

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101324533 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 20

(21) 申请号 200710118875. 1

CN 1215543 A, 1999. 04. 28, 全文.

(22) 申请日 2007. 06. 13

CN 1264817 A, 2000. 08. 30, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院工程热物理研究所  
地址 100080 北京市海淀区北四环西路 11 号

CN 1609572 A, 2005. 04. 27, 全文.

郑可可, 雷树业等. 无沸腾喷雾冷却中流量和喷头高度对换热性能的影响. 工业加热 5. 2002, (5), 8-11.

(72) 发明人 淮秀兰 陶毓伽 蔡军 王磊

审查员 戴琳

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 周长兴

(51) Int. Cl.

G01N 21/84 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 4110996 A, 1978. 09. 05, 全文.

EP 0001123 A1, 1979. 03. 21, 全文.

US 4912600 A, 1990. 03. 27, 全文.

CN 1155061 A, 1997. 07. 23, 全文.

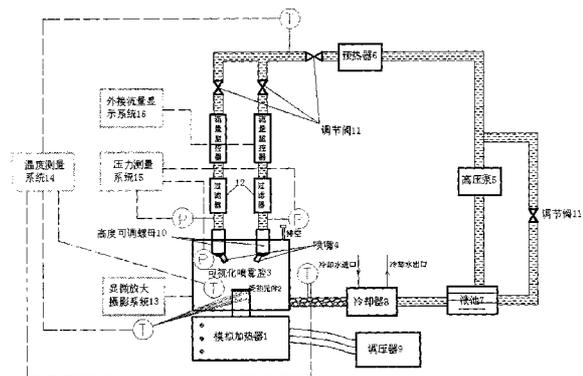
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

多相体系微射流相变能质传递过程观测系统

(57) 摘要

一种多相体系微射流相变能质传递过程可视化观测系统, 包括: 模拟加热器, 连接一受热元件, 对该受热元件进行加热; 喷雾腔, 为一透明箱体, 设置于模拟加热器的上方, 上述受热元件的工作面置于该喷雾腔内部; 喷嘴的喷口置于喷雾腔内, 与受热元件的工作面相对设置; 温度测量传感器置于喷雾腔内部, 测量喷雾腔内部的工作温度; 压力测量传感器置于喷雾腔内部, 测量喷雾腔内部的工作压力; 带有显微放大镜的高速摄像系统置于喷雾腔外部, 观察和拍摄喷雾腔内部的工作状况; 液池用于盛放冷却工质, 该液池通过一高压泵与喷嘴相连接。本发明适用于大功率密度电子元器件热管理的高效微射流相变冷却过程中能质传递可视化观察与瞬态测量。



1. 一种多相体系微射流相变能质传递过程可视化观测系统,其包括:
  - 一模拟加热器,连接一受热元件,用以对该受热元件进行加热;
  - 一喷雾腔,为一透明箱体,设置于模拟加热器的上方,上述受热元件的工作面置于该喷雾腔内部;该箱体的一个面板为开关式,以直接对箱体内部进行观测,并可以对比分析封闭式与半开放式喷雾腔内能质传递现象与过程特性;
  - 至少一喷嘴,其喷口置于喷雾腔内,与受热元件的工作面相对设置;
  - 至少一温度测量传感器,置于喷雾腔内部,用以测量喷雾腔内部的工作温度;
  - 至少一压力测量传感器,置于喷雾腔内部,用以测量喷雾腔内部的工作压力;
  - 一带有显微放大镜的高速摄像系统,置于喷雾腔外部,用以观察和拍摄喷雾腔内部的工作状况;
  - 一液池,盛放冷却工质,该液池通过一高压泵与喷嘴相连接;高压泵将冷却工质送经喷嘴喷射至受热元件工作面上,由温度测量传感器测量微射流相变冷却过程中热表面温度分布、喷雾腔内及其进出口局部温度变化规律,由压力测量传感器测量喷雾腔内及其进口局部压力的变化规律,同时由带有显微放大镜的高速摄像系统观测与拍摄微射流相变冷却过程中能质传递现象与过程特性。
2. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,模拟加热器为电加热器。
3. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔的箱体为玻璃制成。
4. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴的喷口距受热元件上表面的距离为 5-30mm 可调节;喷嘴的喷射角度在 45 度内可调节。
5. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔通过一冷却器连接一液池。
6. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,高压泵与喷嘴之间连接有对冷却工质进行预热的预热器。
7. 如权利要求 6 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴与预热器之间连接有调节阀、冷却工质流量监控器以及过滤器。
8. 如权利要求 6 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,带有显微放大镜的高速摄像系统连接至计算机。
9. 如权利要求 1 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔的外部设有照明光源,在摄像时用于提供照明。
10. 如权利要求 1 或 4 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴上设有高度调节螺母,以调节喷嘴与受热元件工作面间的距离。

## 多相体系微射流相变能质传递过程观测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种多相体系微射流相变能质传递过程可视化观测系统。

### 背景技术

[0002] 多相体系微射流相变冷却是借助高压气体或依赖液体本身的压力通过微型喷嘴将液体工质雾化为微液滴群喷射到热表面,依靠射流冲击、强对流以及液滴相变带走大量热量,因而具有冷却温度均匀和换热系数高的特点,可以满足高热流密度冷却技术的需要,是一种极具发展潜力的高效强热流冷却方式。

[0003] 微射流相变冷却是一种极为复杂的多相热流体系统,过程涉及到传热学与多相流体力学等。由于雾化喷射现象的复杂性、多变性、一定程度上的随机性,以及众多影响因素间的相互耦合,任何一个参数的改变都会引起其它参数的变化等等,使得无论是实验测量还是理论分析都有很大难度,结果存在很大差异,甚至相互矛盾,从而使人们对其微观机理的认识还非常有限,对其中的现象还不能给出合理解释与恰当描述,迫切需要进行系统深入研究。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,以对微射流变冷却及其能质传递过程进行可视化观察与瞬态测量。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供的多相体系微射流相变能质传递过程可视化观测系统,其包括:

[0006] 一模拟加热器,连接一受热元件,用以对该受热元件进行加热;

[0007] 一喷雾腔,为一透明箱体,设置于模拟加热器的上方,上述受热元件的工作面置于该喷雾腔内部;该箱体的一个面板为开关式,以直接对箱体内部进行观测,并可以对比分析封闭式与半开放式喷雾腔内能质传递现象与过程特性;

[0008] 至少一喷嘴,其喷口置于喷雾腔内,与受热元件的工作面相对设置;

[0009] 至少一温度测量传感器,置于喷雾腔内部,用以测量喷雾腔内部的工作温度;

[0010] 至少一压力测量传感器,置于喷雾腔内部,用以测量喷雾腔内部的工作压力;

[0011] 一带有显微放大镜的高速摄像系统,置于喷雾腔外部,用以观察和拍摄喷雾腔内部的工作状况;

[0012] 一液池,盛放冷却工质,该液池通过一高压泵与喷嘴相连接;

[0013] 由上述结构,高压泵将冷却工质送经喷嘴喷射至受热元件工作面上,由温度测量传感器测量微射流相变冷却过程中热表面温度分布、喷雾腔内及其进出口局部温度变化规律,由压力测量传感器测量喷雾腔内及其进口局部压力的变化规律,同时带有显微放大镜的高速摄像系统观测与拍摄微射流相变冷却过程中能质传递现象与过程特性。

[0014] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,模拟加热器为电加热器。

[0015] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔的箱体为玻璃制成。

[0016] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴的喷口距受热元件上表面的距离为 5-30mm 可调节;喷嘴的喷射角度在 45 度内可调节。

[0017] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔通过一冷却器连接一液池。

[0018] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,高压泵与喷嘴之间连接有对冷却工质进行预热的预热器。

[0019] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴与预热器之间连接有调节阀、冷却工质流量监控器以及过滤器。

[0020] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,带有显微放大镜的高速摄像系统连接至计算机。

[0021] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷雾腔的外部设有照明光源,在摄像时用于提供照明。

[0022] 所述的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,其中,喷嘴上设有高度调节螺母,以调节喷嘴与受热元件工作面间的距离。

[0023] 本发明提供的多相体系微射流相变能质传递过程观测系统,适用于大功率密度电子元器件热管理的高效微射流相变冷却过程中能质传递可视化观察与瞬态测量。

#### 附图说明

[0024] 图 1 为本发明微射流相变能质传递过程可视化观察与瞬态测量系统结构示意图。

[0025] 图 2 为本发明系统中平均传热系数随单喷嘴流量变化示意图。

#### 具体实施方式

[0026] 本发明的系统结构如图 1 所示,主要有一模拟加热器 1 以及受该模拟加热器 1 加热的受热元件 2。该受热元件 2 的工作面置于一耐高温高透明度材料(如:玻璃)制成的可视化的喷雾腔 3 的内部,喷雾腔的箱体的一个面板为开关式,以便对喷雾腔内部的微射流相变能质传递过程进行可视化观测,也可以打开该开关式面板用显微放大高速摄像系统直接对内部的微射流相变能质传递过程进行更为详细的可视化观测与拍摄,并可以对比分析封闭式与半开放式喷雾腔内能质传递现象与过程特性。该喷雾腔 3 内部的上方安装有喷嘴 4,该喷嘴 4 的喷口朝向受热元件 2 的工作面,以将冷却工质喷向该工作面上,喷嘴的喷射角度在 45 度范围内可调节。该喷口距离受热元件 2 的工作面保持在 5-30mm 范围内,喷嘴 4 上设有高度可调螺母 10,以用于调节喷嘴 4 与受热元件 2 工作面之间的距离。为了观察和测量其传递过程的变化,在喷雾腔 3 内部安装有温度测量传感器 14 和压力测量传感器 15,其具体数量和位置可视具体要求设置多个。温度传感器 14 和压力传感器 15 分别与记录仪连接,组成温度测量系统和压力测量系统(此为公知技术,不作详细描述)。温度测量系统 14 用于测量分析热表面、喷雾腔内及其进、出口局部温度;压力测量系统 15 用于测量喷嘴入口与喷雾腔内的压力。本发明的喷雾腔 3 的外部安装有显微放大高速摄像系统和照明光源,该摄像系统由显微放大镜、高速摄像机及与其连接的计算机组成,以从喷雾

腔 3 外部进行多角度可视化观测和拍摄。

[0027] 上述内容中,模拟加热器 1 为电加热,功率为 100 ~ 2000W 可调,功率是用调压器 9 进行调整的。受热元件 2 为长 20mm、宽 10mm 的矩形铜表面,通过调节加热器的功率可使受热元件 2 的表面热流密度在 50 ~ 1000W/cm<sup>2</sup> 可调;单个喷嘴的喷射角度在 45° 范围内可任意调节。

[0028] 本发明的系统中,有一盛放冷却工质的液池 7,该液池 7 通过一高压泵 5 与喷嘴 4 相连接,以将液池 7 内的冷却工质由高压泵 5 输送至喷雾腔 3 内部的喷嘴 4,并经喷嘴 4 喷至受热元件 2 的工作面上,以形成供排液系统。该高压泵 5 最高压力为 16 公斤,流量最高可达 80 升 / 小时。

[0029] 冷却工质进入喷嘴 4 之前,还可以经过预热器 6 对冷却工质进行预热,以系统研究冷却工质温度对冷却效果的影响。

[0030] 冷却器 8 连接喷雾腔 3,用于冷却从喷雾腔 3 出来的冷却工质,并再进入液池 7 进行循环。

[0031] 在冷却工质流动的通道中,安装有调节阀 11,用于调节冷却工质的流量,并通过流量测量系统 16 测量冷却工质的流量。

[0032] 为过滤冷却工质中的杂质,喷嘴 4 上安装有过滤器 12。

[0033] 本发明的系统在测量过程中,先使高压泵与喷嘴及供排液系统开始正常运行;然后接通模拟加热器电源,使加热系统开始加热;采用快速瞬态温度测量系统,实时测量与记录微射流相变冷却过程中热表面温度分布、喷雾腔内及其进出口局部温度变化规律,采用压力测量系统测量喷雾腔内及其进口局部压力的变化规律,并采用流量测量系统测量冷却工质的流量;同时采用高倍数显微放大摄影系统详细观测与拍摄微射流相变冷却过程中能质传递现象与过程特性。

[0034] 在测量过程中,分别改变雾化介质种类(纯净水、低沸点有机工质)及其进口温度与压力、体积流量、喷射雾滴直径、喷射角度、喷嘴与热表面间距离及加热面热流密度等参数,系统研究各种因素对雾化喷射冷却传热过程特性与冷却效果的影响规律。

[0035] 请参阅图 2,按照上述方法,图 2 为加热功率为 145W 时测试得到的平均传热系数随单个喷嘴流量的变化。由图 2 可以看出,微射流相变冷却的换热系数很高,且换热系数随流量的增大而增大。

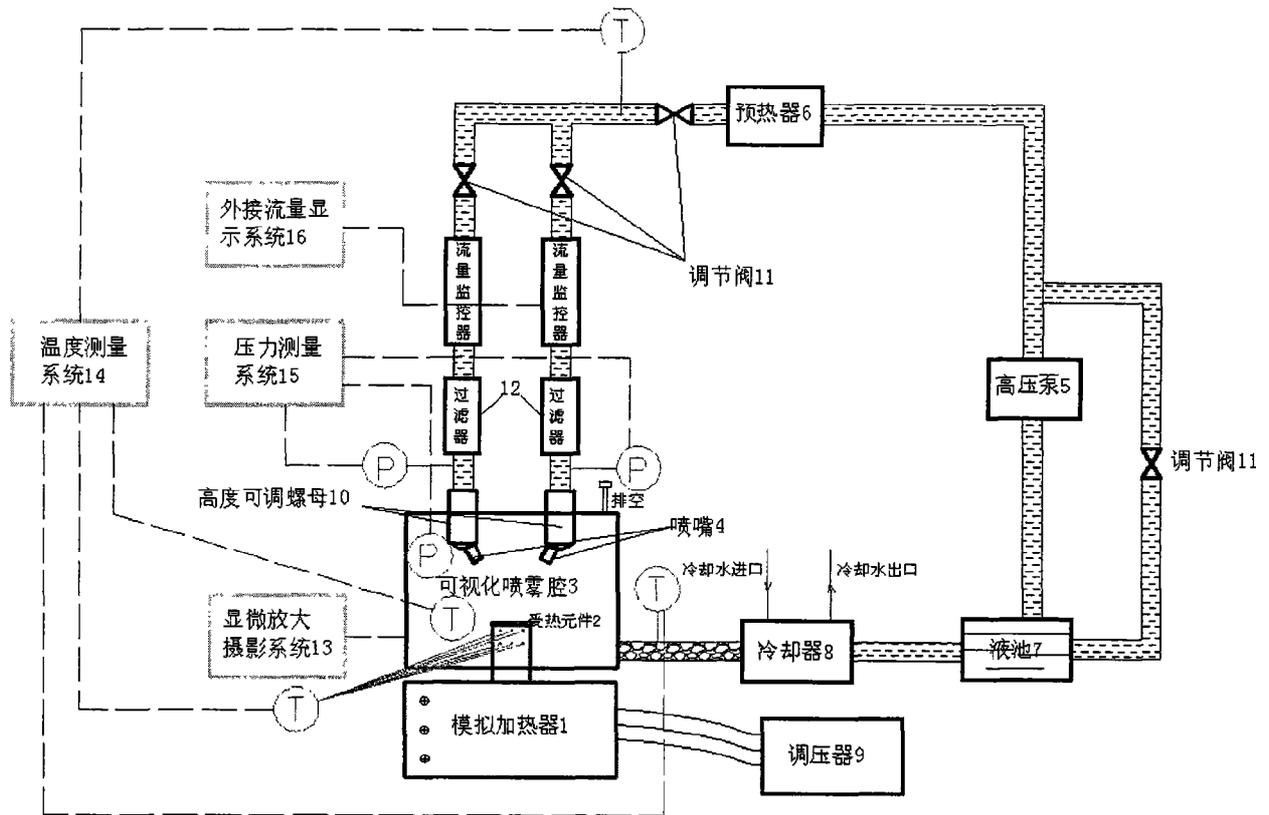


图 1

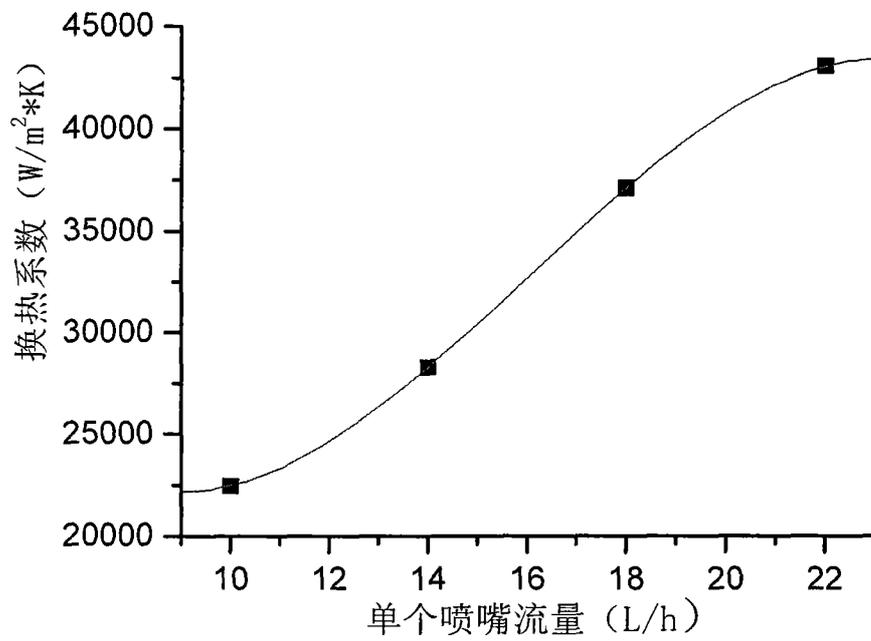


图 2