



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102573385 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201010593104. X

(22) 申请日 2010. 12. 08

(71) 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

(72) 发明人 阮琳 李振国 顾国彪 熊斌
陈彪 董海虹 刘斐辉 张鹏

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 关玲

(51) Int. Cl.

H05K 7/20 (2006. 01)

G06F 1/20 (2006. 01)

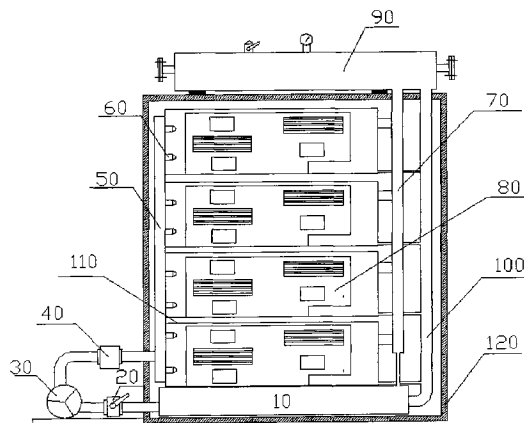
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统

(57) 摘要

一种发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统，其发热装置柜体 (120) 中有多个元件密封箱体 (110)。控制阀 (20) 设置于储液箱 (10) 与循环泵 (30) 之间。过滤器 (40) 置于液体分配器 (50) 的前端；液体分配器 (50) 置于发热装置柜体 (120) 内的任意位置。多个喷嘴 (60) 安装在液体分配器 (50) 上，集气管 (70) 的一端与元件密封箱体 (110) 连接。经喷嘴 (60) 雾化后的蒸发冷却介质与发热单元 (80) 进行热交换后，其液体部分通过回液管 (100) 流回储液箱 (10)，汽化后的蒸发冷却介质通过集气管 (70) 上升到冷凝器 (90)，经过冷凝器 (90) 冷凝变为液体，经回液管 (100) 流回到储液箱 (10)。



1. 一种发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统,其特征在于所述的蒸发冷却循环系统包括储液箱(10)、控制阀(20)、循环泵(30)、过滤器(40)、液体分配器(50)、喷嘴(60)、集气管(70)、冷凝器(90)、回液管(100)、元件密封箱体(110)以及发热装置柜体(120);发热装置柜体(120)中有多个元件密封箱体,元件密封箱体(110)中包含多个发热单元(80),控制阀(20)设置于储液箱(10)与循环泵(30)之间;过滤器(40)设置于液体分配器(50)的前端;液体分配器(50)放置于发热装置柜体内部的任意位置;多个喷嘴(60)安装在液体分配器(50)上;集气管(70)的一端与元件密封箱体(110)连接;集气管(70)布置在发热装置柜体(120)内的任意位置;回液管(100)连接冷凝器(90)与储液箱(10),回液管(100)将冷凝器(90)冷凝后的液体引回储液箱(10);冷凝器(90)放置于发装置柜体(120)的顶部。

2. 按照权利要求1所述的发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统,其特征在于所述的多个喷嘴(60)按照上下不同高度布置。

3. 按照权利要求1或2所述的发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统,其特征在于所述的多个喷嘴(60)通过连接软管延伸到元件密封箱体内部。

4. 按照权利要求1所述的发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统,其特征在于所述的液体分配器(50)为管状,其上开有孔。

5. 按照权利要求1所述的发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统,其特征在于所述的储液箱(10)内放置的蒸发冷却介质是沸点在40-70℃之间的液体。

6. 一种发热装置喷淋式蒸发冷却方法,其特征在于所述的循环泵(30)抽取的蒸发冷却介质通过过滤器(40)进入液体分配器(50),液体分配器(50)将蒸发冷却介质分配至喷嘴(60),经喷嘴(60)雾化的蒸发冷却介质喷淋到发热单元(80),蒸发冷却介质与发热单元进行热交换后,液体部分通过回液管流回储液箱(10)中,吸热汽化后的蒸发冷却介质通过集气管(70)上升到冷凝器(90),经过冷凝器冷凝后的蒸发冷却介质变为液体,通过回液管(100)流回到储液箱(10)。

发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种冷却技术,特别涉及一种喷淋式蒸发冷却技术。

背景技术

[0002] 机电变换、电能变换中的电场、磁场、流场多场耦合条件下的热问题一直是一个复杂的前沿课题,热的计算与传热控制,是制约发电机、电动机以及电力电子装置容量提升和性能提高的一个关键问题。

[0003] 同时,电子设备(包括:超级计算机,变流器,变频器等)的发展趋势是大容量小型化和高功率密度,这种趋势必然导致电子设备的发热越来越严重,高功率密度的电子设备同时也就成为了热问题非常突出的发热装置,没有有效的冷却手段将阻碍其进一步发展。

[0004] 以计算机为例,随着它的发展,芯片的集成度和计算速度不断提高,能耗也不断增加,冷却问题日显突出,芯片的冷却已经成为限制其发展的主要瓶颈问题。计算机发出的热量主要来自 CPU、GPU,内存等元件,例如普通 PC 只有一颗 CPU,服务器通常具有两枚以上的 CPU,超级计算机则具有数百枚甚至上万枚 CPU,功耗数百千瓦,所以冷却成为一个必须面对的问题。

[0005] 当前超级计算机主要是采用传统的空气冷却方式,虽然系统安全可靠,操作简单,维护方便,但冷却效率低。空冷存在的最大问题就是噪音污染和自身功耗问题。风冷散热效果与噪音之间的矛盾越来越难以调和,要提高散热效率必然要求风扇数量的增加或者风扇转速的提高(目前 CPU 风扇的转速通常在 5000rpm 以上),而这样势必造成严重的噪音污染。风冷还是导致 PC 可靠性下降的一个主要原因。风扇的转动带动灰尘随气流进入计算机,沉积在计算机板卡上,如不定期进行清扫和维护,可能造成死机、板卡烧毁等灾难。

[0006] 实际上,在现今的空冷型数据中心里,高达 50% 的平均碳排放量或能耗并非用于计算,而是用于必要的冷却系统,以防止处理器温度过高。如果全面考虑能源效率,这种局面远不够理想。像 IBM 这样的大公司目前正在开展多个前沿研究项目克服这些能源问题。

[0007] 为了满足将来更大运算能力的执行,科研工作者也在研究将水冷系统引入超级计算机内部,进行水冷。水冷具有冷却效率高的特点、但同时存在系统安装复杂以及容易水泄漏等问题,目前并没有普及应用。

[0008] 此外,国内外的芯片制造厂商还探索过热管冷却和半导体制冷技术。

[0009] 综上所述,从计算机芯片的发展及其现有的冷却方法来看:传统的强迫风冷技术目前虽然仍占据普通计算机芯片冷却的主流地位,但随着计算机芯片的发展,这种冷却方式必将被更高效的冷却技术所取代;水循环冷却方法具有高的散热效率与较小的噪音,但强迫循环的水泄漏问题则给计算设备埋下了安全隐患。蒸发冷却技术利用低沸点介质的汽化潜热实现与被冷却对象间的热量交换,其单位质量冷却介质的吸热能力远大于传统的比热换热方式(如空冷、氢冷、水冷和油冷方式),而且蒸发冷却介质具有良好的物理化学稳定性和绝缘性能。

[0010] 中国专利 200910243551.X 提出了一种“超级计算机表贴式蒸发冷却装置”这个装

置采用发热元件与冷却盒紧贴,将热量传导给冷却盒外表面,然后再与冷却盒内的冷却介质进行热交换,该方式存在以下缺点:a.冷却效率有待提高。该方式最终仍然采用介质汽化带走热量,但需要发热元件与冷却盒紧贴,为了保证紧贴度,中间要加导热硅脂,然后通过金属的高导热传递给介质。b.需要对液盒进行高工艺性的成型加工,结构复杂。

[0011] 以往蒸发冷却主要用在功率器件及大型电机上,采用的是浸润等冷却方式,随着冷却介质氟利昂 113 的禁用(环保要求),目前的替代品冷却介质价格昂贵(约 400 元/公斤),如果冷却介质用量多,介质费用是比较高的。

发明内容

[0012] 本发明的目的是克服现有技术的上述缺点,提出了一种发热装置喷淋式蒸发冷却循环系统。本发明在以往浸润式冷却技术优点(冷却效率高、绝缘性好、温度分布均匀等特点)的基础上,提出喷淋式蒸发冷却系统,本发明采用介质少,为原来的 1/8 左右;并由于冷却介质与发热元件直接接触,使得冷却效率进一步提高。

[0013] 本发明采用喷淋式冷却方式。

[0014] 本发明包括循环泵、控制阀、过滤器、喷嘴、冷凝器、储液箱、液体分配器、元件密封箱体、集气管、回液管以及发热装置柜体。储液箱通过控制阀与循环泵相连。发热装置柜体中包含 $N(N \geq 1)$ 个元件密封箱体,元件密封箱体中包含 $N(N \geq 1)$ 个发热单元。集气管的一端与元件密封箱体连接;集气管布置在发热装置柜体内的任意位置。回液管连接冷凝器与储液箱,回液管将冷凝器冷凝后的液体引回储液箱。冷凝器位于放置发热装置柜体发热装置柜体顶部。

[0015] 储液箱放置于发热装置柜体的底部,也可以随循环泵放置于发热装置柜体的外部,本发明储液箱放入发热装置柜体底部,以便充分利用空间。过滤器设置于喷嘴的前端,用于对蒸发冷却介质进行过滤,防止喷嘴的堵塞。多个喷嘴安装在液体分配器上,也可以通过软连接延伸到发热单元内部。液体分配器将循环泵泵出的蒸发冷却介质根据喷嘴的压力、流量要求分配入各个布置在不同高度位置上的喷嘴中,保证喷嘴喷出的液体的雾化程度。喷嘴喷淋出的雾化颗粒直接喷淋到发热单元上。集气管一端与元件密封箱体连接,经过喷嘴雾化后的蒸发冷却介质与发热单元进行热交换后,液体部分通过回液管流回储液箱中,气体则通过集气管上升到冷凝器,经过冷凝器冷凝变为液体,通过回液管流回到储液箱中。回液管将冷凝器冷凝后的液体引回储液箱。

[0016] 本发明采用喷淋冷却的方式实现发热单元的冷却,如 CPU、GPU、内存,IGBT、IGCT 等。其循环原理是:循环泵从储液箱中抽取蒸发冷却介质,并进行过滤,加压后的介质通过雾化喷嘴均匀喷淋到发热单元上,发热单元的热量依靠传导和对流的作用,传递给雾化后的冷却介质,冷却介质吸热汽化,通过汽化潜热将热量带出,汽化后的介质沿集气管管道上升至冷凝器与冷却管道内的二次冷却水完成热量交换,热量通过水带走,介质蒸汽变为液体,向下通过回液管流回到储液箱,如此形成密闭循环系统。

[0017] 本发明采用喷嘴来进行介质的雾化,喷嘴的入口端需要提供一个高压,通过喷嘴后介质变为雾状颗粒,直接喷淋到发热单元上。为了保证喷嘴的畅通,在喷嘴前端设有过滤器,过滤器的过滤直径要小于喷嘴口径。

[0018] 喷淋式蒸发冷却循环系统的冷却效果除了与介质本身物性有关之外,还与喷嘴距

离发热体位置、喷射角度、雾化颗粒尺寸、流量、过冷度等等因素都有关系。所以为了达到所需要的冷却效果,这些因素都是可以调节控制的。首先,喷嘴的位置与角度可以通过必要的机械传动装置及其自动控制系统实现调节;而喷嘴的雾化颗粒大小主要通过不同的喷嘴类型和不同的喷嘴压力之间的相互配合来实现调节。

[0019] 本发明所用的蒸发冷却介质是满足环保要求的绝缘介质,其沸点在 40-70℃之间,包括 F1a、VXF4310、AE3000 等。

[0020] 本发明具有明显的优点:冷却介质用量少、冷却效率高、结构简单、噪音小、可靠性高,而且不对发热元件的布置有所限制。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明具体实施方式(以超级计算机为例):喷淋式蒸发冷却循环系统结构示意图,图中:10 储液箱、20 控制阀、30 循环泵、40 过滤器、50 液体分配器、60 喷嘴、70 集气管、90 冷凝器、100 回液管、110 元件密封箱体、120 发热装置柜体;

[0022] 图 2a 和图 2b 是本发明液体分配器图;

[0023] 图 3 是本发明喷淋效果示意图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的描述。

[0025] 本发明的具体实施方法如图 1 所示。本发明包括储液箱 10、控制阀 20、循环泵 30、过滤器 40、液体分配器 50、喷嘴 60、集气管 70、冷凝器 90、回液管 100、元件密封箱体 110 以及发热装置柜体 120。发热装置柜体 120 中包含 N 个元件密封箱体 110, $N \geq 1$; 元件密封箱体 110 中包含 N 个发热单元 80, $N \geq 1$; 控制阀 20 设置于储液箱 10 与循环泵 30 之间,用来调节循环泵流量。过滤器 40 设置于液体分配器 50 的前端,液体分配器 50 放置于发热装置柜体 120 内部的任意位置;多个喷嘴 60 安装在液体分配器 50 上。集气管 70 的一端与元件密封箱体 110 连接,集气管 70 布置在发热装置柜体 120 内的任意位置。回液管 100 连接冷凝器 90 与储液箱 10,回液管 100 将冷凝器 90 冷凝后的液体引回储液箱;冷凝器 90 位于放置发热装置的柜体 120 的顶部。

[0026] 储液箱 10 用来储放蒸发冷却介质的液体,通过控制阀 20 与循环泵 30 相连,从循环泵 30 出来的蒸发冷却介质通过过滤器 40 进入液体分配器 50,高压的蒸发冷却介质在液体分配器 50 中被分配给上下不同高度布置的多个喷嘴 60,多个喷嘴 60 位于元件密封箱体 110 的内部,经过喷嘴 60 的蒸发冷却介质被雾化后直接喷淋到元件密封箱体 110 中的 N ($N \geq 1$) 个发热单元 80 上,吸热后的雾化介质部分汽化进入集气管 70 后,上升至位于顶部的冷凝器 90,通过与冷凝器 90 内的二次冷却水的热量交换,冷凝为液体,通过回液管 100 流回储液箱 10 中。如此形成喷淋式密闭循环系统。本发明中使用介质的量远远小于浸润式蒸发冷却,后者需要将整个装有发热单元的元件密封箱体 110 全部浸满。集气管 70 具有传输气体与液体的功能,集气管 70 将热介质蒸汽集中传输到冷凝器,同时将发热箱体中部分未蒸发的蒸发冷却介质收集流回到底部的储液箱 10。

[0027] 如图 2 所示,液体分配器 50 将蒸发冷却介质均匀分布到不同高度的发热单元,液体分配器的布置可以根据具体结构进行流阻匹配,液体分配器 50 可以为金属管或绝缘管,

形状可以为圆形、方形或不规则形状,同时根据发热单元的位置不同在管上布置一定数量的孔,喷嘴通过两种方式安装在液体分配器 50 的孔上:图 2a 为直接将喷嘴焊接或通过螺丝拧紧的方式固定在液体分配器 50 的孔上,图 2b 为液体分配器 50 的开孔通过软管连接的方式将喷嘴 60 放置于元件密封箱体 110 任意的位置,实现对发热单元不固定距离的喷淋。

[0028] 图 3 是本发明喷嘴与发热单元 80 的喷淋效果图。通过喷嘴 60 雾化后的介质直接喷淋到发热单元 80 上,发热单元 80 的位置、结构不受限制,可以任意布置。

[0029] 本发明采用喷淋式蒸发冷却,具有介质用量少、结构简单,安装方便,冷却效率高和无噪声等优点。本发明适用于对各种发热装置中的发热单元进行冷却,如 CPU、GPU、内存、管理芯片组、二极管、三极管、IGBT、IGCT、晶闸管、可关断晶体管以及电路板等。

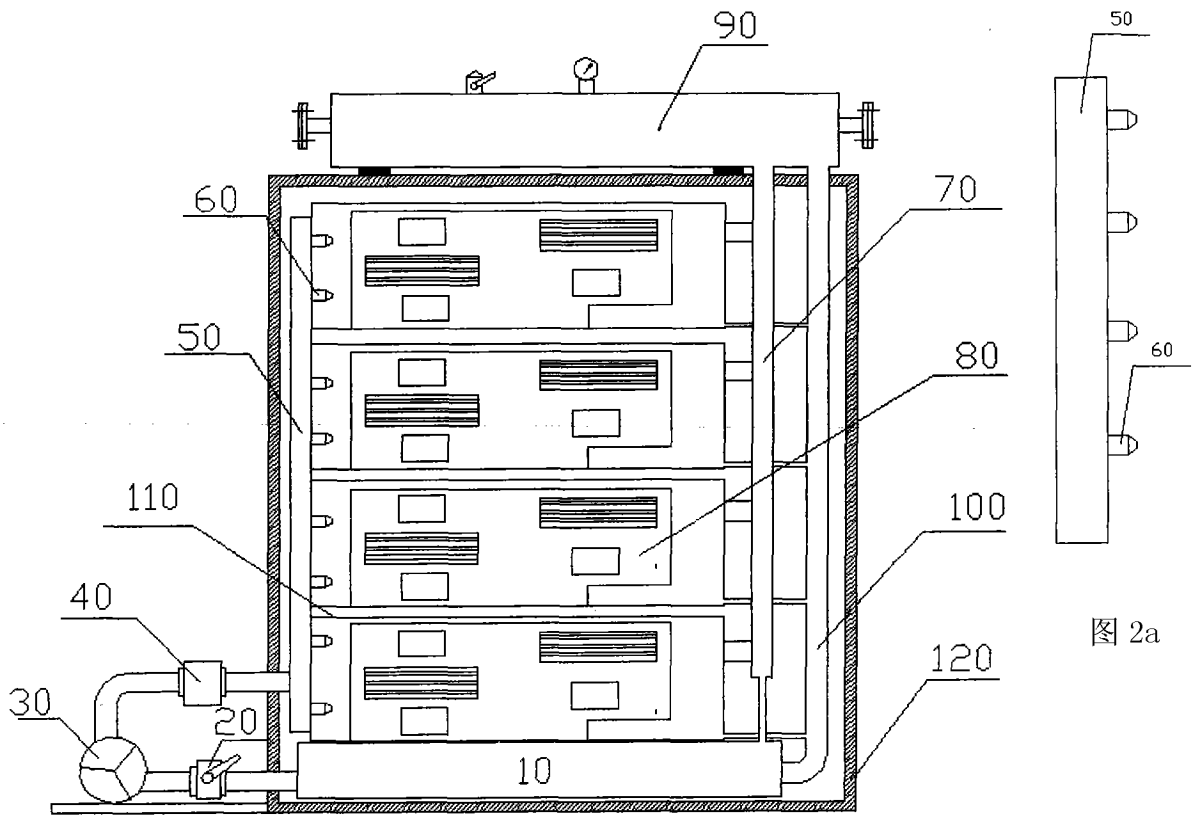


图 1

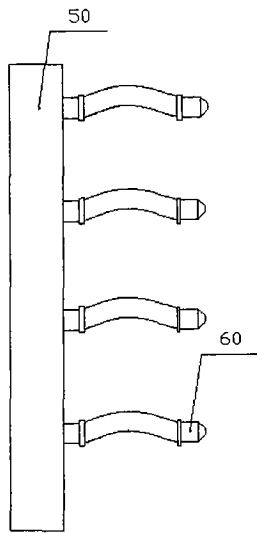


图 2b

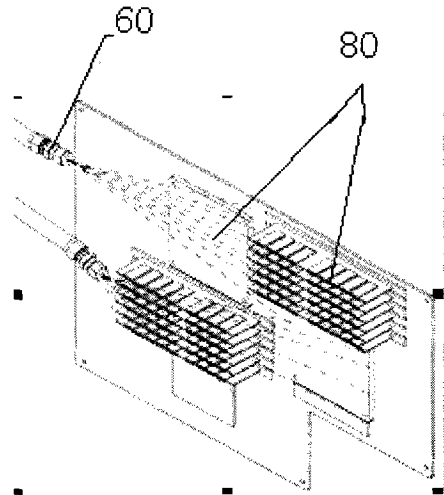


图 3