



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01822129.7

[43] 公开日 2004 年 6 月 2 日

[11] 公开号 CN 1502130A

[22] 申请日 2001.12.11 [21] 申请号 01822129.7

[30] 优先权

[32] 2000.12.19 [33] US [31] 09/741,772

[86] 国际申请 PCT/US2001/047637 2001.12.11

[87] 国际公布 WO02/050901 英 2002.6.27

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.18

[71] 申请人 哈里公司

地址 美国佛罗里达

[72] 发明人 查尔斯·M·牛顿 兰迪·T·派克
理查德·A·格斯曼[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 王永刚

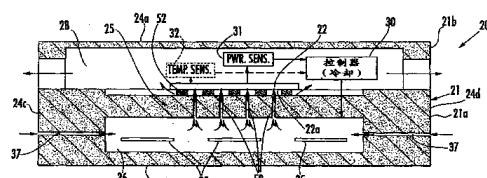
权利要求书 6 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称 使用蒸发微冷却的电子学器件和相关方法

二相对的侧表面和一对第三对相对的端表面。在这些实施方案中，该至少一个热交换器可以最好包含一对耦合到第二对相对的侧表面的热交换器。

[57] 摘要

一个电子学器件包括环绕至少一个集成电路的封装，在封装中的一个微流体冷却器，和一个控制微流体冷却器的控制器，以使冷却流体提供蒸发冷却，诸如微滴撞击冷却。该电子学器件可以包含一连接到该至少一个集成电路的功率消耗传感器，控制器可以响应功率消耗传感器来控制微流体冷却器。一温度传感器可以连接到该至少一个集成电路，该控制器可以响应检测到的温度来控制微流体冷却器。该微流体冷却器可以包括至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把微滴撞击到集成电路上。该至少一个微滴产生器可以包括至少一个微机电(MEMs)泵。该电子学器件可以包括至少一个由封装所带的热交换器，它和微液体冷却器相连以进行流体交换。该封装可以具有一平行六面体的形状，具有一对第一对相对的主表面，一对第



1.一种电子学器件，包括：

至少一个集成电路；

一个环绕所述至少一个集成电路的封装；

在所述封装中的一个微流体冷却器，该冷却器与所述至少一个集成电路热耦合以从它移去热量，所述微流体冷却器包含一种冷却流体；以及

一个控制器以控制所述微流体冷却器使得冷却流体提供蒸发冷却。

2.按照权利要求1的一种电子学器件，其中所述控制器是包含在所述封装内。

3.按照权利要求1的一种电子学器件，还包含连接到所述至少一个集成电路的一个功率消耗传感器；而其中所述的控制器响应所述功率消耗传感器来控制所述微流体冷却器。

4.按照权利要求1的一种电子学器件，还包含连接到所述至少一个集成电路的一个温度传感器；而其中所述控制器响应所述温度传感器来控制所述微流体冷却器。

5.按照权利要求1的一种电子学器件，其中所述微流体冷却器包含至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把它撞击到所述集成电路上。

6.按照权利要求4的一种电子学器件，其中所述至少一个微滴产生器包含至少一个微机电（MEMS）泵。

7.按照权利要求1的一种电子学器件，还包含至少一个由所述封装所承载的热交换器，并且它与所述微流体冷却器流体相连。

8.按照权利要求7的一种电子学器件，其中所述封装具有平行六面体的形状，它有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面，和一对第三对相对的端表面；而其中所述至少一个热交换器包含一对耦合到所述第二对相对侧表面的热交换器。

9.按照权利要求7的一种电子学器件，还包含由所述第一对相对主表

面和所述第三对相对端表面中至少之一所承载的电连接器。

10.按照权利要求 1 的一种电子学器件，其中所述封装包含一个基座和一个与基座连接的盖，它们确定了一个接受所述至少一个集成电路的空腔。

11.按照权利要求 10 的一种电子学器件，其中所述微流体冷却器包含至少一个微流体通道，它穿过所述基座延伸并导向所述至少一个集成电路。

12.按照权利要求 10 的一种电子学器件，其中所述至少一个集成电路包含一个在其中含有有源器件的有源表面；以及其中至少一个集成电路置于这样的位置，使得该有源表面邻近所述至少一个微流体通道。

13.按照权利要求 10 的一种电子学器件，还包括许多底垫，这些底垫把所述至少一个集成电路以间隔分开的关系连接到所述的基座，以使冷却流体从所述底垫邻近流过并流进空腔。

14.按照权利要求 1 的一种电子学器件，其中所述封装包含低温共烧陶瓷（LTCC）材料。

15.一种电子学器件，包含：

至少一个集成电路；

环绕所述至少一个集成电路的一个封装；

在所述封装内的一个微流体冷却器，该冷却器热耦合至所述至少一个集成电路并从该处移去热量，所述微流体冷却器包含一种冷却流体和至少一个微机电（MEMs）泵以产生冷却流体微滴；

一个传感器以检测所述至少一个集成电路的状况；以及

一个由所述封装所承载的控制器以基于所述传感器来控制所述至少一个 MEMs 泵，使得冷却流体提供微滴撞击蒸发冷却。

16.按照权利要求 15 的一种电子学器件，其中所述传感器包含一个功率消耗传感器，它连接到所述至少一个集成电路上。

17.按照权利要求 15 的一种电子学器件，其中所述传感器包含一个温度传感器，它连接到所述至少一个集成电路上。

18.按照权利要求 15 的一种电子学器件，还包含至少一个热交换器，

它被所述封装承载并与所述微流体冷却器流体相连。

19.按照权利要求 18 的一种电子学器件，其中所述封装具有一种平行六面体的形状，有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面；而其中所述至少一个热交换器包含一对热交换器，它们和所述第二对相对的侧表面耦合。

20.按照权利要求 18 的一种电子学器件，还包含由所述第一对相对的主表面和所述第三对相对的端表面上至少之一所承载的电连接器。

21.按照权利要求 15 的一种电子学器件，其中所述封装包含一个基座和一个和基座相连的盖，它们确定了接受所述至少一个集成电路的空腔。

22.按照权利要求 15 的一种电子学器件，其中所述封装包含低温共烧陶瓷（LTCC）材料。

23.一种电子学器件，包含：

至少一个集成电路；

环绕所述至少一个集成电路的封装，所述封装具有一平行六面体的形状，有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面；

在所述封装内的一个微流体冷却器，它被热耦合至所述至少一个集成电路以从该处移去热量，所述微流体冷却器包含一种冷却流体；以及一对热交换器，它们被连接到所述第二对相对的侧表面并且和所述微流体冷却器流体相通地相连。

24.按照权利要求 23 的一种电子学器件，还包含由所述第一对相对的主表面和所述第三对相对的端表面上至少之一所承载的电连接器。

25.按照权利要求 23 的一种电子学器件，其中所述微流体冷却器包含至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把它撞击到所述集成电路上。

26.按照权利要求 23 的一种电子学器件，其中所述至少一个微滴产生器包含至少一个微机电（MEMs）泵。

27.按照权利要求 23 的一种电子学器件，其中所述封装包含一个基座和与之相连的一个盖，它们确定了接受所述至少一个集成电路的空腔。

28.按照权利要求 23 的一种电子学器件，其中所述封装包含低温共烧陶瓷（LTCC）材料。

29.一种电子学器件，包含：

多个电子学组件，它们安置成堆叠的关系，每一个电子学组件包含：至少一个集成电路，

环绕所述至少一个集成电路的一个封装，所述封装有一平行六面体的形状，它有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面，

一个在所述封装内的微流体冷却器，它热耦合至所述至少一个集成电路以从该处移去热量，所述微流体冷却器包含一种冷却流体，以及

一对连接到第二对相对的侧表面的热交换器，它们和所述微流体冷却器流体相通地相连。

30.按照权利要求 29 的一种电子学器件，还包含由所述第一对相对的主表面和所述第三对相对的端表面上至少之一所承载的电连接器。

31.按照权利要求 29 的一种电子学器件，其中所述微流体冷却器包含至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把它撞击至所述集成电路上。

32.按照权利要求 29 的一种电子学器件，其中所述至少一个微滴产生器包含至少一个微机电（MEMs）泵。

33.按照权利要求 29 的一种电子学器件，其中所述封装包含一个基座和与之相连的一个盖，它们确定了接受所述至少一个集成电路的空腔。

34.按照权利要求 29 的一种电子学器件，其中所述封装包含低温共烧陶瓷（LTCC）材料。

35.一种电子学器件，包含：

至少一个集成电路；

一个封装，它包含一个基座和一个和之相连的盖，它们确定了接受所述至少一个集成电路的空腔；

在所述封装中的一个微流体冷却器，它包含一种冷却流体和至少一个微流体通道，该通道延伸通过所述基座并导向所述至少一个集成电路；

以及

把所述至少一个集成电路以间隔分开的关系连接到所述基座上去的多个底垫，从而使冷却流体在所述底垫的邻近流过并进入空腔。

36.按照权利要求 35 的一种电子学器件，其中所述至少一个集成电路包含一个其内含有有源器件的有源表面；以及其中至少一个集成电路被置于使得有源表面邻近所述至少一个微流体通道的位置。

37.按照权利要求 35 的一种电子学器件，还包含至少一个由所述封装所承载的热交换器，它与所述微流体冷却器流体相通地相连。

38.按照权利要求 37 的一种电子学器件，其中所述封装具有一平行六面体形状，它有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面；而其中所述至少一个热交换器包含与所述第二对相对的侧表面相耦合的一对热交换器。

39.按照权利要求 38 的一种电子学器件，还包含由所述第一对相对的主表面和所述第三对相对的端表面中至少之一所承载的电连接器。

40.按照权利要求 35 的一种电子学器件，其中所述封装包含低温度共烧陶瓷（LTCC）材料。

41.在一个封装中冷却至少一个集成电路的方法，该封装中还包括一个微流体冷却器，该微流体冷却器包含一种冷却流体，该方法包含：

控制微流体冷却器，使得该冷却流体提供蒸发冷却。

42.按照权利要求 41 的一种方法，其中控制还包含检测该至少一个集成电路的功率消耗，并对其进行响应控制微流体冷却器。

43.按照权利要求 41 的一种方法，其中控制还包含检测该至少一个集成电路的温度，并对其进行响应控制微流体冷却器。

44.按照权利要求 41 的一种方法，其中微流体冷却器包含至少一个微机电（MEMs）泵；而其中控制微流体冷却器包含控制该至少一个 MEMs 泵。

45.按照权利要求 41 的一种方法，还包含把至少一个所述的热交换器连接到封装上，并和微流体冷却器流体相通地相连。

46.按照权利要求 45 的一种方法，其中该封装具有一平行六面体形

状，它有一对第一对相对的主表面，一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面；而其中该至少一个热交换器包含连接到第二对相对的侧表面的一对热交换器。

使用蒸发微冷却的电子学 器件和相关方法

发明领域

本发明涉及电子学器件的领域,更具体地讲,涉及包括一个或多个集成电路的微流体冷却的电子学器件和相关方法.

发明背景

集成电路被广泛地用于很多类型的电子学设备中.一个集成电路可以包括一片硅或砷化镓衬底,该衬底包括许多象晶体管等的有源器件,它们在衬底的上表面形成。通常也要求在一个用来提供保护并允许外部电连接的封装内支持一个或更多个这样的集成电路。

因为在典型的集成电路上有源器件的密度已经增加,所产生热量的消散就变得日益重要.尤其是,例如,在多芯片组件(MCMS),微波发射器,光子学器件中可以产生出相当大的热量.给于 Schulz-Harder 等人的美国专利号 5,987,803 公布了一种象激光器件的用于冷却封装该封装包括冷却水流动所通过的通道.在该封装中,用一系列的帕尔梯元件来把热量移去.

微机电(MEMS)技术的进展使设计人员可以为集成电路发展新的冷却技术,这种技术基于在集成电路邻近循环流动电介质冷却流体从而移去多余的热量.例如,给于 Afromowfz 等人的美国专利,专利号 5,876187 公布了有相关阀门的微泵,它可用于许多应用领域,像环境,生物医学、医学、生物技术, 印刷、分析仪器, 和小型冷却应用领域。

用气体或液体的自由对流冷却可以从集成电路移去热量。液体通常移去更多的热量。强迫对流冷却可以有更高的效率, 因为这时气体或液体在与要冷却的器件相接触的情况下循环流动。用使液体沸腾冷却方法提供更高的效率。

遗憾的是, 集成电路可以操作在不同的功率等级上, 因而产生不同数量的多余热量。因而一个通常的 MEMS 微冷却系统可能不能在集成电

路的所有可能的操作范围内有效地运作。

发明摘要

基于上述背景，因而本发明的一个目的是提供一种电子学器件和相关的方法，它能对在整个封装中的一个或多个集成电路提供高效的冷却。

按照本发明的一个方面的这个目的和其他目的，特征和优点是用这样一种电子学器件提供的，该器件包含一个包围至少一个集成电路的封装，该封装内的微流体冷却器，一个控制器以控制微流体冷却器以使冷却流体提供蒸发冷却。该控制器也可以装在该封装内。蒸发冷却提供非常有效的冷却，因为它可以基于冷却流体的微滴撞击和沸腾。这种蒸发微冷却比起自由对流或强制对流冷却要有效得多。该电子学器件可以是比较紧凑然而又有一高效的冷却系统，以从至少一个集成电路移去多余的热量。

该电子学器件可以包含一功率消耗传感器，它连接到该至少一个集成电路上，而控制器可以响应功率消耗传感器来控制微流体冷却器。也可以用一个温度传感器来代替功率消耗传感器，或再加上一个温度传感器，把它连到该至少一个集成电路上，而控制器可以响应所检测到的温度来控制微流体冷却器。

该微流体冷却器可以包含至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把它撞击到集成电路上。更具体地讲，该至少一个流滴产生器可以包括至少一个微机电（MEMS）泵。

该电子学器件可以也包括至少一个热交换器，该热交换器由该封装承载并和微流体冷却器相连以进行流体交换。在一类特别有利的实施方案中，该封装可以具有一种平行方面体的形状，有一对第一对相对的主表面，有一对第二对相对的侧表面和一对第三对相对的端表面。在这些实施方案中，该至少一个热交换器可以最好包含一对热交换器，其中每一个热交换器与第二对相对的侧表面的对应表面耦合。这样的配置可以有利于多个这种单元或组件的堆叠。每一个组件可以也包含安装在第一对相对的主表面和第三对相对的底表面的至少一对表面上电连接器。

该封装可以包含一基座和一个与基座相连的盖，它们确定接受该至

少一个集成电路的一个空腔。该微流体冷却器可以包括至少一个微流体通道，它通过基座延伸并导向该至少一个集成电路。另外，该至少一个集成电路可以包括一个其中包含有源器件的有源表面，而该至少一个集成电路可以置于这样的位置，使得有源表面位于该至少一个微流体通道邻近。在这种安排下，冷却流体的微滴可以直接送至集成电路有源表面上以有效地从上面移去热量。同时，用这种倒装芯片接合，多个底垫，如象焊料球，可以把该至少一个集成电路以间隔分开的关系连接到基座上，以使冷却流体也邻近底垫流动并流进空腔。热量也可以从焊料球移走，而冷却效率被进一步增强。

该封装可以包含低温共烧陶瓷(LTCC)材料。这种材料就其粗糙性，在其内形成凹处和通道的能力提供了优点。

本发明的另一个方面涉及在一个封装内冷却至少一个集成电路的方法，该封装也包括一个微流体冷却器。该微流体冷却器可以也包括一种冷却流体。该方法最好包括控制该微流体冷却器使得冷却流体提供蒸发冷却。该控制可以也包括检测该至少一个集成电路的功率消耗，并对其响应以控制微流体冷却器。作为替代方法，控制也可以包含检测该至少一个集成电路的温度，并对其响应，以控制微流体冷却器。

附图的简要叙述

图1是按照本发明电子学器件的一张透视图。

图2是图1所示的电子学器件的一张示意性截面图，为了清楚起见，已把热沉(heat sink)移动。

图3是图1所示的电子学器件的一张透射透视图，为了清楚起见，已把热沉移去。

图4是图1所示的电子学器件的一张透射顶视平面图。

图5是一张图表以说明本发明的蒸发冷却效率与各种对流冷却方法的比较。

图6是以堆叠方式安装的多个图1所示的电子学器件的一张透视图。

优选实施方案的详细叙述

下面将参照附图，在图中给出了本发明的优选实施方案，来更加充

分地叙述本发明。然而本发明可以赋予许多不同形式，因而不能解释为只限于在此处给出的实施方案。提供这些实施方案是为了使得本发明内容周到如完整，并向本领域的技术人员充分表达本发明的范围。全文中用相同的数字表示相同的元件。

先参照图 1 到 5，现在开始先叙述按照本发明的电子学器件 20，该电子学器件 20 包括一个封装 21，它环绕着一集成电路 22。该封装 21 包括一基座 21a 和一个和基座连接的盖 21b。封装 21 可以包含例如低温共烧陶瓷 (LTCC) 材料。这种材料就其粗糙度具有优点，具有在其内形成凹口和小的稳定通道的能力，以及就其中提供电通道的能力。当然，也可以用其他类似材料。另外，在其他实施方案中，封装 21 可以承载二个或更多个集成电路 22，这对于本领域的技术人员是易于理解的。

该电子学器件也包括了在封装 21 内的一个微流体冷却器 25 以及一个控制器 (这在图 2 中方框 30 示意地画出) 以控制微流体冷却器使得冷却流体提供蒸发冷却，这在下面将详细描述。蒸发冷却可基于微滴撞击以提供更高的移去热量的能力，这对于本领域的技术人员是易于理解的，这将在下面更详细的解释。控制器 30 可以用在集成电路 22 上的电路来提供，也可以是在封装 21 内的一个单独电路。在某些其他实施方案中，控制器 30 也可以在封装 21 的外部提供。在另外一些实施方案中，控制器 30 可以一部份在封装 21 内，一部分在封装外。

该电子学器件 20 可以包括一个功率消耗传感器，这在图 2 中以方框 31 示意地画出。这样一个传感器通常来检测流过集成电路 22 的一根或多根电源引线的电流。相应地，作为对功率消耗传感器的响应，控制器 30 可以控制微流体冷却器 25。作为一种替代方法，可以把一个温度传感器 (图 2 中用虚线方框 32 示意地画出) 连接到集成电路 32，而作为对检测到的温度的响应，控制器 30 可以控制微流体冷却器 25。当然，在其他实施方案中，可以把这些传感器 31、32 联合使用。

该微流体冷却可以包括至少一个微滴产生器以产生冷却流体的微滴并把流滴撞击到集成电路上。更具体地讲，该至少一个微滴产生器包括至少一个微机电 (MEMS) 泵。在画出的实施方案中，在基座 21 中一个

泵腔体 36 内有一系列 MEMS 泵 35。这些 MEMS 泵 35，在它们的入口处，连接到微流体通道或沟槽 37。

如本领域的技术人员所理解的那样，在这里所用的 MEMS 泵 35 这个术语是指任何一种 MEMS 型的装置，它能引起冷却流体的流动。应该了解到一个典型的 MEMS 泵可以包括一个 MEMS 激励器和一个或多个与之相关的阀门以控制流体流动。

该电子学器件 20 还可以包括至少一个由封装 21 所承载的热交换器，它和微流体冷却器 25 流体相连。在一类特别有利的实施方案中，如所画出的电子学器件 20 所示，该封装 21 可以具有一个平行六面体的形状，有一对第一对相对的主表面 24a, 24b, (参阅图 2) 一对第二对相对的侧表面 24c, 24d (参阅图 2 和图 3) 和一对第三对相对的端表面 24e, 24f (参阅图 3)。

在该电子学器件 20 所画出的实施方案中，该至少一个热交换器包含一对热交换器 40a, 40b，其中每一个被耦合到第二对相对侧表面 24c, 24d 的对应的表面。如在图 4 中或许最好地显示那样，每一个热交换器 40、41 又包括一个对应的体部分 42、43。每一个体部分 42、43 在其内又包括许多微流体通道 44、45。另外，每一个体部分 42、43 也带有一组对应的冷却叶片 46、47。

在另外一个实施方案中，热交换器 40、41 可以包括附加的流体通道（图中未画出）以提供流体到流体的热交换，而不是用在画出的实施方案中所示的流体到空气的热交换。

该封装 21，如在图中最好地显示那样，可以带有电连接器 29，它位于第一对相对的主表面和第三对相对的端表面的至少一对表面上。如图中器件 20 所示，连接器 29 可以在两对表面上都有。在其他的实施方案中，可以有边缘连接器以连接到例如一个脊状电缆，这对于本领域技术人员是了解的。

封装 21 的基座和盖 21a, 21b 可以配置得形成一个空腔以安置集成电路 22。该微流体冷却器 25 也示意性地包括一系列间隔的微流体通道 50，这些通道通过基座 21a 延伸并导向集成电路 22。

如在本领域的技术人员所了解的那样，集成电路 22 可以包括一个有源表面 22a，其内有有源器件。如在画出的实施方案中所示，集成电路 22 用倒装芯片技术安装以使有源表面 22a 邻近微流体通道 50 的出口端。相应地，冷却流体的微滴可以直接送到集成电路 22 的有源表面 22a 上从而有效地移去热量。

按照倒装芯片接合技术，用多个底垫，如象焊料球 52 来安装集成电路 22 并把集成电路电连接到基座 24b 所带的（但图中未画出）对应的电连线上。因而集成电路 22 置于和基座 24b 有间隔分开关系的位置上，以使冷却流体也在焊料球 52 邻近流过并流进围绕集成电路 22 的空腔 28。相应地，从焊料球 52 也可以移去热量，从而集成电路 22 的有源表面 22a 的冷却被进一步加强。因为冷却流体流经空腔 28，因而热量也可以从集成电路 22 的背面移去。

如同本领域的技术人员所能了解的那样，在其他实施方案中，集成电路 22 可以以其底表间连接到基座 24b 上。相应地，冷却流体可以引向底表面来仍然提供有效的冷却，或者用一种喷淋式装置，以把冷却流体引向曝露的有源表面。

现在更具体的转向图 5 中的图表，用控制器 30 来控制微冷却器 25 来提供蒸发冷却的优点现将被更详细的描述。顶上两条图形 60、61 分别给出在用空气和 FLUORINERT 蒸汽进行自由对流冷却时的热转移系数的数值，其单位是 Btu/Hr Ft² F. 从顶部往下接着的三个图形 62、63 和 64 分别给出在用硅油，FLUORINERT 液体和水针对自由对流冷却时的类似数值。FLUORLNERT 材料是从 3M 公司可以购到的热转移材料，这对于本领域的技术人员是了解的。

用空气和 FLUORINERT 蒸汽进行强迫对流冷却由图形 65 和 66 给出。而用硅油，FLUORINERT 液体和水进行强迫对流冷却由图形 70、71 和 72 给出。可以看到，强迫对流冷却比起自由对流冷却提供更大的热转移，而液体则通常优于气体。

图形 73 和 74 分别对应于在其沸点上运作的 FLUORINERT 液体和水的情况。由参照数字 73a 所表示的图形部分是对于流动沸腾伴以过冷

(subcooling) 的情况，而图形部分 73b 是对于微滴撞击蒸发冷却的情况。可以容易的看出，蒸发冷却提供非常有效的冷却，尤其当微冷却器运作在用微滴撞击蒸发冷却这种方式下。

现在再转向图 6，现在将叙述由多个器件 20' 堆叠而成的一个装置。因为每一个电子学组件或器件 20' 的平行六面体的形状，一系列这样的器件可以被堆叠在相互的顶上。另外，在图中的实施方案中，每一个电子学器件 20' 可以包括一个边缘连接器 76。

借助于前面的叙述和附图所给出的教导，在本领域中的技术人员可以想出对本发明的许多修改和其他实施方案。因而应当理解到，本发明不限于这些公布的实施方案，本发明要求其他的修改和实施方案被包括在所附权利要求书的精神和范围内。

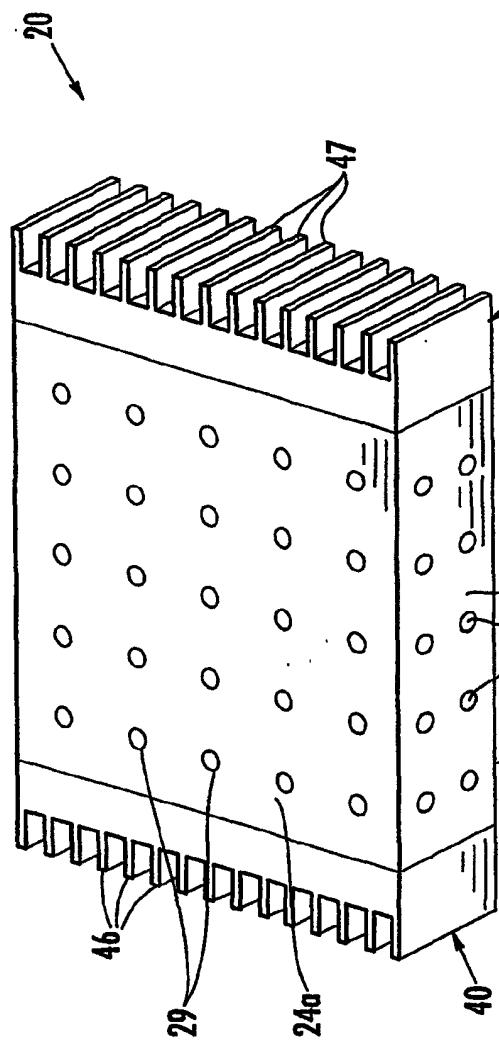


图 1

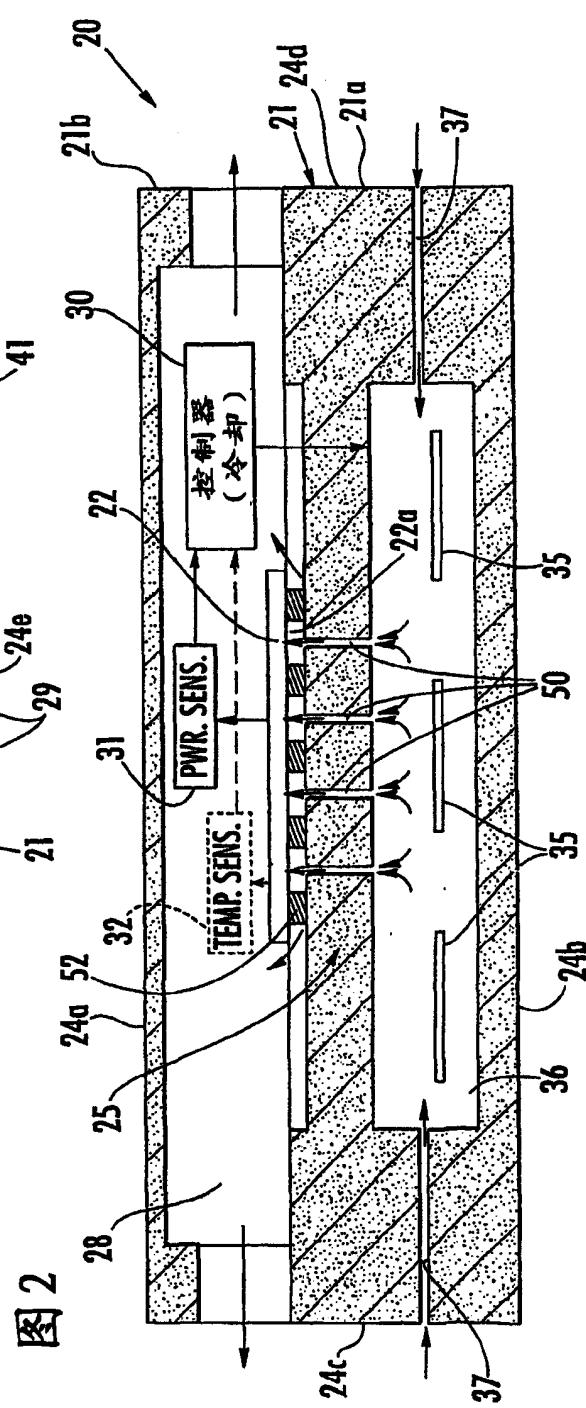


图 2

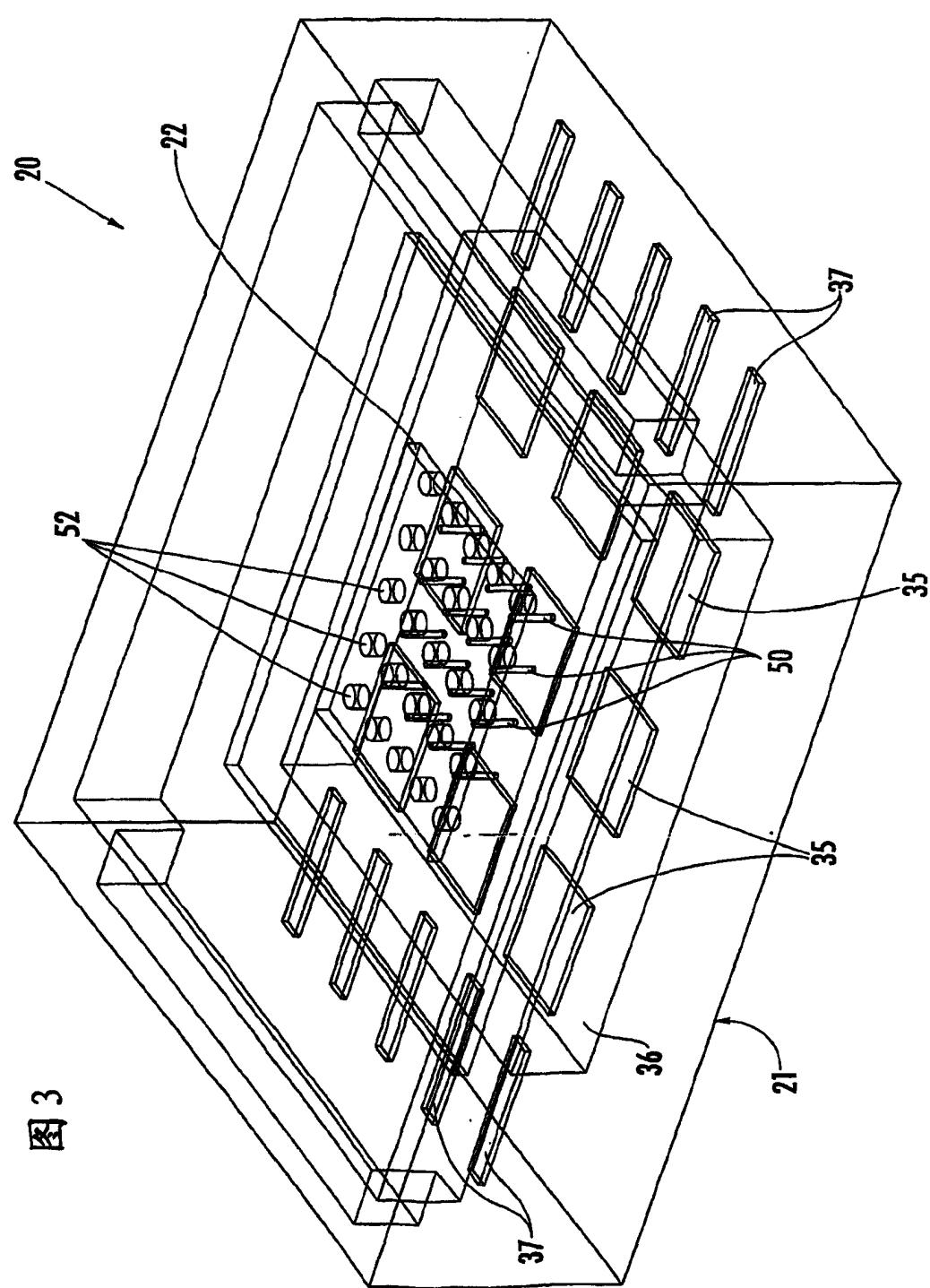


图 4

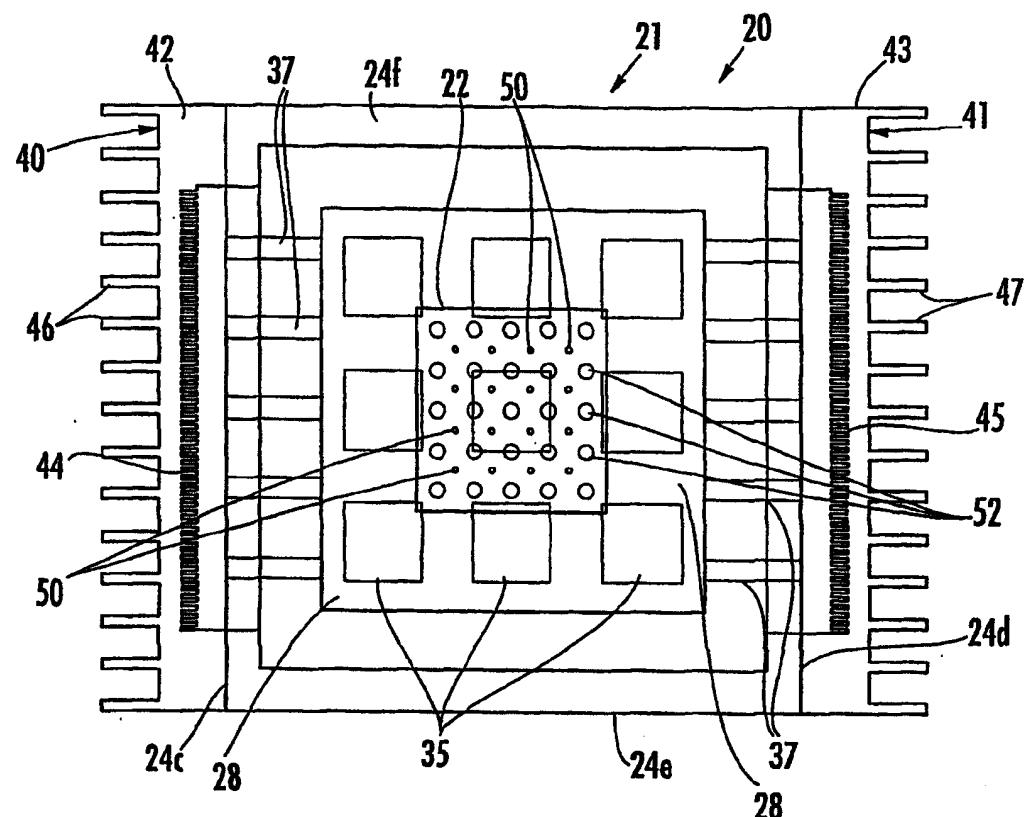


图 5

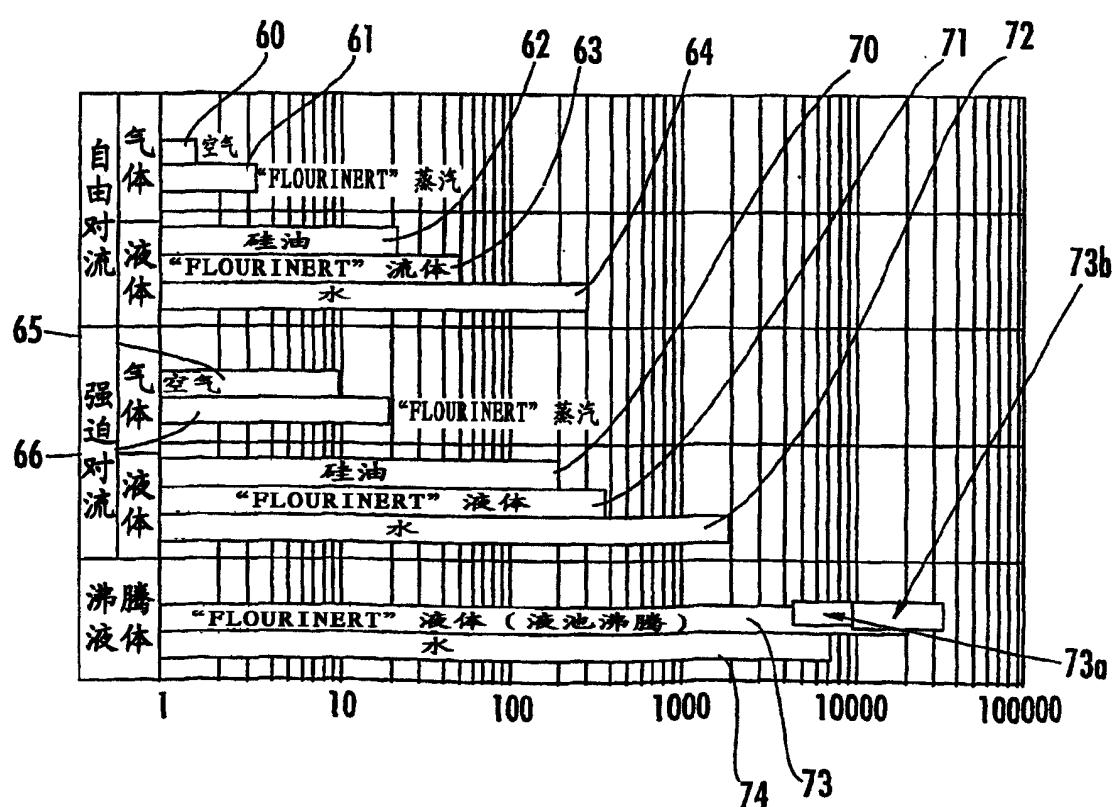


图6

