

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4458906号  
(P4458906)

(45) 発行日 平成22年4月28日 (2010. 4. 28)

(24) 登録日 平成22年2月19日 (2010. 2. 19)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 23/34 (2006. 01)

H O 1 L 23/34 A

H O 1 L 23/473 (2006. 01)

H O 1 L 23/46 Z

H O 1 L 21/3205 (2006. 01)

H O 1 L 21/88 S

H O 1 L 23/52 (2006. 01)

H O 1 L 21/82 W

H O 1 L 21/82 (2006. 01)

請求項の数 1 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2004-111380 (P2004-111380)  
 (22) 出願日 平成16年4月5日 (2004. 4. 5)  
 (65) 公開番号 特開2005-294760 (P2005-294760A)  
 (43) 公開日 平成17年10月20日 (2005. 10. 20)  
 審査請求日 平成19年3月16日 (2007. 3. 16)

(73) 特許権者 503121103  
 株式会社ルネサステクノロジ  
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号  
 (74) 代理人 100064746  
 弁理士 深見 久郎  
 (74) 代理人 100085132  
 弁理士 森田 俊雄  
 (74) 代理人 100083703  
 弁理士 仲村 義平  
 (74) 代理人 100096781  
 弁理士 堀井 豊  
 (74) 代理人 100098316  
 弁理士 野田 久登  
 (74) 代理人 100109162  
 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主表面を有する半導体基板と、  
 前記半導体基板の前記主表面に形成される半導体素子と、  
 前記半導体基板の前記主表面上に形成され、前記半導体素子を覆うように設けられる層間絶縁膜と、  
 前記層間絶縁膜に形成され、冷却用流体を流すための冷却路とを備え、  
 前記冷却路は、前記層間絶縁膜の内部を循環するように形成され、  
 前記冷却路は、冷却用流体が供給される一方端と、冷却用流体が排出される他方端とを含み、さらに、  
 前記層間絶縁膜の内部に形成される多層のメタル配線層を備え、  
 前記冷却路は、前記多層のメタル配線層をパターンニングすることによって形成された溝で構成される、半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、一般的には、半導体装置に関し、より特定的には、半導体素子から発生した熱を冷却または放熱する構造を備えた半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ヒートスプレッドと呼ばれる熱伝導性の高い材料（たとえば銅などの金属）を用いて、半導体集積回路から発生する熱を効率良く放熱する技術が知られている。この場合、LSI（large scale integration）パッケージ内に収容された半導体チップの裏面に接触するように、板片状のヒートスプレッドを封入する。これにより、半導体チップに発生した熱が、ヒートスプレッドを介してパッケージ外部へと放熱される。

#### 【0003】

また、発生する熱量がさらに大きい半導体集積回路の場合、セラミックパッケージやフリップチップ実装された半導体チップの裏面に、ヒートシンクと呼ばれる放熱用のフィン形状を持った金属部品（アルミニウムや銅のような熱伝導性の高い材料で作製されることが多い）を接触させ、空冷や液冷による放熱を実施する。但し、プラスチック製のモールド樹脂を用いてパッケージ封止を行なった場合には、プリント基板に実装された状態での自然空冷による放熱が前提となる。特に、PC（personal computer）やEWS（engineering workstation）用のマイクロプロセッサの場合には、発熱が大きいことから、ヒートシンクと電動ファンとを組み合わせた強制空冷か、ヒートシンクに液体冷媒を流して冷却する方式が採用されている。

#### 【0004】

半導体集積回路のチップ内の電力消費は、（１）過渡的な貫通電流によるもの、（２）負荷容量の充放電によるもの、（３）トランジスタの接合リークやサブスレッショルド電流によるもの、の総和であると考えることができる。このうち（１）および（２）は、半導体装置の動作周波数に比例して増大し、（３）は、トランジスタの微細化に伴って増大する傾向がある。熱の発生は、主にジュール熱によるものであり、電流 $I$ の２乗と抵抗 $R$ との積に比例する（ $Q = I^2 \times R$ ）。

#### 【0005】

このため、半導体チップの内部では、大きい電流が流れるIO（input/output）パッドやバス・バッファ、乗算器などの特定部分が熱の発生源となっており、高温になる部分（ホットスポット）となっている。半導体チップ内の熱伝導を考えた場合、これらホットスポットを起点に発生した熱が、チップ内の他の部分へと拡散する。

#### 【0006】

このような放熱に対する対策が採られた半導体装置が、たとえば、特開2000-306998号公報（特許文献1）、特開平11-17072号公報（特許文献2）、特開平7-22547号公報（特許文献3）、特開2001-291793号公報（特許文献4）、特開平8-125092号公報（特許文献5）、特開平10-199882号公報（特許文献6）、特開2000-243826号公報（特許文献7）、特開平8-222700号公報（特許文献8）、特開2003-258165号公報（特許文献9）、特開平5-166849号公報（特許文献10）、特開平8-274226号公報（特許文献11）、特開2002-289752号公報（特許文献12）、特開2003-188342号公報（特許文献13）および特開平9-283697号公報（特許文献14）に開示されている。

#### 【0007】

さらに、下記の非特許文献1には、集積回路チップを冷却する目的で、チップとは別に、シリコン素材のヒートシンクを設けた半導体装置が開示されている。そのヒートシンクには、冷媒を通過、循環させるための微細な通路（microchannel）が形成されている。

【特許文献1】特開2000-306998号公報

【特許文献2】特開平11-17072号公報

【特許文献3】特開平7-22547号公報

【特許文献4】特開2001-291793号公報

【特許文献5】特開平8-125092号公報

【特許文献6】特開平10-199882号公報

【特許文献7】特開2000-243826号公報

【特許文献8】特開平8-222700号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 9】特開 2 0 0 3 - 2 5 8 1 6 5 号公報

【特許文献 1 0】特開平 5 - 1 6 6 8 4 9 号公報

【特許文献 1 1】特開平 8 - 2 7 4 2 2 6 号公報

【特許文献 1 2】特開 2 0 0 2 - 2 8 9 7 5 2 号公報

【特許文献 1 3】特開 2 0 0 3 - 1 8 8 3 4 2 号公報

【特許文献 1 4】特開平 9 - 2 8 3 6 9 7 号公報

【非特許文献 1】Ken Goodson, Thermal Management of Advanced Electronic Systems, ISSCC 2003 Workshop

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0 0 0 8】

半導体チップに形成した半導体集積回路からの主な放熱経路としては、チップの裏面からヒートスプレッドを介して外部に熱伝導により放熱される経路と、チップから端子を通じて実装基板へと放熱される経路とが存在する。端子を通じての放熱は、ワイヤボンディングを用いている場合は、ボンディングパッドからボンディングワイヤを介して、リードフレームやバンプを経て、パッケージ端子から実装基板へと熱が伝わることによって行なわれる。また、フリップチップタイプの半導体チップの場合には、チップの電極パッドなどに半田などのメタルバンプが形成され、そのメタルバンプを挟んで、直接チップが実装基板上に接続されている。このため、半導体チップからの熱が、メタルバンプから実装基板へと直接的に伝わって放熱が行なわれる。

20

【0 0 0 9】

一般的に、半導体チップの表面に形成される電極パッドやボンディングパッドは、チップの周辺部に配置される。このため、半導体チップの中央部で発生した熱を効率良く、これらのパッドまで伝え、放熱を行なう必要がある。しかし、最先端のマイクロプロセッサやシステム L S I では、高集積化により、チップ面積がますます増大しており、チップの周辺部に向けた放熱が徐々に困難となっている。

【0 0 1 0】

また、半導体チップの内部で局所的な発熱が起こり、その熱が十分に放熱されない場合は、半導体集積回路が熱的に破壊されたり、トランジスタの性能が劣化するおそれが生じる。さらに近年においては、半導体チップの動作周波数や集積度の上限が消費電力によって決定される状況が現実化しつつあり、半導体チップの放熱に関するこれら問題の解決が強く望まれている。

30

【0 0 1 1】

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、発熱した半導体素子を効率良く冷却したり、その半導体素子から伝わる熱を速やかに外部に放熱できる半導体装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 2】

この発明に従った半導体装置は、主表面を有する半導体基板と、半導体基板の主表面に形成される半導体素子と、半導体基板の主表面上に形成され、半導体素子を覆うように設けられる層間絶縁膜と、層間絶縁膜に形成され、冷却用流体を流すための冷却路とを備える。冷却路は、層間絶縁膜の内部を循環するように形成されている。冷却路は、冷却用流体が供給される一方端と、冷却用流体が排出される他方端とを含む。半導体装置は、さらに、層間絶縁膜の内部に形成される多層のメタル配線層を備える。冷却路は、多層のメタル配線層をパターニングすることによって形成された溝で構成される。

40

【発明の効果】

【0 0 1 3】

この発明に従えば、発熱した半導体素子を効率良く冷却したり、その半導体素子から伝わる熱を速やかに外部に放熱する半導体装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

## 【 0 0 1 4 】

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

## 【 0 0 1 5 】

(実施の形態 1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置を示す斜視図である。図 1 を参照して、半導体装置は、主表面 1 a を有する半導体基板 1 と、駆動することより熱を発生する、主表面 1 a に形成された図示しない半導体素子と、主表面 1 a 上に形成され、図示しない半導体素子を覆う層間絶縁膜 2 とを備える。層間絶縁膜 2 の内部には、冷却路 3 が形成されている。冷却路 3 は、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上の離れた位置にそれぞれ開口された一方端 4 および他方端 5 を有する。冷却路 3 は、主表面 1 a に形成された半導体素子の近傍を通過するように、一方端 4 から他方端 5 に向けて延びている。

10

## 【 0 0 1 6 】

半導体基板 1 は、たとえばシリコン基板から形成されている。図示しない半導体素子は、代表的には各種のトランジスタ素子であるが、これに限定されず、半導体を利用した素子であればいずれであっても良い。層間絶縁膜 2 は、たとえば、シリコン酸化膜、P S G (phosphosilicate glass)、B S G (borosilicate glass)、B P S G (borophosphosilicate glass)、T E O S (tetra ethyle ortho silicate) および S O G (スピノ・オン・グラス) などから形成されている。また、層間絶縁膜 2 として、低誘電率材料 (Low-k 材料) を用いても良い。

## 【 0 0 1 7 】

冷却路 3 には、一方端 4 から供給され、他方端 5 から回収される、半導体素子を冷却するための液体や気体 (冷却用流体) が流れる。このような冷却路 3 に供給される気体としては、窒素ガス、フロンガスならびにヘリウムおよびアルゴンのような不活性ガスを挙げることができる。また、冷却路 3 を構成する内壁がパッシベーション膜によって被覆され、酸化に対する対策が十分に採られている場合には、乾燥空気を用いることもできる。液体としては、水 (純水) やフロンを用いることができる。

20

## 【 0 0 1 8 】

図 2 は、図 1 中に示す半導体装置が設けられた半導体パッケージを示す斜視図である。図中では、半導体パッケージの内部を示すため、一部が透視した状態で描かれている。

## 【 0 0 1 9 】

図 2 を参照して、半導体パッケージ 2 0 は、図 1 中に示す半導体装置から構成された半導体チップ 1 0 と、ヒートスプレッド (ヒートシンク) 1 2 と、後で詳細に説明するポンプチップ 1 3 と、これら部材を覆うパッケージ樹脂 1 1 とを備える。ヒートスプレッド 1 2 は、たとえば、銅、鉄 - ニッケル合金および半田などから形成されている。

30

## 【 0 0 2 0 】

パッケージ樹脂 1 1 の内部には、半導体チップ 1 0 に設けられた冷却路 3 の一方端 4 および他方端 5 に両端が接続された冷却路 1 4 が形成されている。冷却路 1 4 の経路の途中には、相対的に他方端 5 に近い側に位置して、所定の距離ごとに方向を変えて延びる部分が設けられている。その部分の近傍には、ヒートスプレッド 1 2 が配置されている。冷却路 1 4 の経路の途中には、相対的に一方端 4 に近い側に位置して、ポンプチップ 1 3 が設けられている。

40

## 【 0 0 2 1 】

図 3 は、図 2 中のポンプチップの構造を示す断面図である。図 3 を参照して、ポンプチップ 1 3 は、マイクロマシン技術によってシリコンチップ上に作製されたポンプ構造を備える。そのポンプ構造は、バルブ用シリンダ 2 4 およびバルブ用シリンダ 2 4 に配置されたバルブ用ピストン 2 5 からなるバルブ部 2 6 と、ポンプ用シリンダ 2 1 およびポンプ用シリンダ 2 1 に配置されたポンプ用ピストン 2 2 からなるポンプ部 2 3 とから構成されている。バルブ用シリンダ 2 4 は、流路 2 8 によって、他方端 5 側から延びる冷却路 1 4 に接続されている。バルブ用シリンダ 2 4 とポンプ用シリンダ 2 1 とは、流路 2 7 によって互いに接続されている。ポンプ用シリンダ 2 1 は、流路 2 9 によって、一方端 4 側から延

50

びる冷却路 14 に接続されている。

【0022】

図 1 から図 3 を参照して、電極間の静電力を利用した静電アクチュエータ等を用いて、ポンプ用ピストン 22 およびバルブ用ピストン 25 を所定の位相差をもって往復運動させ、半導体チップ 10 に設けられた冷却路 3 に冷却用流体を循環させる。

【0023】

ポンプチップ 13 から冷却路 3 の一方端 4 に供給された冷却用流体は、半導体チップ 10 に設けられた冷却路 3 を流れる。この際、冷却用流体は、主表面 1a に形成された半導体素子から発生する熱を奪い、その後、他方端 5 側へと回収される。回収された冷却用流体は、ヒートスプレッド 12 の近傍を通過する際に、ヒートスプレッド 12 へと熱を放出する。その熱は、パッケージ樹脂 11 を介して半導体パッケージ 20 の外部へと放熱される。

10

【0024】

なお、冷却用流体を循環させる手段は、図 2 に示す機構に限定されず、たとえば、パッケージ樹脂 11 に対して直接、空冷 / 液冷用の流体を通すチューブを接続し、そのチューブと外部に設けたポンプとをつなぐ機構によっても良い。但し、図 2 に示すように、ヒートスプレッド 12 のみならずポンプチップ 13 を含んだ冷却系全体をパッケージ樹脂 11 内に封止すれば、半導体パッケージ 20 の小型化を図りつつ、半導体チップ 10 の放熱を効率良く行なうことができる。

【0025】

20

この発明の実施の形態 1 における半導体装置は、主表面 1a を有する半導体基板 1 と、主表面 1a 上に形成され、主表面 1a に設けられた半導体素子を覆う層間絶縁膜 2 と、層間絶縁膜 2 に形成され、冷却用流体が流れる第 1 の冷却路としての冷却路 3 とを備える。冷却路 3 は、層間絶縁膜 2 の内部を循環するように形成されている。冷却路 3 は、冷却用流体が供給される一方端 4 と、冷却用流体が排出される他方端 5 とを含む。

【0026】

半導体装置としての半導体パッケージ 20 は、半導体基板 1、層間絶縁膜 2 および冷却路 3 を含む半導体チップ 10 と、半導体チップ 10 を覆うように形成された樹脂部材としてのパッケージ樹脂 11 と、パッケージ樹脂 11 内に設けられたポンプ部としてのポンプチップ 13 および金属材料からなる放熱部としてのヒートスプレッド 12 とを備える。ポンプチップ 13 は、一方端 4 および他方端 5 に接続されて、冷却路 3 に冷却用流体を循環させる。ヒートスプレッド 12 は、他方端 5 から排出された冷却用流体の熱を放熱する。

30

【0027】

図 4 から図 7 は、層間絶縁膜に冷却路を製造する方法の各工程を示す断面図である。図 1 中に示すトンネル構造を備えた冷却路 3 は、半導体プロセスにより半導体基板 1 上に堆積された層間絶縁膜およびメタル配線層の積層構造において、層間絶縁膜の一部を後から除去することによって作製できる。この製造方法について、図 4 から図 7 を用いて以下に説明を行なう。

【0028】

図 4 を参照して、通常の半導体プロセスと同様に、CVD (chemical-vapor deposition) 法およびスパッタリング法をそれぞれ用いて、半導体基板 1 の主表面 1a 上に、層間絶縁膜 31p およびメタル配線層 32p を順次形成する。さらに、メタル配線層 32p を覆うように層間絶縁膜 31q を形成する。図 5 を参照して、層間絶縁膜 31q 上に、メタル配線層 32p に達するメタルプラグ 35m および 35n を備えるメタル配線層 32q を形成する。このとき、メタルプラグ 35m とメタルプラグ 35n との間には、層間絶縁膜 33 が残存する。メタル配線層 32q をパターンニングし、互いに距離を隔てた位置に溝 34m および 34n を形成する。

40

【0029】

図 6 を参照して、メタル配線層 32q 上に、溝 34m および 34n を充填する層間絶縁膜 31r を形成する。CMP (chemical mechanical polishing) 工程により層間絶縁膜

50

3 1 r を平坦化した後、図 5 に示す工程と同様に、層間絶縁膜 3 1 r 上に、メタル配線層 3 2 q に達するメタルプラグ 3 5 m および 3 5 n を備えるメタル配線層 3 2 r を形成する。メタル配線層 3 2 r をパターンニングし、互いに距離を隔てた位置に溝 3 4 m および 3 4 n を再び形成する。

#### 【 0 0 3 0 】

図 7 を参照して、図 6 に示す工程を繰り返し、層間絶縁膜 3 1 r 上に、所定の形状を有する層間絶縁膜 3 1 s およびメタル配線層 3 2 s を順次形成する。その後、フッ酸 ( H F ) を用いたウェットエッチングを実施することによって、メタルプラグ 3 5 m とメタルプラグ 3 5 n との間に残された層間絶縁膜 3 3 を除去する。以上の工程により、層間絶縁膜とメタル配線層との積層構造に、トンネル構造を有する冷却路 3 7 を作製することができる。

10

#### 【 0 0 3 1 】

なお、図 4 から図 7 では、冷却路を層間絶縁膜とメタル配線層との積層構造に作製する場合について説明したが、これに限定されず、たとえば、C V D 法によって形成される層間絶縁膜とシリコン膜との積層構造に対しても、同様の製造方法を適用することによって、冷却用流体を流すための冷却路を形成することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 8 は、図 1 中に示す半導体装置の変形例を示す斜視図である。図中には、半導体装置の断面が示されている。図 8 を参照して、本変形例では、図 1 中に示す冷却路として、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 側から半導体基板 1 の裏面 1 b 側にまで達するビアホール 4 1 が形成されている。ビアホール 4 1 は、主表面 1 a に平行な平面で切断された断面の面積が、頂面 2 a から裏面 1 b に向かうに従って小さくなるように形成されている。

20

#### 【 0 0 3 3 】

図 9 は、図 1 中に示す半導体装置の別の変形例を示す斜視図である。図中には、半導体装置の断面が示されている。図 9 を参照して、本変形例では、図 1 中に示す冷却路として、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 側から半導体基板 1 の裏面 1 b 側にまで達するビアホール 4 2 が形成されている。ビアホール 4 2 は、主表面 1 a に平行な平面で切断された断面の面積が、頂面 2 a から裏面 1 b に向かうに従って大きくなるように形成されている。なお、図 8 および図 9 中には図示しなかったが、これらの変形例では、ビアホール 4 1 および 4 2 から延びる冷却用流体を循環、通過させるための流路が、半導体基板 1 の裏面 1 b 側を覆うパッケージ樹脂により構成されている。

30

#### 【 0 0 3 4 】

このように構成された半導体装置によれば、設けた冷却路に冷却用流体を流すことによって、主表面 1 a 上の半導体素子から発生した熱を半導体装置の外部に効率良く放熱することができる。これにより、半導体素子を熱の影響から保護し、所望の半導体特性を得ることができる。また、発熱による温度上昇から決定されるような半導体チップの動作周波数や回路の処理性能の上限を小さくし、より高性能な半導体集積回路を実現することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

加えて、冷却路 3 を層間絶縁膜 2 の内部に形成することにより、狭い領域への冷却路の配置が可能となる。これにより、発熱体である半導体素子の近傍に冷却路 3 を設けやすくなる。また、冷却路 3 は、冷却用流体が供給され回収される一方端 4 および他方端 5 を有し、パッケージ樹脂 1 1 の内部には、一方端 4 と他方端 5 との間に位置して、冷却用流体から熱を奪うヒートスプレッド 1 2 が配置されている。このため、冷却路 3 には、温度が低くされた冷却用流体が次々と供給される。これにより、さらに効率の良い放熱を行なうことができる。

40

#### 【 0 0 3 6 】

( 実施の形態 2 )

図 1 0 は、この発明の実施の形態 2 における半導体装置の一部を示す断面図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に

50

加えて、図 10 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。なお図中において、実施の形態 1 に記載の半導体装置と比較して、同一またはそれに相当する部材には、同じ参照番号を付している。

#### 【0037】

図 10 を参照して、半導体基板 1 の主表面 1 a には、半導体素子としてのトランジスタ素子 4 5 が形成されている。主表面 1 a 上には、トランジスタ素子 4 5 を覆うように層間絶縁膜 2 が多層に堆積されている。層間絶縁膜 2 には、トランジスタ素子 4 5 に接続され、電気信号配線や電源配線として実際に機能する配線 4 3 が形成されている。配線 4 3 は、層間絶縁膜 2 の各層に設けられた、メタル配線 4 6 と、メタル配線 4 6 に接続されたビア配線 4 7 とから構成されている。層間絶縁膜 2 の各層に設けられたこれらメタル配線 4 6 およびビア配線 4 7 は、層間絶縁膜 2 の多層間に連なって形成されている。層間絶縁膜 2 の最上層に形成されたビア配線 4 7 は、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a から露出するように形成されている。その露出するビア配線 4 7 に接触するようにボンディングパッド 1 6 が形成されている。ボンディングパッド 1 6 には、ボンディングワイヤ 5 0 が接続されている。

10

#### 【0038】

層間絶縁膜 2 には、信号・電源の電流容量として必要十分な配線 4 3 に加えて、冷却を目的とした配線 4 4 が形成されている。配線 4 4 は、配線 4 3 と同様に、層間絶縁膜 2 の多層間に連なるメタル配線 5 1 およびビア配線 5 2 から構成されている。頂面 2 a から露出するビア配線 5 2 に接触するように、メタルパッド 1 7 が形成されている。層間絶縁膜 2 の頂面 2 a から隙間を隔てた位置には、メタルバンプ 4 8 を介してメタルパッド 1 7 に接続されたヒートスプレッド 4 9 が設けられている。

20

#### 【0039】

トランジスタ素子 4 5 は、配線 4 3 と配線 4 4 との間に配置されている。配線 4 3 および配線 4 4 は、たとえば、銅、アルミニウム、チタン、タングステン、コバルトおよびタンタルなどの金属、これらの合金、これらにシリコンを添加した材料ならびにシリサイドなどから形成することができる。これらの材料は、層間絶縁膜 2 を形成するシリコン酸化膜などの材料と比較して、熱伝導率が高い。

#### 【0040】

なお、配線 4 3 および配線 4 4 を構成するメタル配線には、特にアルミニウムおよび銅を主成分とする材料が用いられ、ビア配線には、特にタングステンや銅が用いられる。また、コバルトやチタンのような金属は、シリコンとの界面にシリサイドを形成したシリサイド配線や、バリアメタルとして設けられた配線層の下層膜として用いられる。

30

#### 【0041】

この発明の実施の形態 2 における半導体装置は、層間絶縁膜 2 に形成され、層間絶縁膜 2 の熱伝導率に対して相対的に大きい熱伝導率を有する第 1 の放熱部材としての配線 4 3 および配線 4 4 をさらに備える。配線 4 3 および配線 4 4 は、ビア配線 4 7 および 5 2 と金属配線としてのメタル配線 4 6 および 5 1 とを含む。配線 4 3 および配線 4 4 は、層間絶縁膜 2 の表面としての頂面 2 a から露出している。半導体装置は、層間絶縁膜 2 の外部に配置され、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a から露出する配線 4 3 および配線 4 4 に接続された第 2 の放熱部材としてのヒートスプレッド 4 9 をさらに備える。

40

#### 【0042】

このように構成された半導体装置によれば、層間絶縁膜 2 と比較して熱伝導率が高い配線 4 3 および配線 4 4 を、層間絶縁膜 2 内で冷却構造として機能させることができる。これにより、トランジスタ素子 4 5 から発生した熱を効率良く放熱することができる。また、配線 4 3 および配線 4 4 は、頂面 2 a 上に露出するように形成されているため、熱が層間絶縁膜 2 内にこもるといことがない。加えて、配線 4 4 は、頂面 2 a 上においてヒートスプレッド 4 9 に接続されているため、配線 4 4 を介して頂面 2 a 上にまで伝わった熱を、さらに外部へと効率良く放熱することができる。

#### 【0043】

50

なお、電気・信号配線や電源配線として設けられたものの実際には使用されていない配線の全てまたは一部を、上述の放熱構造として利用しても良い。

【 0 0 4 4 】

図 1 1 は、図 1 0 中に示す半導体装置の変形例を示す断面図である。図 1 1 を参照して、本変形例では、層間絶縁膜 2 に、頂面 2 a 側に開口するトレンチ 5 6 が形成されている。トレンチ 5 6 の表面は、メタル配線膜 5 7 によって覆われている。トレンチ 5 6 の内部は、めっきにより形成され、たとえば銅などからなる放熱部材 5 8 によって充填されている。層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上では、頂面 2 a から突出した位置に延在する放熱部材 5 8 の頂面とヒートスプレッド 4 9 とが接続されている。図 1 2 は、図 1 0 中に示す半導体装置の別の変形例を示す断面図である。図 1 2 を参照して、本変形例では、図 1 1 中に示す冷却構造に対して、放熱部材 5 8 とヒートスプレッド 4 9 との間にメタルバンプ 4 8 が介在している。

10

【 0 0 4 5 】

これらの構成によっても、図 1 0 中に示す半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。なお、図 1 1 および図 1 2 に示すトレンチ 5 6 は、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 側から半導体基板 1 の裏面 1 b 側にまで達するように形成されていても良い。

【 0 0 4 6 】

( 実施の形態 3 )

図 1 3 は、この発明の実施の形態 3 における半導体装置の一部を示す断面図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 1 3 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。なお図中において、既に説明した半導体装置と比較して、同一またはそれに相当する部材には、同じ参照番号を付している。

20

【 0 0 4 7 】

図 1 3 を参照して、層間絶縁膜 2 には、実施の形態 2 における配線 4 3 または配線 4 4 に対応する配線 6 6、6 7、6 8 および 6 9 が所定の間隔を隔てて形成されている。層間絶縁膜 2 には、さらに、配線 6 6、6 7 および 6 8 のそれぞれの間に位置して、頂面 2 a 側に開口するトレンチ 6 3 が形成されている。トレンチ 6 3 は、たとえば銅などからなる放熱部材 6 4 によって充填されている。放熱部材 6 4 は、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上に形成されたメタルパッド 1 7 に接触している。層間絶縁膜 2 には、さらに、メタル配線 6 8 および 6 9 の間に位置して、頂面 2 a 側に開口するトレンチ 6 2 が形成されている。トレンチ 6 2 の内部には、冷却用の液体が通過、循環される。

30

【 0 0 4 8 】

このようなトレンチは、半導体ウェハの製造工程において通常利用されるドライエッチング工程により形成することができる。また、さらに大口径の開口を形成したい場合には、たとえば、水酸化カリウム溶液 ( K O H ) を用いたシリコン基板の異方性ウェットエッチングを適用することによって、パターン形状に基づく四角錐状の孔を形成することができる。

【 0 0 4 9 】

このように構成された半導体装置によれば、層間絶縁膜 2 に形成された配線 6 6 から 6 9 に加えて、トレンチ 6 3 を充填する放熱部材 6 4 およびトレンチ 6 2 を流れる冷却用の液体が冷却のために機能する。このため、放熱の効率をさらに向上させることができる。

40

【 0 0 5 0 】

( 実施の形態 4 )

図 1 4 は、この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す斜視図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 1 4 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。なお図中において、既に説明した半導体装置と比較して、同一またはそれに相当する部材には、同じ参照番号を付している。

【 0 0 5 1 】

図 1 4 を参照して、本実施の形態における半導体装置は、高周波集積回路を構成してい

50



る。層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上には、L 字状に折れ曲がって延びるインダクタ 7 4 と、渦巻き状に折れ曲がって延びるアンテナ 7 3 とが形成されている。インダクタ 7 4 およびアンテナ 7 3 は、たとえば、アルミニウムや銅を主成分とする材料から形成されている。主表面 1 a には、半導体素子 7 1 および 7 2 が形成されている。層間絶縁膜 2 には、半導体素子 7 1 および 7 2 に接続されたメタル配線 4 6 およびビア配線 4 7 からなる配線 4 3 が形成されている。インダクタ 7 4 およびアンテナ 7 3 は、配線 4 3 に接続されている。

【 0 0 5 2 】

この発明の実施の形態 4 における半導体装置では、第 2 の放熱部材は、インダクタ素子としてのインダクタ 7 4 およびアンテナ素子としてのアンテナ 7 3 の少なくともいずれか一方を含む。

10

【 0 0 5 3 】

このように構成された半導体装置によれば、配線 4 3 に加えて、インダクタ 7 4 およびアンテナ 7 3 を冷却構造として機能させることができる。このため、配線 4 3 を介して層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上にまで伝わった熱を、さらに外部へと効率良く放熱することができる。

【 0 0 5 4 】

( 実施の形態 5 )

図 1 5 は、この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す斜視図である。図中には、半導体装置の断面が示されている。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 1 5 を用いて説明する断熱構造をさらに備える。なお図中において、既に説明した半導体装置と比較して、同一またはそれに相当する部材には、同じ参照番号を付している。

20

【 0 0 5 5 】

図 1 5 を参照して、半導体基板 1 の主表面 1 a には、半導体素子 8 1 が形成されている。半導体基板 1 には、主表面 1 a 側に開口し、半導体素子 8 1 を取り囲むように延在するトレンチ 8 2 が形成されている。トレンチ 8 2 は、たとえばシリコン酸化膜やシリコン窒化膜からなる断熱部材 8 5 によって充填されている。これら断熱部材 8 5 を構成する材料は、半導体基板 1 を構成するシリコン等と比較して、小さい熱伝導率を有する。

【 0 0 5 6 】

半導体素子 8 1 は、熱の影響を小さく抑えたい半導体素子、たとえばアナログ回路を構成する半導体素子である。断熱部材 8 5 を挟んで半導体素子 8 1 の周囲に発熱量の大きい半導体素子が形成されている場合、その半導体素子から発生した熱が、半導体素子 8 1 に伝わることを抑制できる。これにより、半導体素子 8 1 に流れる電流値が、温度変化によって大きく変動することを防止できる。

30

【 0 0 5 7 】

また、断熱部材 8 5 に囲まれた領域に、半導体素子 8 1 と発熱量の大きい半導体素子とを形成しても良い。この場合、断熱部材 8 5 に囲まれた領域の外側に形成された半導体素子からの熱を遮断し、断熱部材 8 5 に囲まれた領域内を恒温化することができる。これによっても、上述の効果と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

40

この発明の実施の形態 5 における半導体装置では、半導体基板 1 には、半導体素子 8 1 を取り囲むように、主表面 1 a 側に開口する凹部としてのトレンチ 8 2 が形成されている。

【 0 0 5 9 】

図 1 6 は、図 1 5 中に示す半導体装置の変形例を示す斜視図である。図 1 7 は、図 1 6 中の X V I I - X V I I 線上に沿った断面図である。図 1 6 および図 1 7 を参照して、本変形例では、L 字状に折れ曲がった形状を有する 2 つのトレンチ 8 2 が、半導体素子 8 1 を挟んで互いに対峙する位置に形成されている。このように、半導体基板 1 に形成するトレンチは、半導体素子 8 1 を完全に取り囲むように形成されていなくても良い。

【 0 0 6 0 】

50

図 18 は、図 15 中に示す半導体装置の別の変形例を示す斜視図である。図 19 は、図 18 中の X I X - X I X 線上に沿った断面図である。図 18 および図 19 を参照して、本変形例では、半導体基板 1 には、主表面 1 a 上において一方向に延び、半導体基板 1 の主表面 1 a 側から裏面 1 b 側にまで達する 4 つのトレンチ 8 7 が形成されている。4 つのトレンチ 8 7 は、半導体素子 8 1 を取り囲む四辺にそれぞれ配置されている。このようなトレンチ 8 7 を形成し、半導体素子 8 1 とその周りとを切り離すことによって、上述の効果と同様の効果を得ることができる。なお、トレンチ 8 7 に、冷却用の流体を注入したり充填したりしても良い。

#### 【0061】

このように構成された半導体装置によれば、半導体基板 1 において局所的に発生する熱変化が、その影響を受けやすい半導体素子 8 1 に及ぶことを抑制できる。

#### 【0062】

##### (実施の形態 6)

図 20 は、この発明の実施の形態 6 における半導体装置の一部を示す断面図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 20 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。なお図中において、既に説明した半導体装置と比較して、同一またはそれに相当する部材には、同じ参照番号を付している。

#### 【0063】

図 20 を参照して、半導体基板 1 の主表面 1 a には、半導体素子 9 0 が形成されている。主表面 1 a 上には、複数の層 2 p から 2 s が積層されてなる層間絶縁膜 2 が形成されている。層間絶縁膜 2 には、メタル配線 5 1 およびビア配線 5 2 からなる配線 4 4 が形成されている。層間絶縁膜 2 には、さらに、層 2 q に位置して、2 種の異なる金属（アルミニウム、銅、タングステン、チタンおよびコバルトなど）または異なる導電型の半導体（シリコンおよびゲルマニウムなど）からなるペルチェ素子 9 2 および 9 3 が、主表面 1 a に平行な方向に交互に並んで形成されている。層 2 r に形成されたメタル配線 5 1 と層 2 q に形成されたメタル配線 5 1 とが交互になって、ペルチェ素子 9 2 および 9 3 を、隣り合う位置において互いに接続している。層間絶縁膜 2 の頂面 2 a 上には、ヒートスプレッド 4 9 が設けられている。ヒートスプレッド 4 9 とビア配線 5 2 に接触するメタルパッド 1 7 とが、メタルバンプ 4 8 を介して接続されている。

#### 【0064】

図 21 は、図 20 に示す半導体装置で得られるペルチェ (peltier) 効果を説明するための説明図である。図 20 および図 21 を参照して、ペルチェ素子 9 2 および 9 3 が、それぞれ n 型シリコンおよび p 型シリコンから形成されており、図中に示す方向に電流を流す場合を想定する。この場合、電流がペルチェ素子 9 2 からペルチェ素子 9 3 に向かう側で吸熱作用が生じ、電流がペルチェ素子 9 3 からペルチェ素子 9 2 に向かう側で放熱作用が生じる。結果、主表面 1 a に形成された半導体素子 9 0 で発生した熱は、ペルチェ素子 9 2 および 9 3 が設けられた位置へと吸熱され、さらに、層間絶縁膜 2 の頂面 2 a へと放熱される。その熱は、メタルバンプ 4 8 を介してヒートスプレッド 4 9 から外部へと放熱される。

#### 【0065】

この発明の実施の形態 6 における半導体装置は、層間絶縁膜 2 に形成されたペルチェ素子 9 2 および 9 3 をさらに備える。

#### 【0066】

このように構成された半導体装置によれば、ペルチェ素子 9 2 および 9 3 に所定の方向の電流を流し、ペルチェ効果を得ることによって、特定部位（本実施の形態では、主表面 1 a 上の半導体素子 9 0）を冷却することができる。これにより、配線 4 4 による効果に加えて、放熱の効率をさらに向上させることができる。

#### 【0067】

##### (実施の形態 7)

図 2 2 は、この発明の実施の形態 7 における半導体装置を示す斜視図である。図 2 3 は、図 2 2 中の X X I I I - X X I I I 線上に沿った断面図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 2 2 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。

【 0 0 6 8 】

図 2 2 および図 2 3 を参照して、半導体パッケージ 1 0 1 は、図 1 中に示す半導体装置から構成された半導体チップ 1 0 と、半導体チップ 1 0 と所定の間隔を隔てて配置されたヒートスプレッド 1 0 4 と、半導体チップ 1 0 およびヒートスプレッド 1 0 4 を覆うパッケージ樹脂 1 1 0 とを備える。パッケージ樹脂 1 1 0 の内部には、冷却用流体が供給される一方端 1 0 6 と冷却用流体が回収される他方端 1 0 7 とを有する冷却路 1 0 5 が形成されている。冷却路 1 0 5 は、ヒートスプレッド 1 0 4 の近傍において、所定の距離ごとに方向を変えながら一方端 1 0 6 から他方端 1 0 7 に向けて延びている。

10

【 0 0 6 9 】

この発明の実施の形態 7 における半導体装置としての半導体パッケージ 1 0 1 は、半導体基板 1、層間絶縁膜 2 および冷却路 3 を含む半導体チップ 1 0 と、半導体チップ 1 0 を覆うように形成された樹脂部材としてのパッケージ樹脂 1 1 0 と、パッケージ樹脂 1 1 0 に形成され、冷却用流体が流れる第 2 の冷却路としての冷却路 1 0 5 とを備える。

【 0 0 7 0 】

このように構成された半導体パッケージ 1 0 1 によれば、半導体チップ 1 0 に設けられた冷却構造によりチップ外に放出された熱は、パッケージ樹脂 1 1 0 を介してヒートスプレッド 1 0 4 へと伝わる。本実施の形態では、ヒートスプレッド 1 0 4 に近接して冷却路 1 0 5 が形成されているため、冷却路 1 0 5 を流れる冷却用流体を通じて、チップ外に放出された熱を、さらにパッケージ外へと効率良く放熱することができる。

20

【 0 0 7 1 】

( 実施の形態 8 )

図 2 4 は、この発明の実施の形態 8 における半導体装置を示す断面図である。本実施の形態における半導体装置は、実施の形態 1 に記載の半導体装置が備える冷却構造に加えて、図 2 4 を用いて説明する冷却構造をさらに備える。

【 0 0 7 2 】

図 2 4 を参照して、図 1 中に示す半導体装置から構成された半導体チップ 1 0 は、複数の四角錐状の孔 1 1 6 が形成された表面 1 0 a を有する。孔 1 1 6 は、その底面がチップ内に形成されていたり、貫通していたりする。このような孔 1 1 6 により、半導体チップ 1 0 の表面 1 0 a は凹凸形状に形成されている。

30

【 0 0 7 3 】

この発明の実施の形態 8 における半導体チップ 1 0 では、半導体チップ 1 0 の表面 1 0 a が凹凸形状に形成されている。

【 0 0 7 4 】

このように構成された半導体チップ 1 0 によれば、表面 1 0 a の表面積を増大させることができる。これにより、半導体チップ 1 0 の内部に配置された半導体素子で発生する熱を効率良くチップ外へと放熱することができる。

40

【 0 0 7 5 】

図 2 5 は、図 2 4 中に示す半導体装置の変形例を示す断面図である。図 2 5 を参照して、本変形例では、半導体チップ 1 0 の表面 1 0 a が、機械的に粗く研磨されることによって、凹凸形状に粗面化されている。半導体チップ 1 0 には、その粗面化された表面 1 0 a に接触するように、たとえば、銅、鉄 - ニッケル合金および半田などからなる放熱部材 1 2 1 が設けられている。このような構成により、放熱部材 1 2 1 と半導体チップ 1 0 との接触面積を増大させ、効率の良い放熱を実現することができる。

【 0 0 7 6 】

また別の変形例として、半導体チップを作製する半導体プロセスにおいて、ゲート電極用として堆積したポリシリコン膜の一部の領域に、H S G ( hemispherical silicon grai

50

n) 酸化工程を実施しても良い。この場合、堆積したポリシリコン膜上に、さらにアモルファス（非晶質）シリコン薄膜を堆積する。その後、550 程度の温度で熱処理し、ポリシリコン膜上に粒状のシリコンを成長させる。これらの工程により、ポリシリコン膜の表面に半球状の凹凸形状を形成することができる。

【0077】

（実施の形態9）

図26は、この発明の実施の形態9における半導体装置を示す断面図である。図29を参照して、半導体パッケージ131は、複数の半導体チップ132が内部に搭載されるマルチチップタイプの半導体パッケージである。半導体パッケージ131は、互いに所定の間隔を隔てて位置決めされた複数の半導体チップ132（132a、132bおよび132c）と、複数の半導体チップ132の間を接続するメタルバンプ133と、複数の半導体チップ132の間に配置された、たとえば銅などからなる放熱部材135とを備える。なお図示しないが、半導体パッケージ131には、複数の半導体チップ132間のフィラーとして、パッケージ樹脂やポリイミドなどの樹脂材料が設けられている。

【0078】

複数の半導体チップ132は、半導体チップ132aおよび132cが両端に位置し、半導体チップ132bがその間に位置するように配置されている。複数の半導体チップ132の各々には、チップを貫通するビア配線134が形成されている。メタルバンプ133がそのビア配線134に接触して設けられることによって、複数の半導体チップ132が積層された状態で互いに接続されている。

【0079】

半導体チップ132cに隣り合う位置には、半導体チップ132cとの間に間隔を設けてヒートスプレッド136が配置されている。半導体チップ132cとヒートスプレッド136とは、半導体チップ132cに形成されたビア配線134に接触するメタルバンプ133によって接続されている。半導体チップ132cとヒートスプレッド136との間には、放熱部材135が配置されている。

【0080】

なお、本実施の形態では、複数の半導体チップ132の間および半導体チップ132cとヒートスプレッド136との間に放熱部材135を配置したが、本発明は、これに限定されない。たとえば、これらの間を充填するパッケージ樹脂に冷却路を形成し、その冷却路に冷却用の気体や液体を流しても良い。

【0081】

また、本実施の形態では、駆動させた場合の発熱が比較的小さい半導体チップ132bが、複数の半導体チップ132の配列の中間部分に位置決めされ、発熱が比較的大きい半導体チップ132aおよび132cが、複数の半導体チップ132の配列の両端に配置されている。また好ましくは、半導体チップ132aおよび132bの発熱量が、ヒートスプレッド136に隣り合って設けられた半導体チップ132cの発熱量よりも小さくても良い。

【0082】

この発明の実施の形態9におけるマルチチップタイプの半導体パッケージ131は、互いに間隔を隔てて一方向に配列された複数の半導体チップ132と、複数の半導体チップ132の各々に直接、接触し、隣り合う複数の半導体チップ132を互いに接続する金属配線としてのメタルバンプ133と、隣り合う複数の半導体チップ132間に配置された放熱手段としての放熱部材135とを備える。一方向に配列された複数の半導体チップ132のうち中間に位置する半導体チップ132bから発生する熱量が、一方向に配列された複数の半導体チップ132のうち両端に位置する半導体チップ132aおよび132cから発生する熱量よりも小さい。

【0083】

半導体パッケージ131は、一方向に配列された複数の半導体チップ132のうち端に位置する半導体チップ132cに隣り合い、半導体チップ132cに接続された放熱板と

してのヒートスプレッド 136 をさらに備える。ヒートスプレッド 136 が接続された半導体チップ 132c を除く他の複数の半導体チップ 132a および 132b から発生する熱量は、ヒートスプレッド 136 が接続された半導体チップ 132c から発生する熱量よりも小さい。

【0084】

このように構成された半導体パッケージ 131 によれば、複数の半導体チップ 132 は、互いにメタルバンプ 133 を介して接続されているため、発生した熱をチップ間で熱伝導させることができる。これにより、複数の半導体チップ 132 を配列した方向の温度勾配を低減させるとともに、チップ間に配置した放熱部材 135 および半導体チップ 132c に隣り合って配置したヒートスプレッド 136 によって、複数の半導体チップ 132 を冷却することができる。

10

【0085】

一般的に、半導体チップには、ジャンクション温度の絶対最大定格が設けられており、素子破壊を起こさないための温度上限が存在する。また、半導体素子を高温で動作させると、半導体内部のキャリア移動度の低下に伴うトランジスタ性能の劣化、ドライバの駆動電流 / ドライバ能力の低下および動作速度の低下、ならびに接合リーク電流の急激な上昇による消費電力の増大など、デバイス特性の劣化が引き起こされる。また、チップ間に温度勾配が存在すると、半導体特性のばらつきが増大し、設計上の動作タイミングに対してずれが生じることも想定される。特に、信号の送信側と受信側とで温度が異なり、信号タイミングにずれが生じた場合は、誤動作を引き起こす可能性がある。本実施の形態における半導体パッケージ 131 によれば、上述の効果によりこれらの問題を解決することができる。

20

【0086】

また、複数の半導体チップ 132 が配列された中間部分やヒートスプレッド 136 から離れた位置では、半導体チップから発生した熱が比較的、放熱されにくい。このため、このような位置に発熱量の大きい半導体チップを配置することによって、温度勾配をさらに低減させ、半導体チップをさらに効率良く冷却することができる。

【0087】

(実施の形態 10)

図 27 は、この発明の実施の形態 10 における半導体装置を示す斜視図である。図 28 は、図 27 中に示す矢印 XXVIIII から見た半導体装置を示す正面図である。

30

【0088】

図 27 および図 28 を参照して、半導体パッケージ 151 は、複数の半導体チップ 152 が内部に搭載されるマルチチップタイプの半導体パッケージである。半導体パッケージ 151 は、間隔を隔てて位置決めされた複数の半導体チップ 152 (152a、152b および 152c) と、複数の半導体チップ 152 間を充填し、パッケージ樹脂やポリイミドなどからなる図示しない樹脂材料と、その樹脂材料に形成され、冷却用の気体や液体が流される冷却路 155 とを備える。

【0089】

半導体チップ 152a および 152c は、互いに向い合う位置において、表面 161 および 163 をそれぞれ有する。半導体チップ 152b は、半導体チップ 152c と向い合う位置において表面 162 を有する。半導体チップ 152a および 152c は、表面 161 に表面 163 と向い合わない部分が生じるように、互いにずれて配置されている。表面 163 と向い合わない表面 161 のその部分の近傍には、半導体チップ 152a および 152c に隣り合って、空間 153 が規定されている。同様に、半導体チップ 152b は、半導体チップ 152c の表面 163 と向い合わない部分を表面 162 に有し、その部分の近傍には、半導体チップ 152b および 152c に隣り合って、空間 153 が規定されている。さらに、半導体チップ 152a と半導体チップ 152b との間にも、空間 153 が規定されている。

40

【0090】

50

冷却路 155 は、その空間 153 に位置し、半導体チップの周縁に沿って延びている。  
なお、冷却路 155 のほか、銅などからなる放熱部材を空間 153 に配置しても良い。

【0091】

図 29 は、図 28 中に示す半導体パッケージの変形例を示す正面図である。図 29 を参照して、本変形例では、半導体チップ 152b および 152c が、図 28 中に示す半導体パッケージ 151 と同様に配置されている。半導体チップ 152b および 152c に隣り合っ

【0092】

図 30 は、図 28 中に示す半導体パッケージの別の変形例を示す正面図である。図 30 を参照して、半導体パッケージは、互いに所定の間隔を隔てて位置決めされた複数の半導体チップ 152 (152d および 152e) と、複数の半導体チップ 152 間を充填し、パッケージ樹脂やポリイミドなどからなる図示しない樹脂材料と、その樹脂材料に形成され、冷却用の気体や液体が流される冷却路 155 とを備える。

【0093】

半導体チップ 152d および 152e は、互いに向い合う位置において、表面 181 および 182 をそれぞれ有する。表面 182 は、表面 181 より大きい面積で形成されており、表面 181 と向い合わない部分を有する。表面 181 と向い合わない表面 182 のその部分の近傍には、半導体チップ 152d および 152e に隣り合っ

【0094】

この発明の実施の形態 10 におけるマルチチップタイプの半導体パッケージ 151 は、互いに隣り合う位置に空間 153 を規定するように配置された複数の半導体チップ 152 と、空間 153 に設けられた放熱手段としての冷却路 155 とを備える。複数の半導体チップ 152 は、互いに向い合う位置において異なる大きさの表面 181 および 182 を有する 2 つの半導体チップ 152d および 152e と、隣り合った位置においてずれて配置された 2 つの半導体チップ 152a および 152c (152b および 152c) との少なくともいずれか一方を含む。放熱手段は、冷却用流体が流れる冷却路 155 および金属材料からなる放熱部材の少なくともいずれか一方を含む。

【0095】

このように構成された半導体パッケージ 151 によれば、隣り合う半導体チップ間に規定された空間 153 に冷却路 155 を形成しているため、半導体パッケージ 151 をコンパクトに維持しつつ、半導体チップを効率良く冷却することができる。これにより、半導体パッケージ 151 に搭載する半導体チップの数を増大させることができ、高性能な半導体集積回路を実現することができる。

【0096】

なお、以上に説明した実施の形態 1 から 10 の半導体装置を適宜、組み合わせて、半導体装置を構成しても良い。この場合、組み合わせた実施の形態の半導体装置で得られる効果を総合的に得ることができる。

【0097】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図 1】この発明の実施の形態 1 における半導体装置を示す斜視図である。

【図 2】図 1 中に示す半導体装置が設けられた半導体パッケージを示す斜視図である。

【図 3】図 2 中のポンプチップの構造を示す断面図である。

【図 4】層間絶縁膜に冷却路を製造する方法の第 1 工程を示す断面図である。

【図 5】層間絶縁膜に冷却路を製造する方法の第 2 工程を示す断面図である。  
 【図 6】層間絶縁膜に冷却路を製造する方法の第 3 工程を示す断面図である。  
 【図 7】層間絶縁膜に冷却路を製造する方法の第 4 工程を示す断面図である。  
 【図 8】図 1 中に示す半導体装置の変形例を示す斜視図である。  
 【図 9】図 1 中に示す半導体装置の別の変形例を示す斜視図である。  
 【図 10】この発明の実施の形態 2 における半導体装置の一部を示す断面図である。  
 【図 11】図 10 中に示す半導体装置の変形例を示す断面図である。  
 【図 12】図 10 中に示す半導体装置の別の変形例を示す断面図である。  
 【図 13】この発明の実施の形態 3 における半導体装置の一部を示す断面図である。  
 【図 14】この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す斜視図である。  
 【図 15】この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す斜視図である。  
 【図 16】図 15 中に示す半導体装置の変形例を示す斜視図である。  
 【図 17】図 16 中の X V I I - X V I I 線上に沿った断面図である。  
 【図 18】図 15 中に示す半導体装置の別の変形例を示す斜視図である。  
 【図 19】図 18 中の X I X - X I X 線上に沿った断面図である。  
 【図 20】この発明の実施の形態 6 における半導体装置の一部を示す断面図である。  
 【図 21】図 20 に示す半導体装置で得られるペルチェ効果を説明するための説明図である。

10

【図 22】この発明の実施の形態 7 における半導体装置を示す斜視図である。  
 【図 23】図 22 中の X X I I I - X X I I I 線上に沿った断面図である。  
 【図 24】この発明の実施の形態 8 における半導体装置を示す断面図である。  
 【図 25】図 24 中に示す半導体装置の変形例を示す断面図である。  
 【図 26】この発明の実施の形態 9 における半導体装置を示す断面図である。  
 【図 27】この発明の実施の形態 10 における半導体装置を示す斜視図である。  
 【図 28】図 27 中に示す矢印 X X V I I I から見た半導体装置を示す正面図である。  
 【図 29】図 28 中に示す半導体パッケージの変形例を示す正面図である。  
 【図 30】図 28 中に示す半導体パッケージの別の変形例を示す正面図である。

20

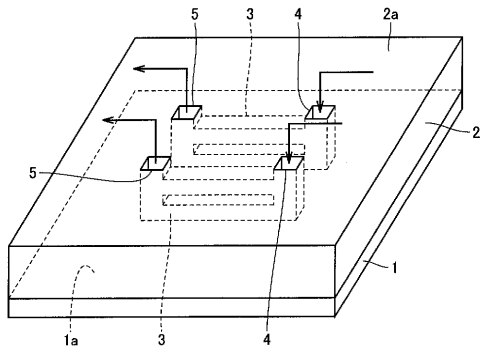
【符号の説明】

【0099】

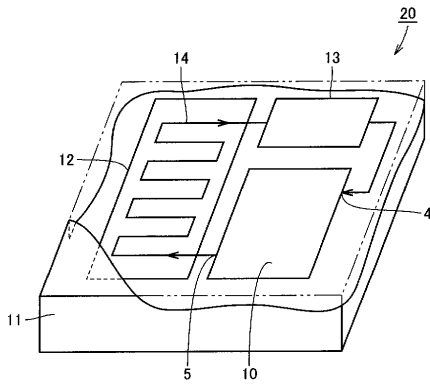
1 半導体基板、1 a 主表面、2 層間絶縁膜、2 a 頂面、3, 105, 155 冷却路、4 一方端、5 他方端、10, 132, 132 a, 132 b, 132 c, 152, 152 a, 152 b, 152 c, 152 d, 152 e 半導体チップ、10 a, 181, 182 表面、11, 110 パッケージ樹脂、12, 49, 136 ヒートスプレッド、13 ポンプチップ、20, 131, 151 半導体パッケージ、43, 44, 66, 67, 68, 69 配線、46, 51 メタル配線、47, 52 ピア配線、64, 135 放熱部材、73 アンテナ、74 インダクタ、81 半導体素子、82, 87 トレンチ、92, 93 ペルチェ素子、133 メタルパンプ、153 空間。

30

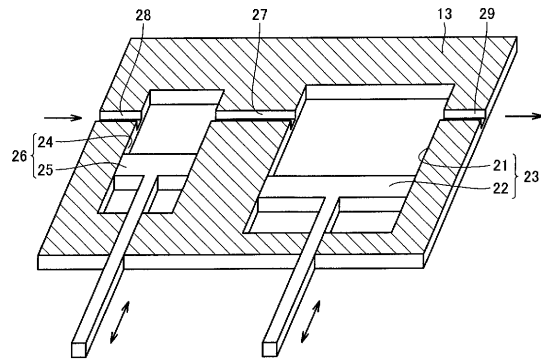
【図 1】



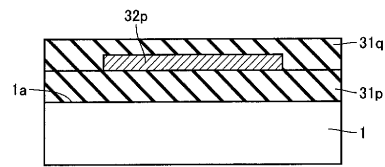
【図 2】



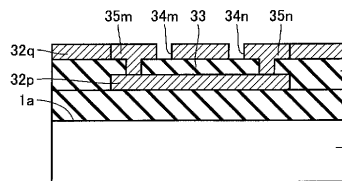
【図 3】



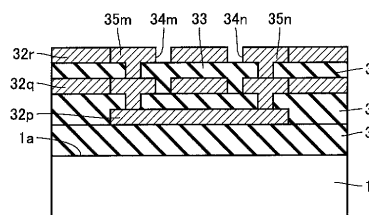
【図 4】



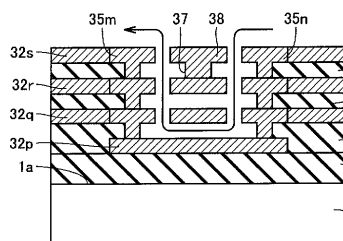
【図 5】



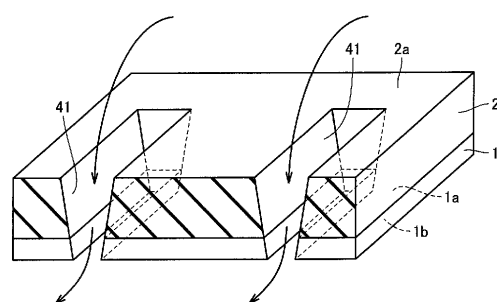
【図 6】



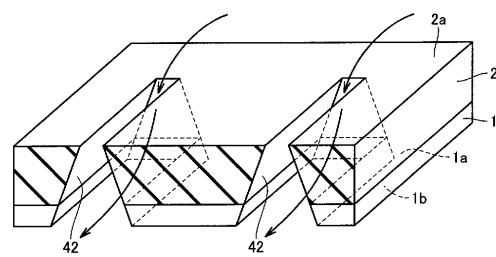
【図 7】



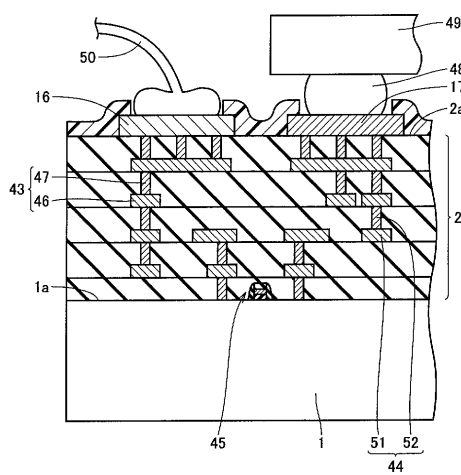
【図 8】



【図 9】



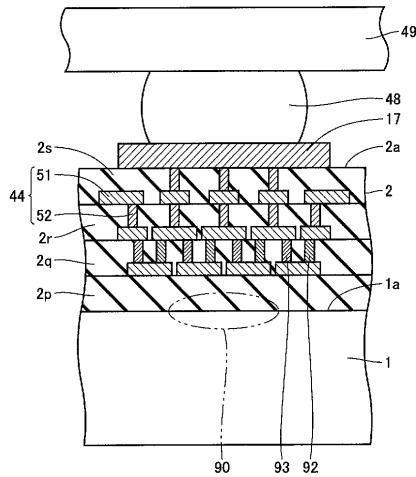
【図 10】



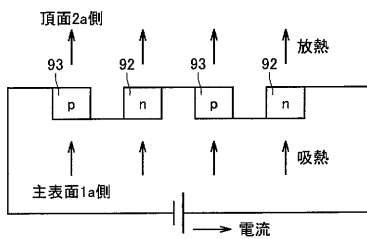




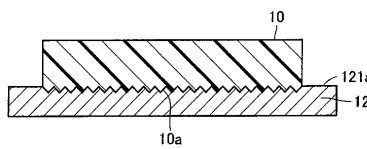
【 図 2 0 】



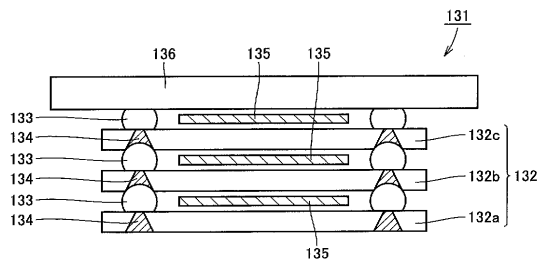
【 図 2 1 】



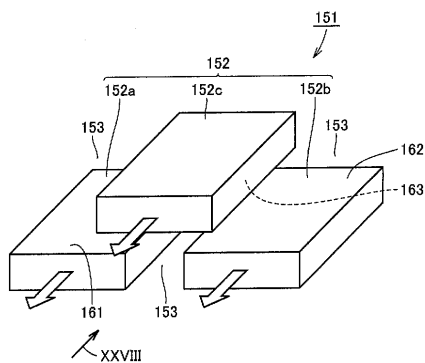
【 図 2 5 】



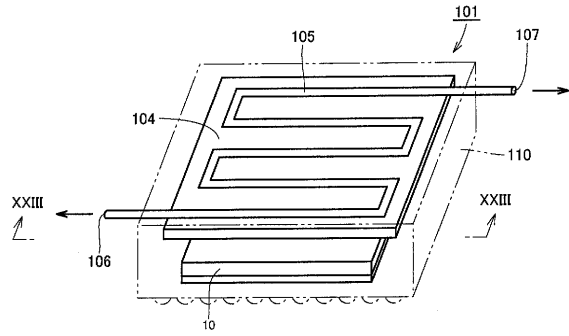
【 図 2 6 】



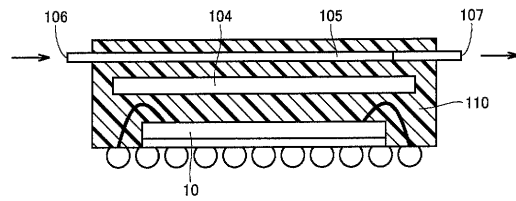
【 図 2 7 】



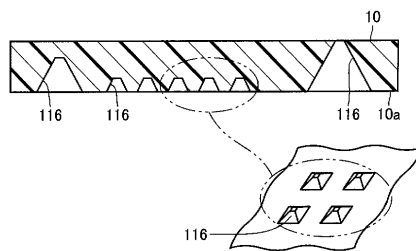
【 図 2 2 】



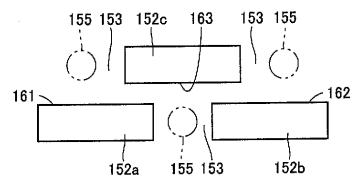
【 図 2 3 】



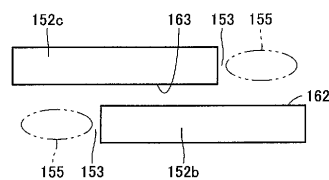
【圖 24】



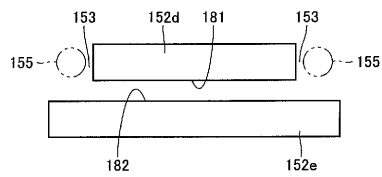
【 図 2 8 】



【圖 29】



【 図 3 0 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 高田 浩和  
東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内
- (72)発明者 石見 幸一  
東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

審査官 田中 永一

- (56)参考文献 特表平07-504538(JP,A)  
特開2005-166752(JP,A)  
特開昭63-132462(JP,A)  
特開平05-251601(JP,A)  
特開平04-303950(JP,A)  
特開2003-332519(JP,A)  
特開2003-338602(JP,A)  
特開2001-168255(JP,A)  
特開2003-243606(JP,A)  
特開2003-258197(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |         |   |        |
|------|---------|---|--------|
| H01L | 23/34   | - | 23/473 |
| H01L | 21/3205 |   |        |
| H01L | 21/82   |   |        |
| H01L | 23/52   |   |        |
| H01L | 25/00   | - | 25/18  |