

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H05K 7/20 (2006.01)

H01L 23/367 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910022072.5

[43] 公开日 2009年9月23日

[11] 公开号 CN 101541159A

[22] 申请日 2009.4.16

[21] 申请号 200910022072.5

[71] 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁路28号

[72] 发明人 魏进家 薛艳芳 方嘉宾 高秀峰

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 惠文轩

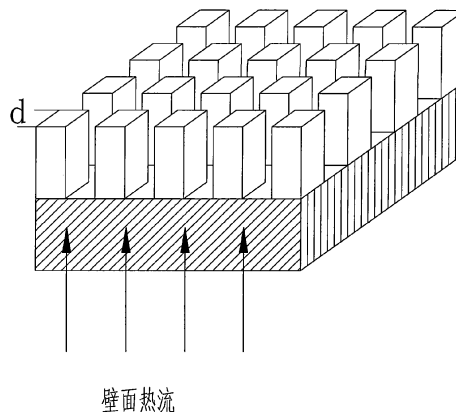
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

[54] 发明名称

一种电子元器件用沸腾换热装置

[57] 摘要

本发明涉及沸腾相变传热研究领域，特别涉及一种电子元器件用沸腾换热装置。它包括：固定在电子元器件表面的散热板，散热板上表面烧结或焊接有金属泡沫层，金属泡沫层上开设有宽度为 $50\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ 方柱型微结构，方柱型微结构的相互间距为 $50\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ 。



1、一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，包括：固定在电子元器件表面的散热板，散热板上表面烧结或焊接有金属泡沫层，金属泡沫层上开设有宽度为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ 方柱型微结构，方柱型微结构的相互间距为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ 。

2、根据权利要求1所述的一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，所述散热板通过绝缘导热硅胶粘接在电子元器件表面。

3、根据权利要求1所述的一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，所述散热板为铜板或铝板。

4、根据权利要求1所述的一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，所述金属泡沫层为铜泡沫层或铝泡沫层。

5、根据权利要求1所述的一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，所述方柱型微结构的开设采用激光打标技术实现。

一种电子元器件用沸腾换热装置

技术领域

本发明涉及沸腾相变传热研究领域，特别涉及一种电子元器件用沸腾换热装置。

背景技术

随着电力电子技术的迅猛发展，电子元器件高频、高速、高集成化的要求越来越高，高温的工作环境势必会影响电子元器件的性能，这就要求对其进行更加高效冷却来满足其要求。因此，有效解决电子元器件的散热问题已成为当前电子元器件和电子设备制造的关键技术。

目前，利用液体对电子芯片进行冷却已引起国内外很多学者的广泛关注，尤其将电子芯片直接浸没在不导电液体中，利用沸腾相变传热的方式对其进行冷却。但是，不导电液体相比水而言，普遍具有较高的壁面润湿特性和较低的沸腾传热系数，表面传热热阻成为电子芯片总传热过程的主要热阻，因此，利用强化表面技术来提高沸腾换热显得尤为重要。

为了强化芯片沸腾换热，发明人曾在芯片表面开平行槽道进行过研究，发现在低热流密度区换热得到了强化，但是在高热流密度区由于槽道之间不连通，易形成汽膜，使得液体难以补充，导致底部出现干斑现象，提早发生临界热流密度；后来又提出在芯片表面利用干腐蚀技术生成方柱微结构进行强化沸腾换热，方柱微结构形成了相互连通的矩形微通道，研究表明，该结构可以大大的提高临界热流密度值，但是，沸腾起始时温度跳跃过度较大和壁面温度过高，其主要原因是产生汽泡的汽化核心数较少所致。

近年来，国内外其他研究者提出了利用多孔介质涂层和泡沫金属结构表面进行芯片的沸腾强化换热，对相关文献进行研究发现这种多孔结构有效地增加了产生气泡的汽化核心数，使得沸腾起始时壁面温度降低和温度过升量减少；同时，利用多孔结构的毛细作用力将主流区的流体吸到受热表面，进行强化沸腾换热。但是，由于多孔结构内部相互交错，在核态沸腾区，多孔结构内部汽泡大量蒸发产生汽膜，这样气体与主流液体形成的逆向阻力较大，导致细小孔隙对液体的毛细作用力不能克服液体流动阻力，最后在加热面上不能及时得到主流液体的补充，使得发热元器件表面在较低的热流下就可能出现蒸干现象，提前从核态沸腾进入膜态沸腾，且在较小临界热流密度时的壁面温度已大于芯片正常工作上限温度 85℃。

早在 1988 年 Jones 等人在文献 Electronic cooling through porous layers with wick boiling[A] . H R JACOBS. Proceedings of the National Heat Transfer Conference: Vo 1 . 1[C] . New York: ASME, 523-532.中对多孔表面用于强化电子冷却装置传热进行了实验，发现多孔表面底部产生的蒸汽层中蒸汽首先进行水平流动，找到较大孔径的孔隙通道时得以向上溢出，由此启发人们，在多孔结构表面开槽道可以减少蒸汽的阻力，使蒸汽走槽道，液体走多孔区，从而气液流动更有序，沸腾传热强度增强，临界热流密度提高，推迟核态沸腾向膜态沸腾的转变。由此，许多研究者对多孔表面开槽方式主要集中在多孔结构表面开设平行槽，还有一些开设大尺度（约 0.5~2mm）十字交叉槽。研究结果显示多孔表面开设平行槽可以使气液流动比较平稳，但是出现的情况与发明人曾在芯片表面直接开平行槽类似，即槽道之间不连通，较易形成汽膜，降低了加热壁面的再润湿能力，使得沸腾滞后效应明显加重，影响沸腾过程的稳定性。多孔表面开设大尺度十字交叉槽，在低热流密度时换热效

果较好，沸腾起始壁面温度较低，而进入高热流密度核态沸腾区域，发热元器件表面换热恶化，热流密度值随着壁面过热度线性增加，同时得到的临界热流密度值偏低，其原因在于高热流密度时，槽道尺寸过大导致毛细作用降低，不利于液体通过槽道顺利供应给加热面。

发明内容

针对现有强化表面技术对高热流密度电子器件冷却存在的不足和缺陷，本发明的目的在于提供一种电子元器件用沸腾换热装置，能够消除芯片在沸腾起始时的温度过升量，降低沸腾起始时的壁面温度，减少温度对芯片造成的热冲击，进一步强化核态沸腾换热，使核态沸腾向膜态沸腾的转变得以延迟，显著提高临界热流密度，降低加热壁面蒸干的几率。

为了达到上述目的，本发明采用以下技术方案予以实现。

一种电子元器件用沸腾换热装置，其特征在于，包括：固定在电子元器件表面的散热板，散热板上表面烧结或焊接有金属泡沫层，金属泡沫层上开设有宽度为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ 方柱型微结构，方柱型微结构的相互间距为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ 。

本发明的进一步改进和特点在于：

所述散热板通过绝缘导热硅胶粘接在电子元器件表面。

所述散热板为铜板或铝板。

所述金属泡沫层为铜泡沫层或铝泡沫层。

所述方柱型微结构的开设采用激光打标技术实现。

本发明是一种高效冷却的双重强化技术，具有突出的优点和显著的功效。

(1) 采用金属泡沫材料形成多孔结构，利用其自身材料具有比重小、孔隙率高、比表面积大的突出特点和金属材料高的热传导率，大大地增加了强

化换热表面积和汽化核心数，使得核态沸腾得到很大程度的改善，相比其他强化换热表面结构，解决了沸腾开始温度过高和温度过升量较大的问题，同时避免了对电子元器件造成的热冲击以及电子元器件启动难的问题。

(2) 传统的多孔介质表面加工结构在高热流核态沸腾区，多孔结构内汽泡大量蒸发，形成汽膜，而多孔结构相互交错，导致细小孔隙结构内液体流动阻力过大而不便于顺利到达加热面，容易在加热电子元器件表面出现干斑现象。而本发明在金属泡沫层表面开设有方柱型微结构，方柱型微结构的宽度 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ ，方柱型微结构的相互间距为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ ，利用微方柱结构之间形成的热毛细对流作用，使得加热面上的新鲜液体能够及时与方便地补充供给，推迟了核态沸腾向膜态沸腾的转变，保证稳定的核态沸腾状态，使电子元器件壁面温度几乎不随热流密度的增加而变化，可显著地提高临界热流密度值。

附图说明

图 1 具有方柱型微结构的金属泡沫示意图

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

参照图 1，本发明的电子元器件用沸腾换热装置，包括：固定在电子元器件表面的散热板，散热板上表面烧结有金属泡沫层，金属泡沫层上开设有宽度 d 为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ 方柱型微结构，方柱型微结构的相互间距为 $50\ \mu\text{m}\sim 200\ \mu\text{m}$ ；其中，金属泡沫层为铜泡沫层或铝泡沫层，散热板为铜板或铝板，散热板通过绝缘导热硅胶粘接在电子元器件表面。

方柱型微结构的开设采用激光打标技术实现。激光打标技术为成熟技术，早在 1997 年李东炜等人在文献《激光打标在航空制造业中的应用前景[J]航空

制造工程)中已提到此技术。本发明方柱型微结构的具体开设方法为:在一块 Al 或 Cu 做成的模板上雕空出尺寸与方柱微结构一致的掩模板,经望远镜扩束的激光照射在掩模板上,光从雕空的部分通过,掩模板上的图形经透镜成像到烧结在散热板上面的金属泡沫层上,然后经激光辐射的金属泡沫层表面被迅速加热汽化或产生化学反应,发生颜色变化,形成可分辨的清晰方柱微结构标记。

本发明中,金属泡沫指开孔泡沫金属,利用熔模铸造法制备得到,当然也可以利用其他方法制备,比如渗流铸造法,喷溅沉积法,烧结溶解法等。金属泡沫层中,孔结构的孔隙率 ε (一定体积的金属泡沫中孔隙所占体积的百分比)可达 80%~97%,孔密度 PPI (每英寸长度上的孔洞数)可达 50~100,它与孔径成反比关系,孔径可以加工到 1~10 微米数量级。

金属泡沫也叫泡沫金属,其冷却成形后,烧结或用焊锡焊接到作为散热板的铜板或铝板上。然后,在金属泡沫层表面用激光打标技术标记出方柱型微结构,由于方柱微结构之间存在毛细现象和流动阻力相互作用,根据力平衡条件推导得到 $P_a - P_2 = \frac{2\delta}{r}$, 其中 P_a 为大气压力, P_2 为汽泡内的压力, δ 为汽液界面上的表面张力, r 为汽泡半径。当 r 减少, P_2 减少,方柱微结构之间的热毛细对流增强,同时汽体流动阻力增加,反之,当 r 增大, P_2 增大,方柱微结构之间的热毛细对流减弱,同时汽体流动阻力减弱,综合实验结果表明,存在最佳的方柱微结构的宽度为 $50 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ 。

金属泡沫层表面开设的方柱型微结构,类似铜板上烧结有四方形多孔介质构成的立柱。通过用绝缘导热硅胶把电子芯片和与铜板烧结在一起的泡沫金属结构整体粘合在一起,由电子芯片发热壁面产生热流,通过铜板导热,利用具有较多汽化核心的金属泡沫作为散热面并在其上开设有一系列方柱型

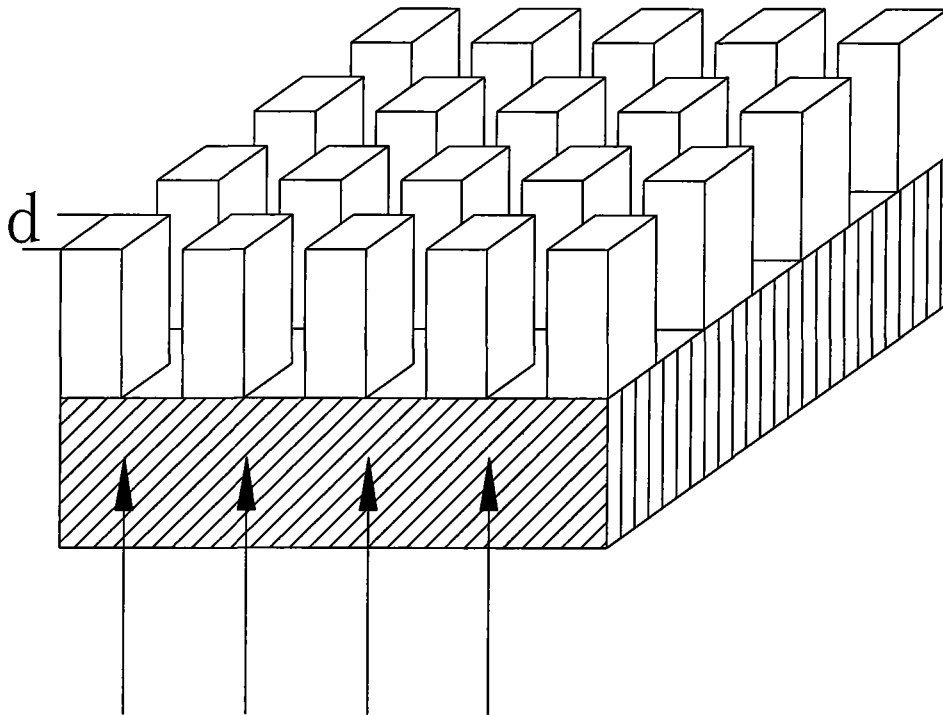
微结构以形成相互连通的矩形微通道，起到提供大量汽化核心和在高热流密度便于新鲜液体向加热面及时供应的双重强化换热，使得电子芯片得到高效冷却效果。

本发明采用上述技术方案，具有突出的优点和显著的功效。

优点之一：利用本发明中电子元器件高效冷却的双重强化技术可以消除现有技术方法在低热流密度区域下出现的核态沸腾起始温度过升量较大的问题，这样就可以消除大温度差对电子芯片造成的热冲击隐患问题，大大地延长大功率电子元器件的使用寿命。

优点之二：与现有电子器件冷却用的强化表面技术相比，本发明中高效冷却的双重强化技术可大大的强化核态沸腾换热，使芯片加热面的热流密度随壁面过热度增加而急剧增加，明显地降低电子芯片的壁面温度，可显著地提高临界热流密度值，大大延迟核态沸腾向膜态沸腾的转变。解决了现有技术中存在的汽化核心数较少而出现的沸腾起始温度较高、槽道不连通而引起的加热壁面出现大面积干斑现象以及金属泡沫表面开有大尺度十字交叉槽道而引起芯片加热面上出现的热流密度随壁面过热度线性增加和所得临界热流密度值较低等问题。

优点之三：利用金属泡沫自身材料具有质量轻、体积小、吸音降噪机械性能好、孔隙率高、比表面积大等突出特点和金属材料导热效率高，使它具有良好换热性能，在各种电子元器件的冷却散热装置中均可以应用，尤其适用于电脑芯片及 CPU 等的高效散热冷却。



壁面热流

图 1