



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203733777 U

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201420064347. 8

(22) 申请日 2014. 02. 13

(73) 专利权人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 11 号

(72) 发明人 姜玉雁 王涛 唐大伟

(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 曹玲柱

(51) Int. Cl.

H01L 23/473(2006. 01)

H01L 23/373(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

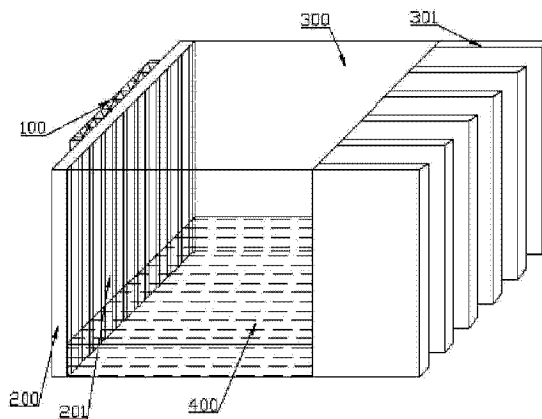
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 实用新型名称

微槽道相变换热装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种微槽道相变换热装置。该微槽道相变换热装置包括：外散热体，呈一端封闭的筒状结构；微槽道吸热部件，由形状记忆合金材料制备，呈板状结构，其镶嵌于外散热器筒状结构未封闭的一端，构成一密闭空腔，该密闭空腔内填充液体工质；其中，微槽道吸热部件朝向密闭空腔内侧的表面具有多条百微米量级的微槽道，相邻两条微槽道之间具有经过训练的微型肋，在预设温度以上时的微槽道的深度大于其在预设温度以下时的微槽道的深度。本实用新型微槽道相变换热装置提高了微槽结构表面的取热能力，减小微槽结构表面的过热度，能够将发热器件的温度控制地更低。



1. 一种微槽道相变换热装置,其特征在于,包括:
外散热体,呈一端封闭的筒状结构;
微槽道吸热部件,由形状记忆合金材料制备,呈板状结构,其镶嵌于所述外散热器筒状结构未封闭的一端,构成一密闭空腔,该密闭空腔内填充液体工质;
其中,所述微槽道吸热部件朝向密闭空腔内侧的表面具有多条百微米量级的微槽道,相邻两条微槽道之间具有经过训练的微型肋,在预设温度以上时的微槽道的深度大于其在预设温度以下时的微槽道的深度。
2. 根据权利要求1所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,与处于预设温度以下时所述微型肋相比,处于预设温度以上时所述微型肋的高度变高,以实现微槽道深度的增加。
3. 根据权利要求1所述的微槽道相变换热装置,其特征在于:
处于预设温度以下时,所述微型肋处于朝向一侧倾倒的状态,倾斜角度 θ 介于 10° ~ 40° 之间;
处于预设温度以上时,所述微型肋处于竖直状态,以实现微槽道深度的增加。
4. 根据权利要求1所述的微槽道相变换热装置,其特征在于:
处于预设温度以下时,所述微型肋的两侧边呈朝向同一侧的圆弧状;
处于预设温度以上时,所述微型肋的侧边变成直线,微型肋的垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加。
5. 根据权利要求1所述的微槽道相变换热装置,其特征在于:
处于预设温度以下时,所述微型肋的两侧边呈朝向内侧的圆弧状,单个微型肋的剖面形状呈“T”字型;
处于预设温度以上时,所述微型肋的侧边变成直线,单个微型肋的剖面形状变为矩形,其垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,所述形状记忆合金材料为以下材料中的一种:镍钛系形状记忆合金、铁系形状记忆合金、铜镍系形状记忆合金、铜铝系形状记忆合金、铜锌系形状记忆合金。
7. 根据权利要求1至5中任一项所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,所述预设温度以上为 50°C ~ 100°C ,所述预设温度以下为 25°C ~ 50°C 。
8. 根据权利要求1至5中任一项所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,所述微槽道吸热部件朝向外侧的表面为光滑表面,发热器件的发热面通过导热硅脂贴合于该光滑表面。
9. 根据权利要求1至5中任一项所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,所述外散热体呈长方体筒状结构、圆筒结构或锥形筒结构,所述外散热体的外表面具有散热肋。
10. 根据权利要求1至5中任一项所述的微槽道相变换热装置,其特征在于,所述液体工质为水、乙醇或氟利昂。

微槽道相变换热装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及电力、电子、光电子器件的热管理技术领域，尤其涉及一种微槽道相变换热装置。

背景技术

[0002] 随着大功率电力、电子及光电子器件集成度的提高，器件的发热热流密度也越来越大，如果不能将这些器件工作过程中所产生的热量及时带走，其性能和寿命将受到很大的影响。以微电子芯片为例，随着芯片集成度的提高，其发热热流密度已经达到了数百瓦每平方厘米的水平，在如此高的热流密度条件下，传统的强制风冷或者单相液冷的冷却方式由于取热能力有限，已经难以满足器件的散热要求；另一方面，单相液冷或者风冷的方式主要是利用工质的显热带走发热器件的热量，器件的温度受环境的影响较大，很难将器件温度维持在一个稳定的温度范围内。

[0003] 为了解决上述技术问题，目前广泛采用的技术是热管、微通道、微槽群等微尺度相变取热技术。这些技术借助于毛细力或者高扬程的泵来驱动液体工质的流动，并在热管、微通道、微槽群等内部微结构内发生高强度的微细尺度相变换热，从而带走发热器件的热量。这些取热方式的取热热流密度能够达到数百瓦每平方厘米的量级，是解决目前及今后一段时间内大功率高热流密度器件散热的有效手段之一。

[0004] 图 1A 为现有技术微槽道相变换热装置微槽道的结构示意图。这些微槽道加工在铜、铝等具有较高导热系数的材料表面，其高度和宽度在百微米量级，利用微槽道能够产生较大毛细力作用的原理吸入液体工质。请参照图 1B，液体工质在微槽内的分布被定义成三部分：固有弯月面区域、蒸发薄液膜区域、吸收层区域。在不同的热流密度条件下，微槽道内会产生蒸发薄液膜区域的高强度蒸发和固有弯月面区域的沸腾相变两种相变机制，而吸收层区域由于受到脱离压力的作用较大，基本不参与相变。这种微结构内的微尺度相变机理与常规尺度条件下的沸腾相变不同，理论上取热热流密度能够达到 $1000\text{W}/\text{cm}^2$ 的数量级，且相同的热流密度条件下，壁面的过热度较小，非常适用于目前电力、电子、光电子器件的热管理要求。

[0005] 然而，现有技术的微槽道主要采用具有较高导热系数的材料制作，如铜或者铝等，加工的结构尺寸是按照预先设定的热负荷、使用环境等因素进行设计，一旦设计完成，取热器的表面结构就是确定的尺寸和形状，工质只能在确定的微槽道内流动和相变，在液膜蒸发起主导作用的低热流密度条件下，微槽道内液膜较厚的固有弯月面区域会产生较大的热阻，造成发热器件的表面温度升高，而在沸腾相变起主导作用的高热流密度条件下，液膜较厚的固有弯月面区域的沸腾相变起主导作用，微槽道内薄液膜区域很容易发生干涸，造成受热区域的部分蒸干，导致取热器的取热能力下降，发热器件的温度升高。

实用新型内容

[0006] （一）要解决的技术问题

[0007] 鉴于上述技术问题,本实用新型提供了一种微槽道相变换热装置,以解决现有技术微槽道相变换热装置中微槽道结构尺寸一旦确定,液膜厚度不能随热流密度变化而变化,不能适应发热器件热流密度变化的技术问题。

[0008] (二) 技术方案

[0009] 根据本实用新型的一个方面,提供了一种微槽道相变换热装置。该微槽道相变换热装置包括:外散热体,呈一端封闭的筒状结构;微槽道吸热部件,由形状记忆合金材料制备,呈板状结构,其镶嵌于外散热器筒状结构未封闭的一端,构成一密闭空腔,该密闭空腔内填充液体工质;其中,微槽道吸热部件朝向密闭空腔内侧的表面具有多条百微米量级的微槽道,相邻两条微槽道之间具有经过训练的微型肋,在预设温度以上时的微槽道的深度大于其在预设温度以下时的微槽道的深度。

[0010] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,与处于预设温度以下时微型肋相比,处于预设温度以上时微型肋的高度变高,以实现微槽道深度的增加。

[0011] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,处于预设温度以下时,微型肋处于朝向一侧倾倒的状态,倾斜角度 θ 介于 10° - 40° 之间;处于预设温度以上时,微型肋处于竖直状态,以实现微槽道深度的增加。

[0012] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,处于预设温度以下时,微型肋的两侧边呈朝向同一侧的圆弧状;处于预设温度以上时,微型肋的侧边变成直线,微型肋的垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加。

[0013] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,处于预设温度以下时,微型肋的两侧边呈朝向内侧的圆弧状,单个微型肋的剖面形状呈“T”字型;处于预设温度以上时,微型肋的侧边变成直线,单个微型肋的剖面形状变为矩形,其垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加。

[0014] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,形状记忆合金材料为以下材料中的一种:镍钛系形状记忆合金、铁系形状记忆合金、铜镍系形状记忆合金、铜铝系形状记忆合金、铜锌系形状记忆合金。

[0015] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,预设温度以上为 50°C ~ 100°C ,预设温度以下为 25°C ~ 50°C 。

[0016] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,微槽道吸热部件朝向外侧的表面为光滑表面,发热器件的发热面通过导热硅脂贴合于该光滑表面。

[0017] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,外散热体呈长方体筒状结构、圆筒结构或锥形筒结构,外散热体的外表面具有散热肋。

[0018] 优选地,本实用新型微槽道相变换热装置中,液体工质为水、乙醇或氟利昂。

[0019] (三) 有益效果

[0020] 从上述技术方案可以看出,本实用新型微槽道相变换热装置采用形状记忆合金材料代替目前普遍使用的铜或铝等材料,在记忆合金材料的表面加工百微米量级的微槽道,经过对形状记忆合金的训练,使微槽道能够在某一温度下发生形变,使其更利于液体工质的取热,提高了微槽结构表面的取热能力,减小微槽结构表面的过热度,能够将发热器件的温度控制的更低。

附图说明

- [0021] 图 1A 为现有技术微槽道相变换热装置微槽道的结构示意图；
- [0022] 图 1B 为图 1A 所示微槽道相变换热装置微槽道液体工质分布的示意图；
- [0023] 图 2 为根据本实用新型实施例微槽道相变换热装置的结构示意图；
- [0024] 图 3 为图 2 所示微槽道相变换热装置中微槽道部分的放大图；
- [0025] 图 4A 和图 4B 分别为根据本实用新型第二实施例微槽道相变换热装置中微槽道部分在两种状态下的结构示意图；
- [0026] 图 5A 和图 5B 分别为根据本实用新型第三实施例微槽道相变换热装置中微槽道部分在两种状态下的结构示意图；
- [0027] 图 6A 和图 6B 分别为根据本实用新型第四实施例微槽道相变换热装置中微槽道部分在两种状态下的结构示意图；
- [0028] **【主要元件】**
- [0029] 100- 发热器件； 200- 微槽道吸热部件；
- [0030] 201- 微槽道； 300- 密闭空腔；
- [0031] 301- 直肋； 400- 液体工质。

具体实施方式

[0032] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本实用新型进一步详细说明。需要说明的是，在附图或说明书描述中，相似或相同的部分都使用相同的图号。附图中未绘示或描述的实现方式，为所属技术领域普通技术人员所知的形式。另外，虽然本文可提供包含特定值的参数的示范，但应了解，参数无需确切等于相应的值，而是可在可接受的误差容限或设计约束内近似于相应的值。实施例中提到的方向用语，例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等，仅是参考附图的方向。因此，使用的方向用语是用来说明并非用来限制本实用新型的保护范围。

[0033] 本实用新型是根据形状记忆合金加热到一定的温度时，可改变原有形状的记忆效应，设计一种微槽道相变换热装置，实现微槽道的形状或尺寸能够在不同的热流密度条件下发生形变，从而更好地适应工质相变的要求，由此提高大功率高热流密度器件的热管理水平。

[0034] 在本实用新型的一个示例性实施例中，提供了一种微槽道相变换热装置。图 2 为根据本实用新型实施例微槽道相变换热装置的结构示意图。请参照图 2，本实施例微槽道相变换热装置包括：外散热体，呈一端封闭的筒状结构；微槽道吸热部件 200，由形状记忆合金材料制备，呈板状结构，其镶嵌于所述外散热器筒状结构未封闭的一端，从而构成一密闭空腔 300，该密闭空腔 300 内填充液体工质 400；其中，微槽道吸热部件 200 朝向密闭空腔内侧的表面具有多条百微米量级的微槽道 201，该微槽道 201 经过训练，其在预设温度以上时的深度大于其在预设温度以下时的深度。

[0035] 以下分别对本实施例微槽道相变换热装置的各个组成部分进行详细说明。

[0036] 本实施例中，外散热体呈长方体筒状结构，但本实用新型并不以此为限。本实用新型中，该外散热体还可以呈圆筒结构、锥形筒结构等各种形状，只要该筒状结构能够与微槽道吸热部件 200 构成填充液体工质 400 的密闭空腔 300，同样在本实用新型的保护范围之

内。

[0037] 请参照图 2, 外散热体封闭一端的外表面具有直肋 301, 直肋的数量和尺寸由发热器件 100 的热负荷确定。需要说明的是, 直肋 301 还可以分布在外散热体外表面的任何位置, 并且, 除了直肋之外, 还可以是曲肋等其他散热形式, 此处不再赘述。

[0038] 密闭空腔 300 内填充液体工质 400。液体工质的主要作用是携带发热器件的热量, 并将其释放给密闭空腔 300 的外表面直肋 301, 根据此要求, 本实用新型的液体工质一般选用具有较高汽化潜热、对环境无污染、成本较低的物质, 如水、乙醇或氟利昂等。

[0039] 微槽道吸热部件 200 呈板状结构。配合外散热体筒状结构的开口形状, 该微槽道吸热部件 200 呈长方形板状结构。本领域技术人员应当清楚, 微槽道吸热部件 200 的形状由外散热体筒状结构的开口形状确定, 并不以本实施例的长方形板状结构为限。

[0040] 微槽道吸热部件 200 的第一面为光滑表面, 与发热器件 100 贴合。本实用新型中, 发热器件 100 主要是指具有较高发热热流密度和温度控制水平要求的电力、电子、光电子器件, 发热器件 100 的发热面紧贴微槽道吸热部件 200 的背面, 两者之间涂有导热硅脂用于减小接触热阻, 发热器件 100 工作过程中产生的热量通过导热硅脂传递给微槽道吸热部件 200。

[0041] 微槽道吸热部件 200 在整体上采用镍钛形状记忆合金材料制备, 其第二面具有多条百微米量级的微槽道 201。微槽道吸热部件 200 的微槽道 201 经过训练, 在 25-50℃ 的温度范围内处于如图 3 所示的形状, 相邻两条微槽道中间微形肋的高度 H 介于 100 μm -800 μm 之间, 宽度 W 介于 100 μm -1000 μm 之间, 间距 D 介于 100 μm -1000 μm 之间, 当记忆合金处在 50℃~100℃ 的温度范围内时, 微形肋的高度 H 变大到 300℃-1000 μm 之间, 宽度和间距保持不变。

[0042] 本实施例中, 微槽道吸热部件 200 均由镍钛形状记忆合金制备, 但本实用新型并不以此为限, 其他的形状记忆合金材料, 例如: 铁系形状记忆合金、铜镍系形状记忆合金、铜铝系形状记忆合金、铜锌系形状记忆合金等等也可以应用到本实用新型中。需要说明的是, 对于上述形状记忆合金的每一种, 合金中相应组分和含量均为已知的。由于本实用新型只是涉及利用形状记忆合金来加工, 而未涉及形状记忆合金材料的任何改变, 此处不再对各种形状记忆合金材料的成分进行详细说明 (详细请参考 http://baike.baidu.com/link?url=pRw7MEJKRj_qfBY1Y7hp_p_RkEV-TVvBTs_ku3k7KMC-SVmCPck_QWU8EvQ_3E1R9)。形状记忆合金的跃变温度可以根据具体的发热器件的热流密度和温度控制要求进行选择。而跃变温度可以通过合金成分的调整来进行, 其对本领域技术人员而言是公知的, 此处不再详细描述。

[0043] 本实施例中, 将这种形状记忆合金微槽道吸热部件焊接至外散热体长方体筒状结构未封闭的一侧, 形成密闭空腔 300, 排除密闭空腔 300 内的不凝性气体, 添加一定量具有较高汽化潜热的液体工质 400, 使微槽道的一部分浸入到液体工质中。由于这种尺寸的微槽道能够形成较大的毛细力, 能够将液体工质吸入到微槽道中, 并在微槽道内形成液膜厚度较大的固有弯月面区域、液膜厚度较薄的薄液膜区域及吸收层区域。发热器件的热量通过形状记忆合金传递给微槽道内的液体工质, 工质发生相变后变成蒸汽, 蒸汽将携带的发热器件的热量传递给直肋 301 后冷凝回到液池。直肋 301 通过空气自然对流、强制风冷或水冷的方式将发热器件的热量释放给周围的环境。

[0044] 本实施例中,经过对形状记忆合金材质的微槽道的训练,该微槽道 201 呈现以下两种状态:

[0045] (1) 在发热器件的发热热流密度较低时,形状记忆合金微槽道吸热部件处于上述 $25^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 条件下所描述的尺寸,微槽道深度相对较小,在表面张力的作用下,固有弯月面区域的厚度也较小,内表面形成了面积更大的薄液膜蒸发区域,从而更容易将发热体的热量带走,由此带来的热阻减小,因此蒸发薄液膜区域更容易带走发热器件的热量,降低发热器件的工作温度;

[0046] (2) 当热流密度较大时,形状记忆合金微槽道吸热部件处于上述 $50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,在此温度条件下,依靠记忆合金可随温度变形的特性,这时微槽道的深度变大,能够形成更大区域的固有弯月面,这种结构更利于气泡的成核、生长和破裂,满足产生高强度的沸腾蒸发的要求,这时工质主要通过固有弯月面厚液膜区域的剧烈沸腾带走发热器件的热量,而薄液膜高强度蒸发所带走的热量较少,实现高热流密度的取热,带走发热器件的热量。

[0047] 本实施例中,两条微槽道之间微形肋始终是竖直结构,其高度的增加纯粹是竖直结构高度的绝对增加,但本实用新型并不以此为限,该高度的增加还可以通过其他方式来实现。

[0048] 在本实用新型的第二个示例性实施例中,在预设温度以下时,即低热流密度条件下,微型肋处于向一边倾倒的状态,倾斜角度 θ 介于 $10^{\circ} - 40^{\circ}$ 之间,如图 4A 所示;在预设温度以上时,即热流密度较高时,微型肋变成竖直方向,如图 4B 所示,从而微槽道的深度得到增加。

[0049] 在本实用新型的第三个示例性实施例中,在预设温度以下时,即较低热流密度的条件下,每一微型肋的两侧边呈朝向同一侧的圆弧状, R 介于 $100 - 500 \mu\text{m}$ 之间,如图 5A 所示;在预设温度以上时,即热流密度较高时,微型肋的侧边变成直线,微型肋的垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加,如图 5B 所示。

[0050] 在本实用新型的第四个示例性实施例中,在预设温度以下时,即较低热流密度的条件下,每一微型肋的两侧边呈朝向内侧的圆弧状, R 介于 $100 - 500 \mu\text{m}$ 之间,从而微型肋整体的剖面形状上呈“T”字型,如图 6A 所示;在预设温度以上时,即热流密度较高时,微型肋的侧边变成直线,从而微型肋整体的剖面形状变为矩形,微型肋的垂直高度变高,从而微槽道的深度得到增加,如图 6B 所示。

[0051] 至此,已经结合附图对本实施例进行了详细描述。依据以上描述,本领域技术人员应当对本实用新型微槽道相变换热装置有了清楚的认识。

[0052] 此外,上述对各元件和方法的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、形状或方式,本领域普通技术人员可对其进行简单地更改或替换。

[0053] 综上所述,本实用新型微槽道相变换热装置解决了原有取热表面一旦加工完成,形状就固定不变,液膜的厚度不能根据热流密度的数值进行调整的技术缺陷,采用的形状记忆合金材料,实现微槽道的形状或尺寸能够在不同的热流密度条件下发生形变,从而更好地适应工质相变的要求。随着电力电子、光电子器件发热热流密度的提高,该实用新型具有广泛的应用前景。

[0054] 以上所述的具体实施例,对本实用新型的目的、技术方案和有益效果进行了进一

步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本实用新型的具体实施例而已,并不用于限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

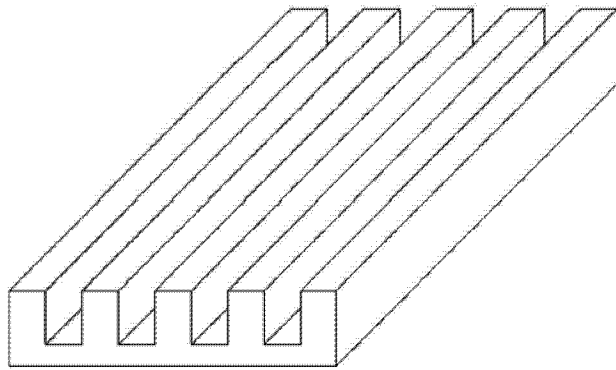


图 1A

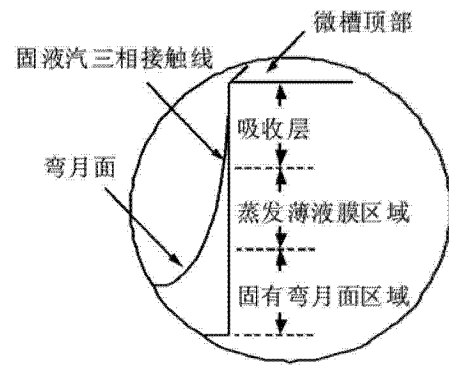


图 1B

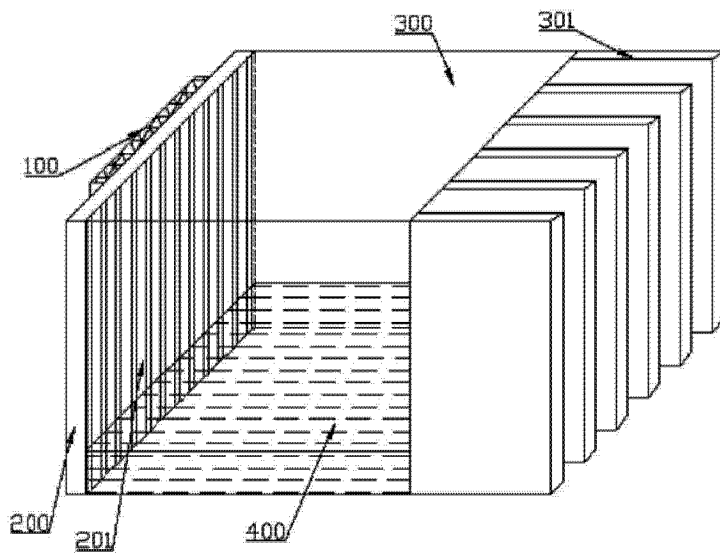


图 2

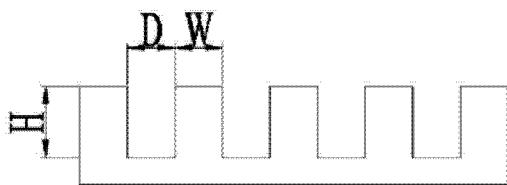


图 3

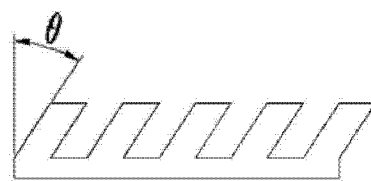


图 4A

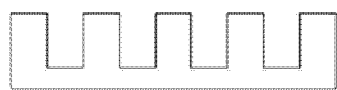


图 4B

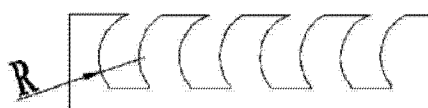


图 5A

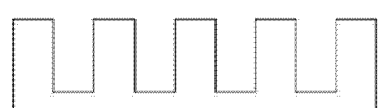


图 5B

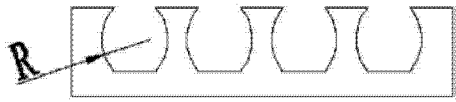


图 6A

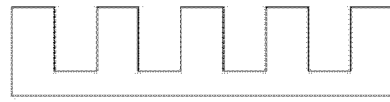


图 6B