はサブミリオーダーの厚さであり、多数の放熱フィン1Bがサブミリオーダーの狭ピッチで平行に配置される構成である。そして、ヒートシンク1の長さ L と高さ H とを小さくすることで、以下の3つの効果が得られる。

[0042] 1つめは、サブミリオーダーの厚さを有する多数の放熱フィン1Bが狭ピッチで平行に配置される構成とすることで、ヒートシンク1の圧力損失は増加するものの、全放熱フィン面積が増加し、ヒートシンク長さ L の増加と同等の効果が得られる。従って、実施例1のヒートシンク1は、従来のヒートシンクより大幅に長さ L を短くでき、小型化することができる。

[0043] 2つめは、ヒートシンク1の長さ L が短くなることで、境界助走区間（未発達領域）の利用率が高くなる。このため、実施例1のヒートシンク1は従来のヒートシンクより優れた放熱能力を得ることができる。

[0044] 3つめは、ヒートシンク1が小さくなることで、熱伝導抵抗、広がり抵抗、フィン効率、ヒートシンク効率などの放熱を阻害する要因をほとんどなくすることができる。

[0045] 次に、図1、図2に示したファン105を用いて強制空冷のパラメーター半導体モジュールの冷却装置を構成し、単位面積当りのファンパワー $PQ = 125 \text{ [W/m}^2\text{]}$ とした場合を考える。このとき、幅 $W=40 \text{ mm}$ 、高さ $H=10 \text{ mm}$ のヒートシンク1において、ヒートシンク長さ L を関数として、熱抵抗、体積熱抵抗、最適放熱フィン形状を計算した結果を図6に示す。

[0046] この計算結果から、サブミリオーダーの厚さの最適な放熱フィン形状を常に採用した場合、図6（a）のグラフに示したように、ヒートシンク長さ L を60mm以上に増大させても、熱抵抗の減少にはほとんど寄与しないことが分かる。また、図6（b）のグラフに示したように、ヒートシンク長さ L が長

いほどに体積当たりの冷却性能を示す体積熱抵抗は増大、すなわち悪化の一途をたどることが分かる。以上から、一般的なファンやブロワで、流体として空気を用いる強制空冷方式の冷却装置の場合、ヒートシンク 1 の長さ L を 60mm 以上にしても、冷却性能の向上はほとんど期待できないことが分かる。

[0047] 同様にして、幅 $W=40\text{mm}$ 、長さ $L=10\text{mm}$ のヒートシンク 1 において、ヒートシンク高さ H を関数として、熱抵抗、体積熱抵抗、最適放熱フィン形状を計算した結果を図 7 に示す。この計算結果から、ヒートシンク高さ H を 40mm 以上に増大させても、熱抵抗の減少にはほとんど寄与せず、体積熱抵抗が増大、すなわち悪化の一途を辿ることが分かる。以上から、一般的な条件では、ヒートシンク高さ H を 40mm 以上にしても、冷却性能の向上はほとんど期待できないことが分かる。

[0048] また、参考までに、高さ $H=10\text{mm}$ 、長さ $L=10\text{mm}$ のヒートシンク 1 において、ヒートシンク幅 W を関数として、熱抵抗、体積熱抵抗、最適放熱フィン形状を計算した結果を図 8 に示す。この計算結果から、一般的なヒートシンク 1 の幅 W と熱抵抗とが反比例の関係にあることが分かる。

[0049] 実施例 1 に係るヒートシンク 1 の場合、図 1、図 2 に示した従来例のパワー半導体モジュール冷却装置と同じ性能の実現には、高密度放熱フィンヒートシンク ($W330\text{mm} \times L15\text{mm} \times H15\text{mm} \times 3\text{P}$) で可能である。このときヒートシンク 1 の熱抵抗は 0.028 K/W 、体積は 223 cm^3 なので、体積熱抵抗は $6.2\text{ cm}^3\text{ K/W}$ である。従って、実施例 1 に係るヒートシンクでは、図 1、図 2 に示した従来のヒートシンクに比べて約 $1/50$ の小型化が可能となる。

[0050] このように、実施例 1 に係るヒートシンク 1 では、放熱フィン 1 B の各々はサブミリオーダーの厚さであり、狭ピッチで放熱フィン 1 B を構成し、ヒートシンク 1 の長さ L 、高さ H を小さくする。このことで、ヒートシンク 1 の体積を大幅に減少することが可能である上に、循環する冷媒による熱輸送機構がないため安価で信頼性が高い半導体冷却装置を構成できる。

[0051] また、従来は、放熱フィン 1 B の各々をサブミリオーダーの厚さとし、多数の放熱フィン 1 B を狭ピッチで平行に配置するように構成することが安価

にできなかった。しかし、近年の製造技術の進歩に伴い、精密加工プレスなどの技術を応用することで、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 の製作が可能である。現在、従来の大型カシメ式ヒートシンクの材料コストと、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンクの量産製造コストはほぼ等しい。結果的に、従来の大型カシメ式ヒートシンクに対し、同等の熱抵抗の高密度放熱フィンヒートシンクが、同等のコストで、かつ数 10 分の 1 のサイズで提供することができる。従って、今後、材料コストが増大した場合には、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンクの方がコストの面でも優位になる。

[0052] なお、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 は、I G B T や M O S F E T のようなパワー半導体素子の冷却装置への利用を想定しているが、C P U や抵抗などの発熱性の半導体素子のいずれでも適用が可能である。

[0053] 実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 は、放熱フィン 1 B がサブミリオーダーの厚さかつ狭ピッチのため、放熱フィンの強度、汚れに対して不安がある。従って、そのような環境においては、汚損防止のためエアフィルタを設けることが望ましい。そのためには、ファン 105 が吸込ファンであれば、その吸込口にエアフィルタを設ければよい。またファン 105 が排気ファンであれば、冷却装置を収容する筐体のファン設置側とは反対側の吸込口にエアフィルタを設ければよい。

実施例 2

[0054] 本発明の実施例 2 に係るヒートシンクアセンブリ 5 について、図 9 を参照して説明する。実施例 2 に係るヒートシンクアセンブリ 5 は、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 を複数台、ヒートパイプ、ヒートレーンなどの熱輸送デバイス 2 で高さ方向に接続し、かつ、受熱面に受熱ブロック 3 を設置した構造である。ここで、受熱面とは、ベース 1 A の両面の内、多数の放熱フィン 1 B が配置されていない方の面のことを指す。

[0055] 高密度放熱フィンヒートシンク 1 の場合、実施例 1 および図 7 に示したように、ヒートシンク高さ H をある程度以上に増加しても冷却能力は向上しな

い。しかし、実施例 2 に係るヒートシンクアセンブリ 5 のように熱輸送デバイス 2 を利用することで、ヒートシンク 1 単体の高さ H を増加した場合に生じる体積熱抵抗の増加を排除でき、冷却能力を向上できる。

[0056] 実施例 2 に係るヒートシンクアセンブリ 5 についても、実施例 1 に係るヒートシンク 1 と同様に強制空冷式の半導体素子の冷却装置、強制空冷式の半導体モジュールの冷却装置として使用することができる。

実施例 3

[0057] 本発明の実施例 3 に係る冷却装置付き半導体装置 8 について、図 10 を参照して説明する。実施例 3 に係る冷却装置付き半導体装置 8 は、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 のベース 1 A の受熱面に受熱ブロック 3 を配置し、パワー半導体素子 6 をこの受熱ブロック 3 上に固定することで、パワー半導体モジュール 9 を構成する。パワー半導体モジュール 9 全体は、筐体 7 に内蔵される。そして、筐体 7 に図 1、図 2 に示したものと同様に空冷用ファン 105 を取り付けけた構造である。

[0058] 実施例 3 に係る冷却装置付き半導体装置 8 では、パワー半導体素子 6 とヒートシンク 1 は電氣的に接続され、ヒートシンク 1 が電極端子の一部として利用される。

実施例 4

[0059] 本発明の実施例 4 に係る冷却装置付き半導体装置 10 について、図 11 を参照して説明する。実施例 4 に係る冷却装置付き半導体装置 10 は、実施例 1 に係る高密度放熱フィンヒートシンク 1 を複数台、筐体 7 内に内蔵し、それぞれの高密度放熱フィンヒートシンク 1 の受熱ブロック 3 の受熱面にパワー半導体素子 6 を固定してパワー半導体モジュール 9 を構成する。そして、このパワー半導体モジュール 9 を多段にして筐体 7 内に内蔵させ、筐体 7 に図 1、図 2 に示したものと同様に空冷用ファン 105 を取り付けけた構造である。

[0060] 実施例 4 に係る冷却装置付き半導体装置 10 でも、実施例 3 と同様に、各パワー半導体素子 6 とヒートシンク 1 は電氣的に接続され、ヒートシンク 1

が電極端子の一部として利用される。

- [0061] 尚、実施例 3、4 においては、パワー半導体素子 6 の両面に高密度放熱フィンヒートシンク 1 を配置し、はんだ接合や加圧接触などによって各ヒートシンク 1 がパワー半導体素子 6 の熱を受熱する構造にすることも可能である。

産業上の利用可能性

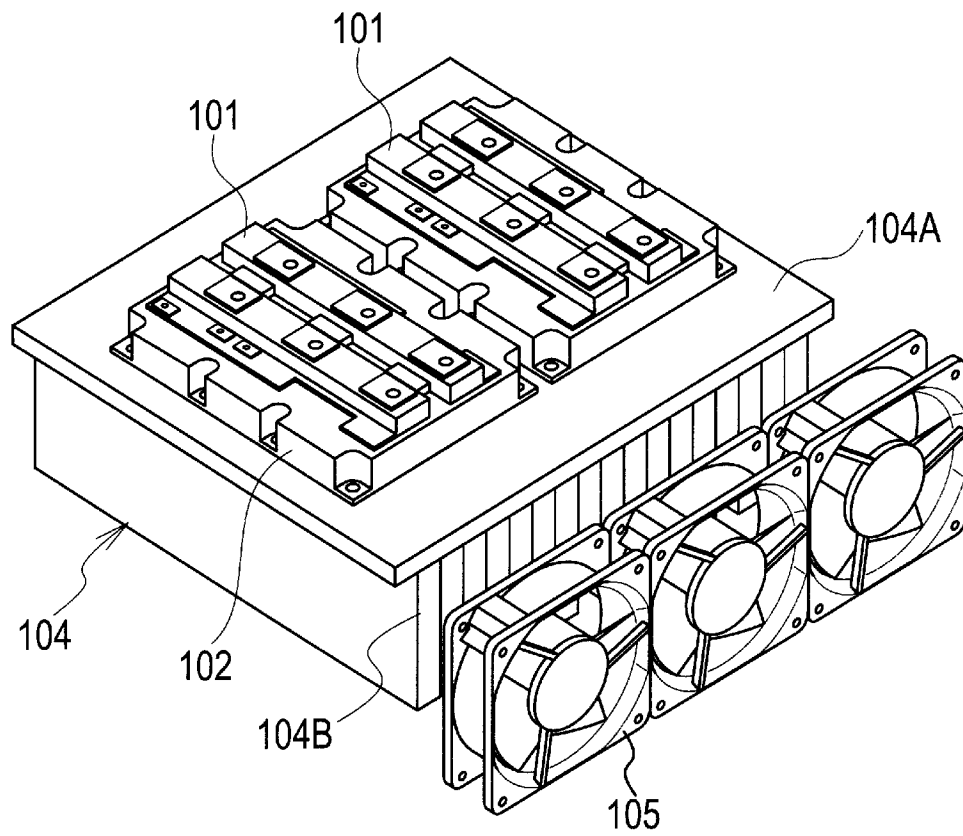
- [0062] 本発明のヒートシンク、ヒートシンクアセンブリ、半導体モジュール及び冷却装置付き半導体装置は、発熱性の半導体素子に対して用いることで、その温度を低く保つことができ、しかも、冷却手段の体積を小型化でき、安価にして信頼性を高く保つことができる。

請求の範囲

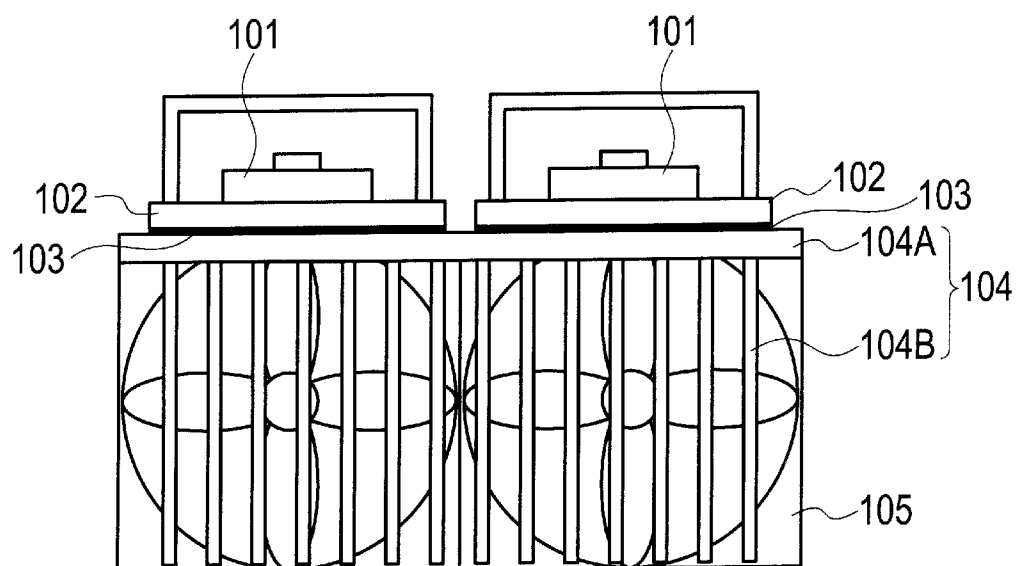
- [請求項1] 強制空冷用ファンと共に使用するヒートシンクであって、
 ベースと、
 前記ベースの一方の面上に設置される、サブミリオーダーの狭ピッチで平行に配置された多数の放熱フィンと、
 を備え、
 前記多数の放熱フィンの各々は、厚さをサブミリオーダーとし、幅方向の長さを60 mm以下とし、高さを40 mm以下としたヒートシンク。
- [請求項2] 前記多数の放熱フィンの各々の厚さが0.1 ~ 0.6 mmであり、前記多数の放熱フィンを配置するサブミリオーダーの狭ピッチの値が0.4 ~ 1.3 mmである請求項1に記載のヒートシンク。
- [請求項3] 少なくとも2つの請求項1に記載のヒートシンクと、
 前記少なくとも2つのヒートシンクの間を熱的に接続する熱輸送デバイスと、
 を備えたヒートシンクアセンブリ。
- [請求項4] 請求項1に記載のヒートシンクと、
 前記ベースの他方の面上に熱伝導可能な状態で配置された受熱ブロックと、
 前記受熱ブロックに設置された半導体素子と、
 を備えたことを特徴とする半導体モジュール。
- [請求項5] 請求項3に記載のヒートシンクアセンブリと、
 前記ヒートシンクアセンブリの少なくとも1つの前記ヒートシンクに対して、前記ベースの他方の面上に熱伝導可能な状態で配置された受熱ブロックと、
 前記受熱ブロックに設置された半導体素子と、
 を備えた半導体モジュール。
- [請求項6] 前記半導体素子がパワー半導体素子である請求項4又は5に記載の半導体モジュール。

- [請求項7] 前記ヒートシンクが電極端子として用いられる請求項4又は5に記載の半導体モジュール。
- [請求項8] 請求項4に記載の半導体モジュールと、
前記半導体モジュールを収容する筐体と、
前記筐体に取り付けられ、前記半導体モジュールの前記多数の放熱フィンに対して外気を送風するファンと、
を備えた冷却装置付き半導体装置。
- [請求項9] 請求項5に記載の半導体モジュールと、
前記半導体モジュールを収容する筐体と、
前記筐体に取り付けられ、前記半導体モジュールの前記多数の放熱フィンに対して外気を送風するファンと、
を備えた冷却装置付き半導体装置。
- [請求項10] 前記筐体に外気を吸い込むための吸込口を形成し、前記吸気口にエアフィルタを設けたことを特徴とする請求項8又は9に記載の冷却装置付き半導体装置。
- [請求項11] 前記半導体素子が電力変換回路を構成している請求項8又は9に記載の冷却装置付き半導体装置。

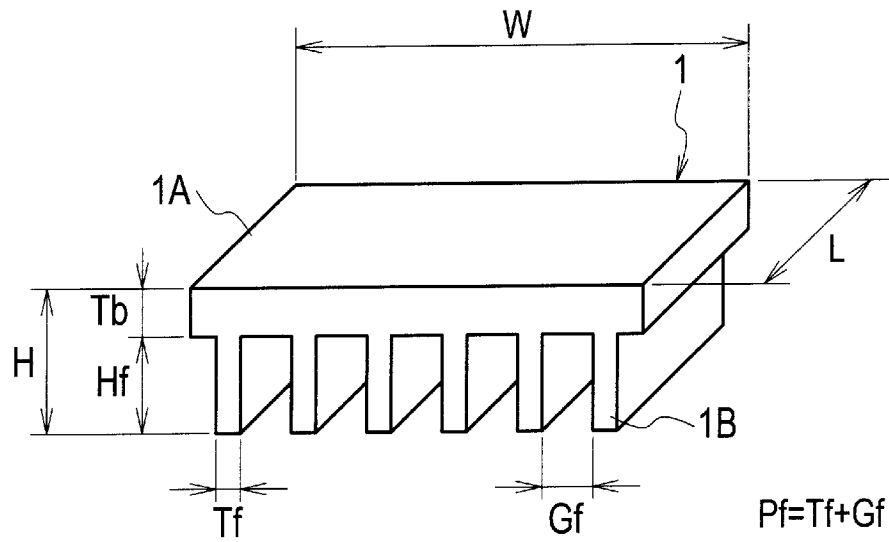
[図1]



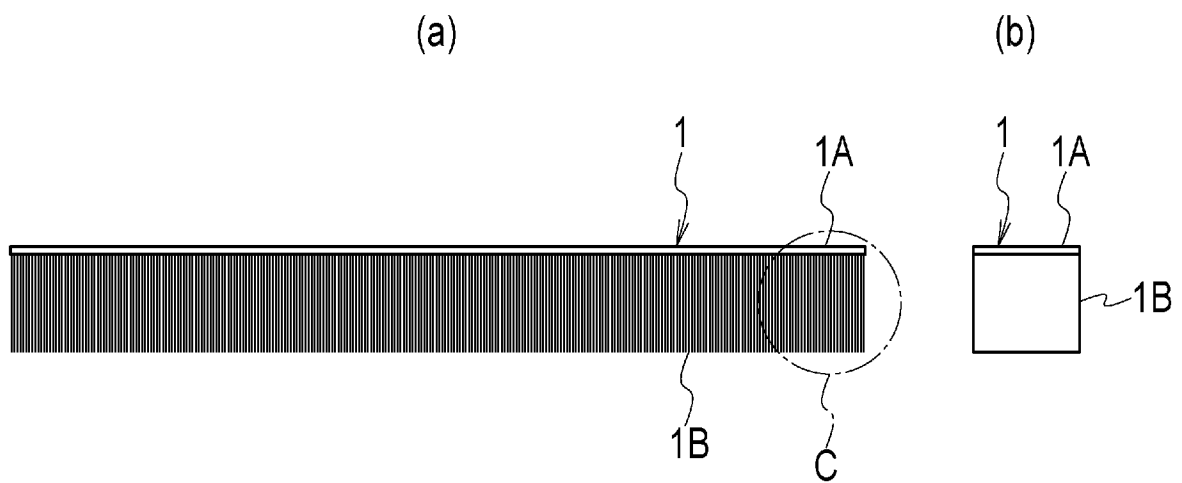
[図2]



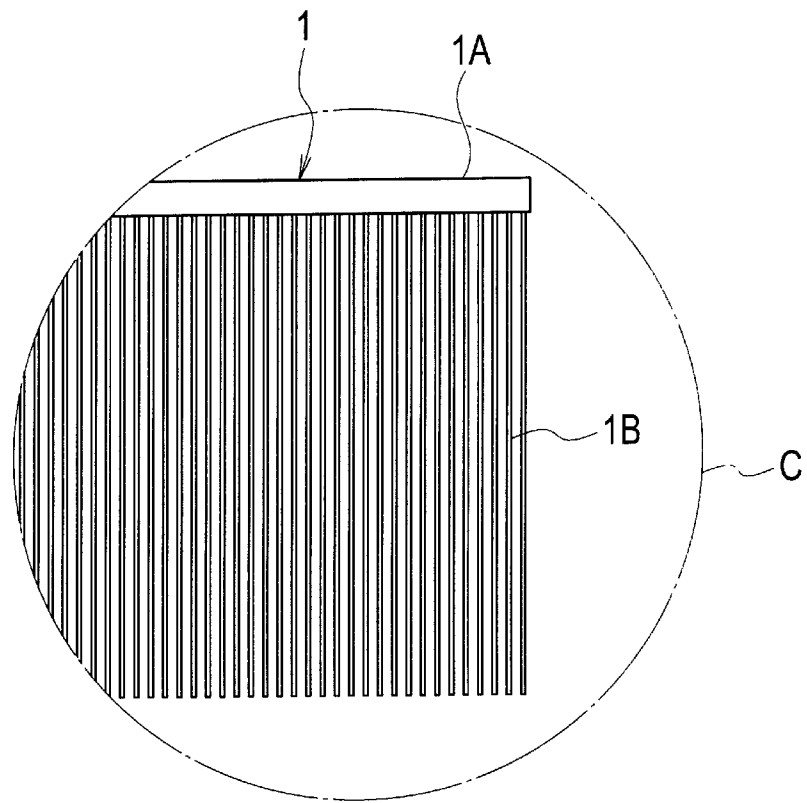
[図3]



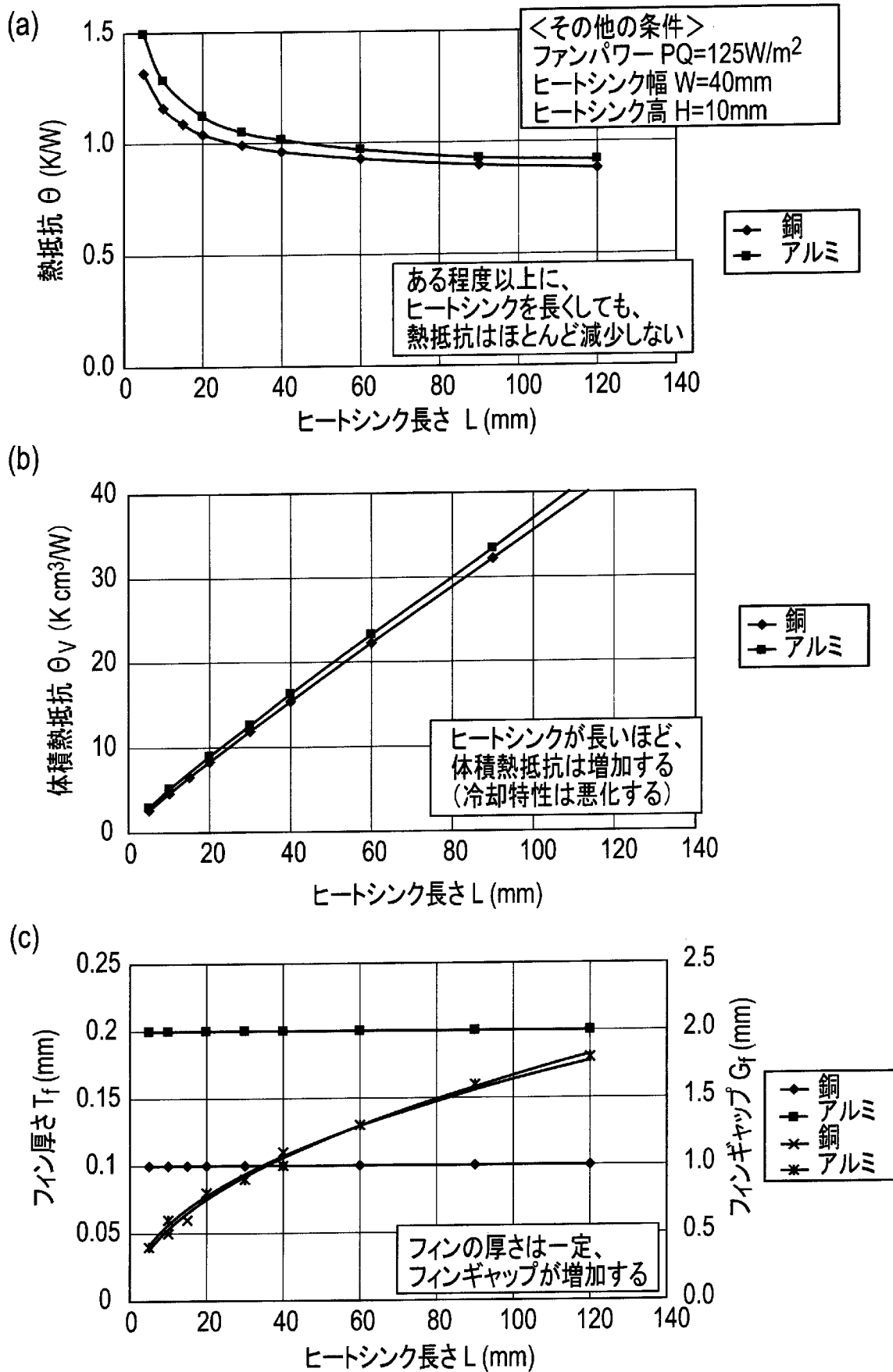
[図4]



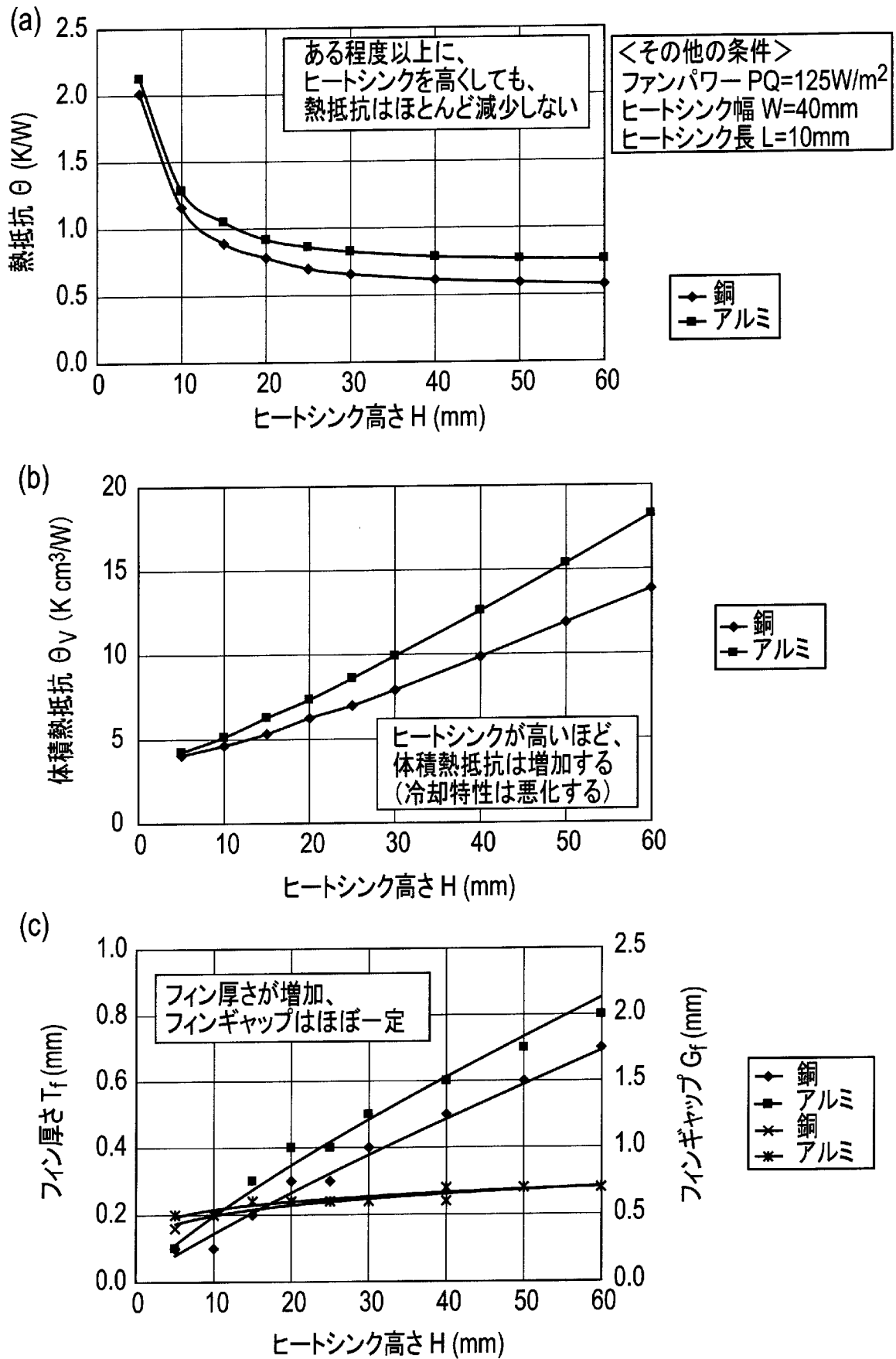
[図5]



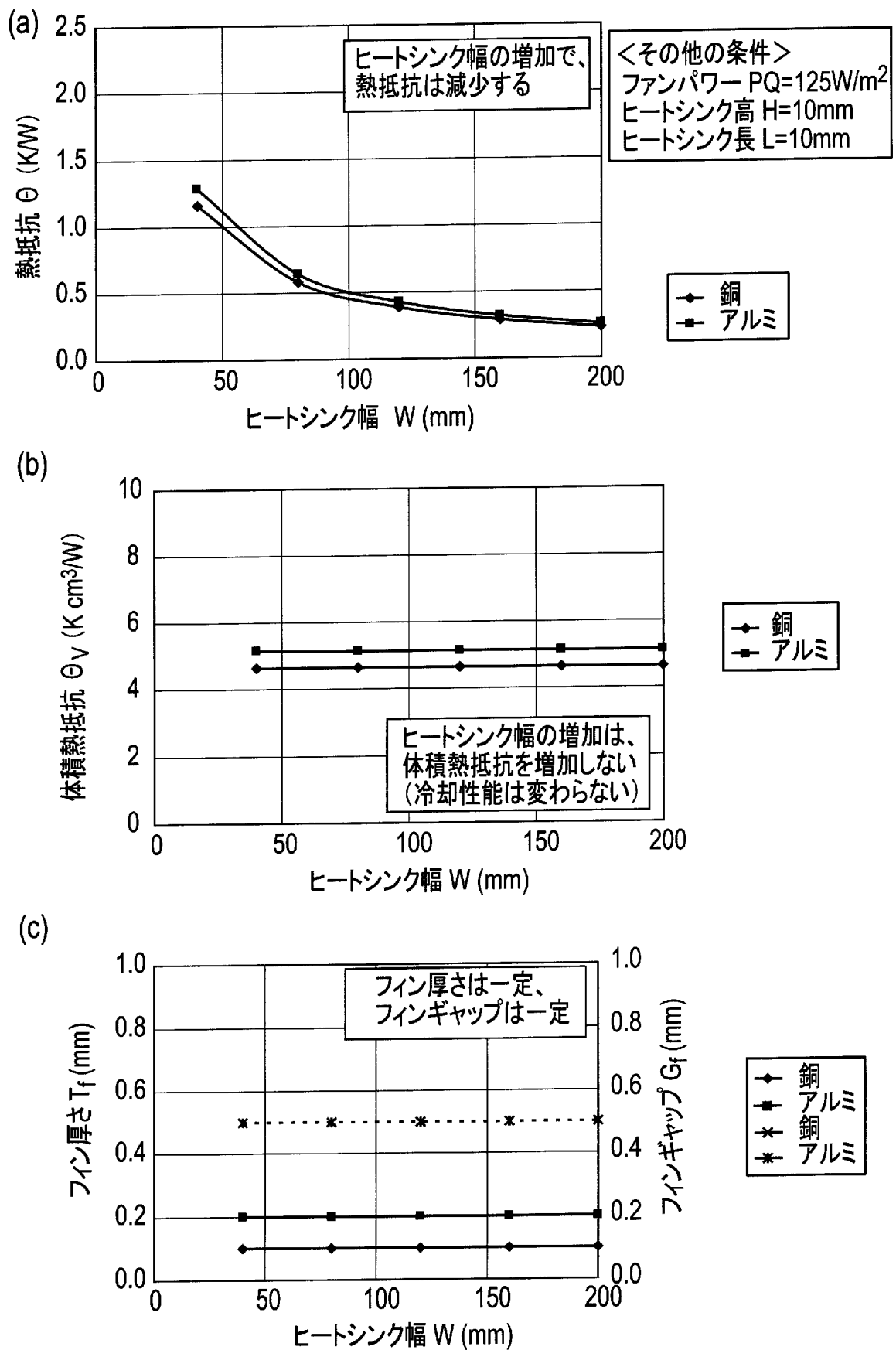
[図6]



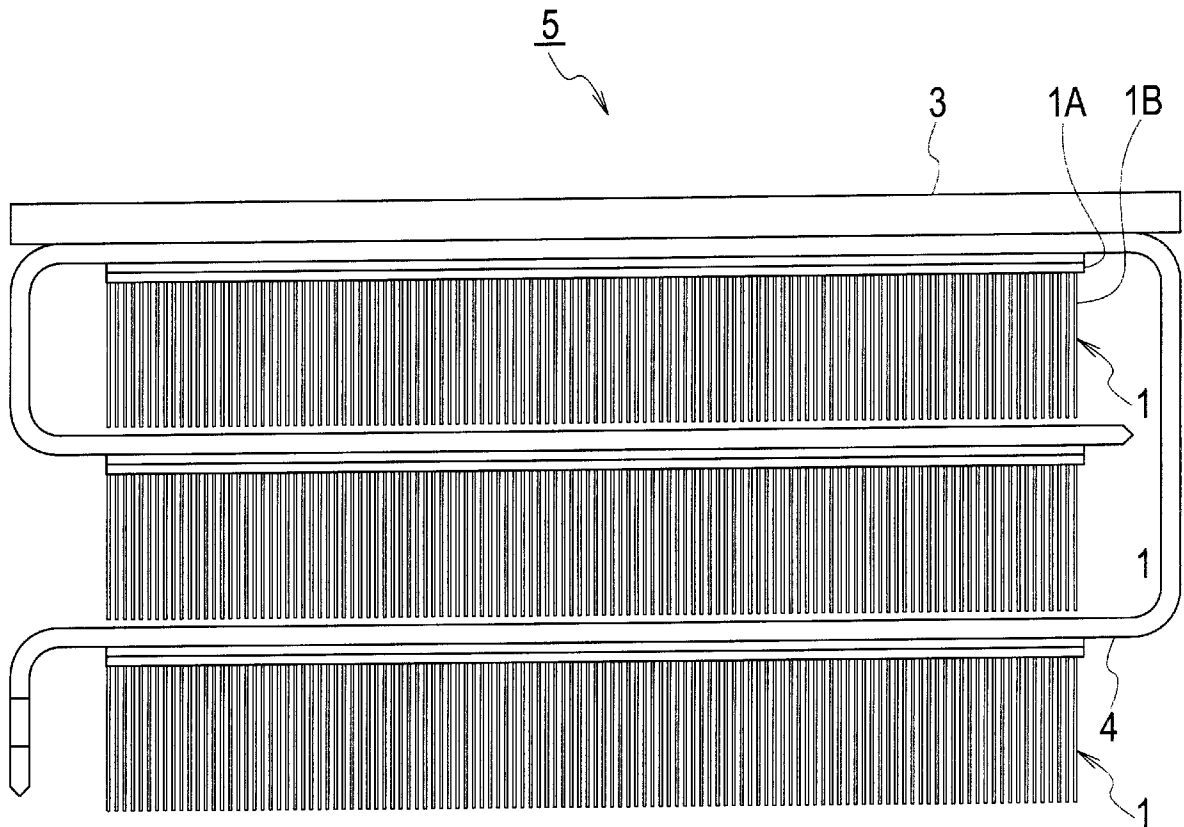
[図7]



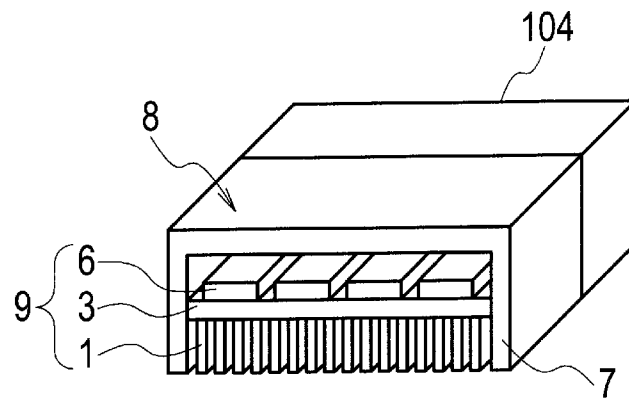
[図8]



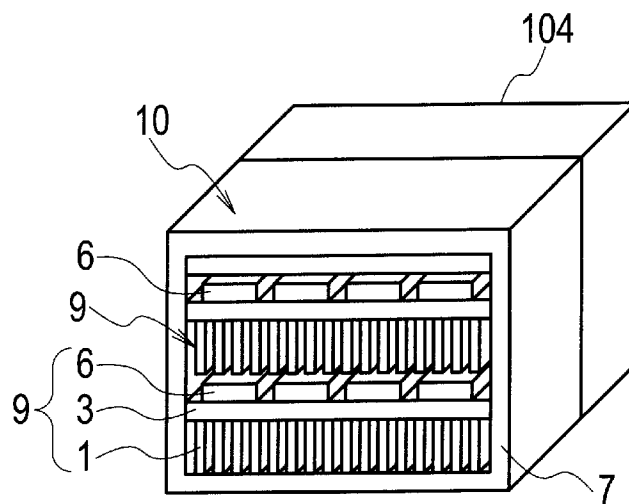
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/467(2006.01)i, H05K7/20(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)

H01L23/467, H05K7/20

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	JP 2008-278576 A (Toshiba Corp.), 13 November 2008 (13.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-2, 4, 6-8, 10-11 <u>3, 5, 9</u>
<u>Y</u>		
Y	JP 2002-76224 A (TS Heatronics Co., Ltd.), 15 March 2002 (15.03.2002), paragraphs [0010] to [0019]; fig. 1 to 2 (Family: none)	3, 5, 9
Y	JP 8-264695 A (Calsonic Corp.), 11 October 1996 (11.10.1996), paragraphs [0010] to [0023]; fig. 1 to 4 & US 5729995 A & DE 19610851 A & DE 19610851 A1	3

☒ 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
18 January, 2010 (18.01.10)Date of mailing of the international search report
26 January, 2010 (26.01.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069187

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2009-277699 A (Toshiba Corp.) , 26 November 2009 (26.11.2009) , entire text; all drawings (Family: none)	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069187

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions in claims 1-11 are linked to each other only by the matter "a heatsink provided with a large number of parallelly arranged heat dissipating fins provided on one of the surfaces of a base and arranged at narrow pitches on the order of sub-millimeter, the large number of heat dissipating fins each having a thickness on the order of sub-millimeter, a length in the width direction of not greater than 60 mm, and a height not greater than 40 mm."
(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069187

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

However, the above matter is disclosed in document JP 2008-278576 A (Toshiba Corp.), 13 November 2008 (13.11.2008), paragraph 0020-0026, and therefore the matter is not a special technical feature. Accordingly, the inventions in claims 1-11 have no special technical feature which links the inventions to each other so as to form a single general inventive concept.

Accordingly, the inventions in claims 1-11 do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L23/467 (2006.01)i, H05K7/20 (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. H01L23/467, H05K7/20

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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	JP 2008-278576 A (株式会社東芝) 2008.11.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2, 4, 6-8, 10-11
<u>Y</u>		<u>3, 5, 9</u>
Y	JP 2002-76224 A (ティーエス ヒートロニクス株式会社) 2002.03.15, 段落 0010-0019, 図 1-2 (ファミリーなし)	3, 5, 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

1 8 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 1 . 2 0 1 0

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

石野 忠志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

3 5 4 7

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項 1-11 に係る発明は、「ベースの一方の面上に設置されるサブミリオーダーの狭ピッチで平行に配置された多数の放熱フィンを備え、前記多数の放熱フィンの各々は厚さをサブミリオーダーとし、幅方向の長さを 60mm 以下とし、高さを 40mm 以下としたヒートシンク」という事項でのみ関連していると認める。

しかしながら、上記事項は文献 JP 2008-278576 A (株式会社東芝), 2008.11.13, 段落 0020-0026 に開示されており、特別な技術的特徴とはなり得ないから、請求項 1-11 に記載される発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存在しない。

よって、請求項1-11に係る発明は発明の単一性の要件を満たしていないことは明らかである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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
Y	JP 8-264695 A (カルソニック株式会社) 1996. 10. 11, 段落 0010-0023, 図 1-4 & US 5729995 A & DE 19610851 A & DE 19610851 A1	3
E, X	JP 2009-277699 A (株式会社東芝) 2009. 11. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11