



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107000431 B

(45)授权公告日 2019.03.29

(21)申请号 201580062742.X

(22)申请日 2015.11.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107000431 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据  
62/081,712 2014.11.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.05.18

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2015/076112 2015.11.10

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/078957 EN 2016.05.26

(73)专利权人 马姆杰特科技有限公司

地址 爱尔兰都柏林

(72)发明人 安格斯·约翰·诺斯  
克里斯多佛·布索尔·巴顿

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262

代理人 张瑞 郑霞

(51)Int.Cl.  
B41J 2/14(2006.01)  
B41J 2/16(2006.01)

审查员 杨秋娟

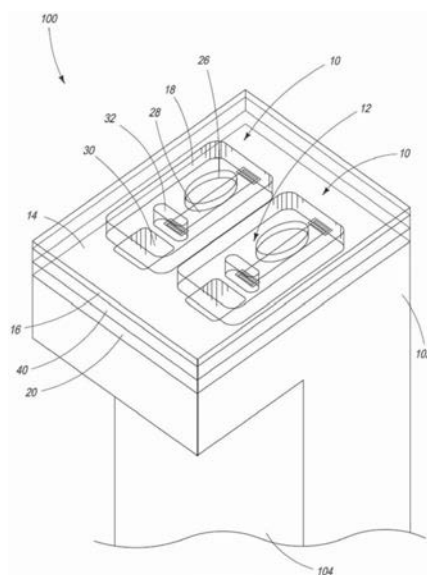
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

### (54)发明名称

具有改进的寿命的喷墨喷嘴装置

### (57)摘要

一种喷墨喷嘴装置包括用于通过喷嘴开口喷射油墨液滴的电阻加热器元件。所述电阻加热器元件包含：具有天然钝化氧化物的铝化物层和布置在所述铝化物层的天然钝化氧化物上的氧化钽层。氧化钽层是相对薄的层，其可以使用原子层沉积来沉积。



1. 一种喷墨喷嘴装置,包括用于通过喷嘴开口喷射油墨液滴的电阻加热器元件,所述电阻加热器元件包含:

具有天然钝化氧化物的铝化物层;以及

直接沉积在所述铝化物层的所述天然钝化氧化物上的氧化钽层,其中所述铝化物层是具有式 $TiAlX$ 的金属间化合物,其中 $X$ 不存在或 $X$ 包含选自由 $Ag$ 、 $Cr$ 、 $Mo$ 、 $Nb$ 、 $Si$ 、 $Ta$ 和 $W$ 组成的组中的一种或多种元素。

2. 如权利要求1所述的喷墨喷嘴装置,其中所述金属间化合物是铝化钛。

3. 如权利要求1所述的喷墨喷嘴装置,其中 $Ti$ 贡献按重量计超过40%, $Al$ 贡献按重量计超过40%并且 $X$ 贡献按重量计小于5%。

4. 如前述权利要求任一项所述的喷墨喷嘴装置,其中所述金属间化合物是 $TiAlNbW$ 。

5. 如权利要求1-3中任一项所述的喷墨喷嘴装置,其中所述氧化钽层通过原子层沉积而沉积。

6. 如权利要求4所述的喷墨喷嘴装置,其中所述氧化钽层通过原子层沉积而沉积。

7. 如权利要求1-3和6中任一项所述的喷墨喷嘴装置,其中所述氧化钽层具有在5至50nm范围内的厚度。

8. 如权利要求4所述的喷墨喷嘴装置,其中所述氧化钽层具有在5至50nm范围内的厚度。

9. 如权利要求5所述的喷墨喷嘴装置,其中所述氧化钽层具有在5至50nm范围内的厚度。

10. 如权利要求1-3、6和8-9中任一项所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。

11. 如权利要求4所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。

12. 如权利要求5所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。

13. 如权利要求7所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。

14. 如权利要求1-3、6、8-9和11-13中任一项所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在布置在所述氧化钽层上的任何附加层。

15. 如权利要求4所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在布置在所述氧化钽层上的任何附加层。

16. 如权利要求5所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在布置在所述氧化钽层上的任何附加层。

17. 如权利要求7所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在布置在所述氧化钽层上的任何附加层。

18. 如权利要求10所述的喷墨喷嘴装置,其中所述电阻加热器元件不存在布置在所述氧化钽层上的任何附加层。

19. 如权利要求1-3、6、8-9、11-13和15-18中任一项所述的喷墨喷嘴装置,包含喷嘴室,所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

20. 如权利要求4所述的喷墨喷嘴装置, 包含喷嘴室, 所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

21. 如权利要求5所述的喷墨喷嘴装置, 包含喷嘴室, 所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

22. 如权利要求7所述的喷墨喷嘴装置, 包含喷嘴室, 所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

23. 如权利要求10所述的喷墨喷嘴装置, 包含喷嘴室, 所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

24. 如权利要求14所述的喷墨喷嘴装置, 包含喷嘴室, 所述喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在所述顶部与所述底板之间延伸的侧壁。

25. 如权利要求19所述的喷墨喷嘴装置, 其中, 将所述电阻加热器元件结合到所述喷嘴室的底板上。

26. 如权利要求20-24中任一项所述的喷墨喷嘴装置, 其中, 将所述电阻加热器元件结合到所述喷嘴室的底板上。

27. 如权利要求25所述的喷墨喷嘴装置, 其中所述喷嘴室和所述电阻加热器元件被配置成允许在液滴喷射期间气泡通过所述喷嘴孔排出。

28. 如权利要求26所述的喷墨喷嘴装置, 其中所述喷嘴室和所述电阻加热器元件被配置成允许在液滴喷射期间气泡通过所述喷嘴孔排出。

29. 一种喷墨印刷头, 包含多个根据前述权利要求任一项所述的喷墨喷嘴装置。

30. 一种从根据权利要求1-28中任一项所述的喷墨喷嘴装置喷射油墨液滴的方法, 所述方法包括以下步骤:

向所述喷墨喷嘴装置供应油墨;

将所述电阻加热器元件加热至足以在所述油墨中形成气泡的温度; 并且

从所述喷墨喷嘴装置的喷嘴孔喷射油墨的液滴。

31. 如权利要求30所述的方法, 其中所述气泡通过所述喷嘴孔排出。

## 具有改进的寿命的喷墨喷嘴装置

### 发明领域

[0001] 本发明涉及用于喷墨印刷头的喷墨喷嘴装置。它主要被开发用于改进印刷头寿命。

### [0002] 发明背景

[0003] 本申请人开发了如在例如W02011/143700、W02011/143699和W02009/089567中描述的一系列Memjet<sup>®</sup>喷墨印刷机,其内容通过引用结合在此。Memjet<sup>®</sup>印刷机采用与进给机构结合的固定的页面宽度印刷头,该进给机构在单程中将印刷介质供给经过印刷头。因此,Memjet<sup>®</sup>印刷机提供比常规扫描喷墨印刷机高得多的印刷速度。

[0004] 为了最小化硅的量,并且因此最小化页面宽度印刷头的成本,每个硅印刷头IC中的喷嘴堆积密度需要很高。典型的Memjet<sup>®</sup>印刷头IC含有6,400个喷嘴装置,这些喷嘴装置在含有11个Memjet<sup>®</sup>印刷头IC的A4印刷头中转变为70,400个喷嘴装置。

[0005] 喷嘴装置的这种高密度造成了热管理问题:每滴喷射的喷射能量必须足够低以在所谓的‘自冷却’模式下操作,即,通过喷射的油墨液滴去除热量,芯片温度平衡到远低于油墨的沸点的稳定状态温度。

[0006] 常规喷墨喷嘴装置包含涂覆有多个较厚保护层的电阻加热器元件。这些保护层是保护加热器元件免受喷墨喷嘴室内的苛刻环境所必需的。典型地,加热器元件涂覆有钝化层(例如二氧化硅)以保护加热器元件免受腐蚀并且涂覆有空化层(例如钽)以保护加热器元件免受在气泡破裂到加热器元件上时经受的机械空化力。US 6,739,619描述了具有钝化层和空化层的常规喷墨喷嘴装置。

[0007] 然而,多个钝化层和空化层与低能‘自冷却’喷墨喷嘴装置不相容。相对厚的保护层吸收太多的能量并且对于有效的自冷却操作要求太高的驱动能量。

[0008] 在某种程度上,可以通过确保装置通过喷嘴孔排出气泡而不是气泡破裂到加热器元件上来减轻对钽空化层的要求。此外,耐久性耐腐蚀材料诸如氮化钛铝(TiAlN)可用作加热器材料。如在US 7,147,306中所描述的(其内容通过引用结合在此),裸露的TiAlN加热器元件可以直接与油墨接触使用,从而提供优异的热效率并且不损失能量到保护层中。TiAlN加热器材料具有形成自钝化的天然氧化铝涂层的能力。氧化物形成在它防止进一步的氧化物形成并且最小化加热器电阻增加的意义上是自限制的。然而,保护性氧化物易受存在于油墨中的其他腐蚀性物质例如羟基离子、染料等的攻击。

[0009] 原子层沉积(ALD)是一种用于将相对薄的保护层沉积在喷墨喷嘴装置中的加热器元件上以便改进印刷头寿命的有吸引力的方法。薄的保护层(例如小于50nm厚)对热效率具有最小的影响,能够实现低喷射能量并且有助于自冷却运行。

[0010] US2004/0070649描述了使用ALD方法将介电钝化层和金属空化层沉积到电阻加热器元件上。

[0011] US 8,025,367描述了一种包含具有钝化氧化物的铝化钛加热器元件的喷墨喷嘴装置。该加热器元件任选地通过常规CVD涂覆有氧化硅、氮化硅或碳化硅的保护层。

[0012] US 8,567,909描述了使用ALD方法将包含氧化铪和氧化钽的交替层的层压堆叠沉积到TiN加热器元件上(如在US 6,739,519中所描述的)。根据US 8,567,909的作者,层压堆叠最小化了所谓的通过薄的保护层针孔缺陷的影响。ALD层中的针孔缺陷潜在地使腐蚀性离子充分渗透到加热器元件。通过采用交替材料的堆叠,层间针孔缺陷的对齐被最小化,并且因此这种类型的层压结构使腐蚀最小化。然而,使用ALD层的层压堆叠的缺点是增加的制造复杂性。

[0013] 希望的是提供具有改进寿命的喷墨喷嘴装置。特别希望的是提供一种自冷却喷墨喷嘴装置,其在装置的寿命期间喷射至少十亿个液滴并具有最小的制造复杂性。

#### [0014] 发明概述

[0015] 在第一方面,提供了一种喷墨喷嘴装置,包括用于通过喷嘴开口喷射油墨液滴的电阻加热器元件,所述电阻加热器元件包含:

[0016] 具有天然钝化氧化物的铝化物层;以及

[0017] 布置在所述铝化物层的所述天然钝化氧化物上的氧化钽层。

[0018] 铝化合物结合了以下有利特征:适用于在喷墨喷嘴装置中形成电阻加热器元件的电阻率、原位形成自钝化天然氧化物表面涂层、以及适合用于在常规MEMS制造方法中通过溅射沉积。

[0019] 如上所述,由于表面氧化物层的低氧扩散,钝化(‘天然’)表面氧化物的形成对于保护铝化物加热器材料免受氧化是特别有利的。然而,天然氧化铝层在侵蚀性水性油墨环境中易受其他腐蚀机制的影响。本发明使用在铝化物加热器材料上布置(沉积)的非常薄的涂层,其密封了该钝化氧化铝层并最小化其对于存在于油墨中的腐蚀性物质的暴露。已经发现,薄涂层的材料的选择对于加热器寿命是至关重要的。例如,关于氧化钛和氧化铝涂层,发现加热器寿命与不具有涂层的装置相当或比它更差。然而,出人意料地,已经显示出通过ALD沉积的氧化钽的单一涂层在保护铝化物电阻加热器元件抵抗氧化和腐蚀上是特别有效的。迄今尚未在现有技术中描述与沉积在其上的薄氧化钽涂层组合的天然氧化铝层的出人意外的稳健性。特别出人意料的是,这种组合大大优于包含沉积的氧化铝和沉积的氧化钽的可比较的涂层。

[0020] 不希望受理论束缚,本发明的诸位发明人理解,当与自钝化铝化合物组合使用时,该涂层有效地提供了与在US 8,567,909中描述的相似的多层层压涂层。第一涂层是具有低氧扩散性的自钝化氧化铝层,并且通过ALD沉积的第二涂层(例如氧化钽)在水性油墨环境中具有优异的耐腐蚀性和优异的整体稳健性。因此,本发明提供如US 8,567,909中描述的多层ALD涂层的优点,而不要求多层沉积方法的复杂性。此外,观察到铝化物的天然氧化物层与ALD沉积的氧化钽之间的独特相容性,这对于其他ALD涂层、甚至包含多层的氧化铪和氧化钽的层压ALD涂层是不明显的。

[0021] 优选地,所述铝化物层是包含铝和一种或多种过渡金属的金属间化合物。过渡金属不受特别限制,并且可以是任何相对电正性的过渡金属,诸如钛、钒、锰、铌、钨、钽、锆、铪等。然而,与现有MEMS制造方法相容的过渡金属(诸如钛和钽)通常是优选的。

[0022] 优选地,铝化物包含在60:40至40:60范围内并且更优选50:50的比率的钛和铝。当铝和钛以大致相等的量存在时,铝化物具有适合用作喷墨加热器元件的电阻率。此外,以大致相等的原子比率,可以容易地实现提供致密微结构的溅射条件。致密的微结构有利地使

扩散路径最小化并且使腐蚀最小化。

[0023] 在一个实施例中,金属间化合物是铝化钛。

[0024] 在另一个实施例中,金属间化合物具有式 $TiAlX$ ,其中X包含选自由Ag、Cr、Mo、Nb、Si、Ta和W组成的组中的一种或多种元素。例如,金属间化合物可以是 $TiAlNbW$ 。除了钛和铝之外,其他相对少量金属的存在有助于改进抗氧化性。

[0025] 典型地,Ti贡献按重量计超过40%,Al贡献按重量计超过40%并且X贡献按重量计小于5%。通常,Ti和Al的相对量是大致相同的。

[0026] 优选地,铝化物加热器元件具有在约0.1至0.5微米的范围内的厚度。

[0027] 优选地,通过原子层沉积(ALD)沉积氧化钽层。然而,应当理解,本发明不受限于任何特定类型的沉积方法,并且本领域技术人员将知道其他沉积方法,例如,反应溅射。

[0028] 优选地,氧化钽层是单层的。

[0029] 优选地,氧化钽涂层具有小于500nm的厚度。优选地,氧化钽涂层具有在5至100nm、或者优选5至50nm、或者优选10至50nm或者优选10至30nm范围内的厚度。使用较薄的涂层(例如小于100nm),加热器元件可以以低的驱动能量操作,并且以最小的热效率折衷实现自冷却操作。此外,较薄的涂层(例如5至50nm)是使用ALD方法容易地可实现的,同时仍提供优异的抗腐蚀特性。

[0030] 优选地,电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。例如,电阻加热器元件优选不存在沉积在氧化钽层上的任何较厚的氧化物或金属层。在上下文中,“较厚”是指具有超过20nm的厚度的附加涂层。在一些情况下,氧化硅或氧化铝的薄层(例如小于10nm)可以作为MEMS制造的人工制品存在于氧化钽层上。然而,这些层对空化具有可忽略的影响,并且不在术语“防磨损或空化层”的范围内。

[0031] 优选地,电阻加热器元件不存在布置在氧化钽层上的任何附加层。

[0032] 优选地,喷墨喷嘴装置包含喷嘴室,喷嘴室具有限定喷嘴孔的顶部、底板、以及在顶部与底板之间延伸的侧壁。

[0033] 优选地,将电阻加热器元件结合到喷嘴室的底板上。然而,本发明不受限于结合的加热器元件,并且在一些实施例中如在例如US 7,264,335(其内容通过引用结合在此)中所描述的可以用于将共形涂层施加到悬挂的加热器元件上。

[0034] 优选地,喷嘴室和电阻加热器元件被配置成允许在液滴喷射期间气泡通过喷嘴孔排出。例如,在2014年11月13日提交的美国申请号14/540,999中描述了用于气泡排出的合适构造,其内容通过引用结合在此。如在美国申请号14/540,999中描述的,喷墨喷嘴装置优选包括:

[0035] 用于容纳油墨的燃烧室,该燃烧室具有底板和限定具有周长的伸长喷嘴孔的顶部;以及

[0036] 结合到燃烧室的底板上的伸长的加热器元件,该加热器元件和喷嘴孔具有对齐的纵向轴线,

[0037] 其中该装置被配置成满足关系A和B:

[0038]  $A = \text{扫掠体积 (swept volume)} / \text{加热器元件面积} = 8 \text{ 至 } 14 \text{ 微米}$

[0039]  $B = \text{燃烧室体积} / \text{扫掠体积} = 2 \text{ 至 } 6$

[0040] 其中扫掠体积被定义为由从喷嘴孔的周长到燃烧室的底板的投影限定的形状的

体积,扫掠体积包括容纳在喷嘴孔内的体积。

[0041] 在US 6,113,221中描述了适用于气泡排出的替代构造。

[0042] 优选地,电阻加热器元件不存在任何防磨损或空化层。配置用于气泡排出的喷墨喷嘴装置避免了用于保护加热器元件抵抗否则将由气泡破裂引起的空化力的附加的涂层。通过经由气泡排出避免额外的涂层,该装置是更加热有效的并且可以以自冷却方式操作。

[0043] 在第二方面,提供一种喷墨印刷头,其包含多个如上描述的喷墨喷嘴装置。印刷头可以是例如具有足以以至少800dpi或至少1200dpi的原始分辨率印刷点的喷嘴密度的页面宽度喷墨印刷头。印刷头可以由横跨页面宽度安排的多个印刷头IC构成。

[0044] 在第三方面,提供了一种从包括电阻加热器元件的喷墨喷嘴装置喷射油墨液滴的方法,所述电阻加热器元件包含具有天然钝化氧化物的铝化物层和布置在所述铝化物层的所述天然钝化氧化物上的氧化钽层,所述方法包括以下步骤:

[0045] 向所述喷墨喷嘴装置供应油墨;

[0046] 将所述电阻加热器元件加热至足以在所述油墨中形成气泡的温度;并且

[0047] 从所述喷墨喷嘴装置的喷嘴孔喷射油墨的液滴。

[0048] 优选地,气泡通过喷嘴孔排出,以避免由于气泡破裂而导致的加热器元件上的空化力。

[0049] 优选地,在失效之前喷射至少十亿个油墨的液滴。在上下文中,给出“失效”是指在给定的喷墨喷嘴装置的样品中,约1.5%的这些装置在十亿次喷射之后不喷射油墨。

[0050] 如结合第一方面所描述的喷墨喷嘴装置的其他方面当然同样适用于在此描述的第二和第三方面。

[0051] 如在此使用的,术语“铝化物”具有其在本领域中的常规含义,即包含铝和至少一种更加电正性元素的金属间化合物。典型地,更加电正性元素是过渡金属。

[0052] 附图简要说明

[0053] 现在将参考附图仅通过举例来描述本发明的实施例,在附图中:

[0054] 图1是具有结合到喷嘴室的底板上的加热器元件的印刷头的零件的剖面透视图;

[0055] 图2是图1中示出的喷墨喷嘴装置之一的平面视图;

[0056] 图3是图1中示出的喷墨喷嘴装置之一的截面侧视图;

[0057] 图4是涂覆的电阻加热器元件的示意性侧视图;并且

[0058] 图5示出了各种加热器元件的寿命。

[0059] 发明详细说明

[0060] 具有结合的加热器元件的喷墨喷嘴装置

[0061] 参考图1至图3,示出了如在2014年6月20日提交的美国申请号14/310,353中所描述的喷墨喷嘴装置10,其内容通过引用结合在此。

[0062] 喷墨喷嘴装置包含具有底板14、顶部16以及在底板与顶部之间延伸的周边壁18的主室12。典型地,底板由覆盖含有印刷头的每个致动器的驱动电路的CMOS层20的钝化层限定。图1示出了CMOS层20,其可以包含穿插有层间介电(ILD)层的多个金属层。

[0063] 在图1中,顶部16作为透明层示出,以便显露出每个喷嘴装置10的细节。典型地,顶部16由材料诸如二氧化硅或氮化硅构成。

[0064] 现在参考图2,喷嘴装置10的主室12包含燃烧室22和预燃室24。燃烧室22包含限定

在顶部16中的喷嘴孔26和呈结合到底板14上的电阻加热器元件28形式的致动器。预燃室24包含限定在底板14中的主室入口30(“底板入口30”)。

[0065] 主室入口30与预燃室24的端壁18B相遇并且部分重叠。这种安排优化了预燃室24的毛细管现象,从而支持加注并且优化室再填充率。

[0066] 挡板壁或隔板32隔开主室12以限定燃烧室22和预燃室24。挡板32在底板14与顶部16之间延伸。如在图3最清楚地示出的,挡板32的侧边缘典型地是圆形的,以便最小化顶部开裂的风险。(挡板32中的尖锐的角部倾向于将应力集中在顶部16和底板14中,从而增加开裂的风险)。

[0067] 喷嘴装置10具有沿着主室12的标称y轴延伸的对称面。对称面由图2中的虚线S表示,并且将喷嘴孔26、加热器元件28、挡板32和主室入口30平分。

[0068] 预燃室24经由一对燃烧室入口34与燃烧室22在流体上连通,这些燃烧室入口位于在其任一侧的挡板32的侧面。每个燃烧室入口34由在挡板32的相应侧边缘与周边壁18之间延伸的间隙限定。典型地,挡板32沿着x轴占据主室12的宽度的约一半,但是应当理解,挡板的宽度可以基于燃烧室22的最佳再充填率与最佳对称性之间的平衡变化。

[0069] 喷嘴孔26是伸长的并且采取具有与对称面S对齐的长轴的椭圆形。加热器元件28采取具有与对称面S对齐的中央纵轴的伸长条的形式。因此,加热器元件28和椭圆形喷嘴孔26沿其y轴彼此对齐。

[0070] 如在图2中所示,喷嘴孔26的质心与加热器元件28的质心对齐。然而,应当理解,喷嘴孔26的质心可以相对于加热器元件的纵向轴线(y轴)与加热器元件28的质心稍微偏移。沿着y轴与加热器元件28偏移喷嘴孔26可以用于补偿关于燃烧室22的x轴的小的不对称度。然而,在使用偏移的情况下,偏移的程度典型地将是相对较小的(例如约2微米或更小)。

[0071] 加热器元件28在燃烧室22的端壁18A(由周边壁18的一侧限定)与挡板32之间延伸。加热器元件28可以延伸在端壁18A与挡板32之间的整个距离,或者它可以基本上延伸如图2所示的整个距离(例如,整个距离的90%至99%)。如果加热器元件28没有延伸在端壁18A与挡板32之间的整个距离,则加热器元件28的质心仍然与在端壁18A与挡板32之间的中点重合,以便保持关于燃烧室22的x轴的高对称度。换言之,在端壁18A与加热器元件28的一端之间的间隙等于在挡板32与加热器元件的相反端之间的间隙。

[0072] 将加热器元件28在其每一端连接到通过一个或多个通孔37经过主室12的底板14暴露的相应电极36。典型地,电极36由CMOS层20的上金属层限定。通孔27可以用任何合适的导电材料(例如铜、铝、钨等)填充,以便在加热器元件28与电极36之间提供电连接。在US 8,453,329中描述了一种用于从加热器元件28至电极36形成电极连接的合适方法,其内容通过引用结合在此。

[0073] 在一些实施例中,每个电极36的至少一部分被分别直接定位在端壁18A和挡板32下方。这种安排有利地改进了装置10的整体对称性,并且使得加热器元件28与底板14分层的风险最小化。

[0074] 如在图1中最清楚地示出的,主室12被限定在通过合适的蚀刻过程(例如等离子体蚀刻、湿蚀刻、光蚀刻等)沉积到底板14上的材料40的覆盖层(blanket layer)中。通过该蚀刻过程同时限定挡板32和周边壁18,这简化了整个MEMS制造过程。因此,挡板32和周边壁18由相同的材料构成,其可以是适合于在印刷头中使用的任何合适的可蚀刻陶瓷或聚合物材



料。典型地,该材料是二氧化硅或氮化硅。

[0075] 参考回图2,可以看出主室12通常是具有两个较长的边和两个较短的边的矩形。两个较短的边分别限定了燃烧室22和预燃室24的端壁18A和18B,而两个较长的边限定了燃烧室和预燃室的连续侧壁。典型地,燃烧室22具有比预燃室24更大的体积。

[0076] 印刷头100可以由多个喷墨喷嘴装置10构成。为了清楚起见,图1中的印刷头100的局部剖视图仅示出了两个喷墨喷嘴装置10。印刷头100由具有钝化CMOS层20的硅衬底102和含有喷墨喷嘴装置10的MEMS层限定。如图1中所示的,每个主室入口30与在印刷头100的背面中限定的油墨供应通道104相遇。油墨供应通道104通常比主室入口30宽得多,并且有效地大量供应用于使其流体连通的每个主室12保湿的油墨。每个油墨供应通道104与布置在印刷头100的前侧的一行或多行喷嘴装置10平行地延伸。典型地,根据在US 7,441,865的图21B所示的安排,每个油墨供应通道104向一对喷嘴行(为清楚起见,在图1中示出的仅一行)供应油墨。

[0077] 以上仅仅为了完整起见描述了喷墨喷嘴装置10。然而,应当理解,本发明适用于包含电阻加热器元件的任何类型的喷墨喷嘴装置。本领域技术人员将容易意识到如现有技术中所描述的许多这样的装置。

[0078] 具有涂层的铝化物加热器元件

[0079] 现在参考图4,示出了加热器元件28的侧视图,其包括通过ALD沉积的氧化钽涂层283。加热器元件28可以用于如以上描述的喷墨喷嘴装置10或本领域已知的任何其他合适的热喷墨装置。

[0080] 加热器元件28包含通过常规溅射形成的0.3微米铝化钛层281、在铝化钛层281的表面上的天然氧化铝层282、和覆盖天然氧化铝层282的20nm氧化钽涂层283。值得注意地,天然氧化铝层282和氧化钽涂层283是非常薄的层,其对加热器元件28的热效率具有最小的影响。

[0081] 涂层283可以通过任何合适的ALD方法沉积。合适的ALD方法将是本领域技术人员容易清楚的,并且描述于例如Liu等人,电化学学会杂志(Journal of electrochemical Society),152(3),G213-G219,(2005)和Matero等人,物理杂志(J.Phys.IV France),09(1999),PR8,493-499。

[0082] 涂层283可以在MEMS制造的任何合适阶段沉积。例如,涂层283优选在印刷头集成电路(IC)制造期间作为前端MEMS工艺流程的一部分在铝化物层281沉积之后立即沉积。可替代地,可以将ALD方法用作现有印刷头IC的改装过程,以改进印刷头寿命。

[0083] 实验部分

[0084] 将具有结合的加热器元件的所制造的印刷头IC在DMSO溶剂中进行清洁,用乙醇然后用去离子水洗涤,并且使用过滤的压缩空气进行干燥。每个印刷头IC的所结合的加热器元件由300nm的铝化钛(50%钛;50%铝)构成。在清洁、洗涤和干燥之后,然后将印刷头IC置于标准ALD室中并且用氧等离子体处理10分钟。氧处理后,通过高温(400°C)ALD方法沉积至少一个涂层。使用俄歇电子能谱(AES),评估ALD沉积的涂层下的铝化钛的天然氧化铝层具有约20nm的厚度。

[0085] 在ALD处理之后,将单独的印刷头IC安装在改进的印刷装备中,并且使用适当改进的油墨输送系统用基于标准黑色染料的油墨加注。随驱动能量变化进行印刷品质的启动寿

命测试,以便将致动脉冲宽度设置在另外未改进的印刷机中复制操作的值。每个印刷头IC的驱动能量和装置几何形状被配置成在液滴喷射期间通过喷嘴孔排出气泡。

[0086] 在该构造中,印刷头IC经受以下重复循环:i)所有加热器的电阻测量、ii)印刷品质测试、以及iii)在模拟真实印刷系统中装置的老化的具有一致且均匀的印刷图案的墨孟上的大量致动。用自动擦拭系统维护装置,模仿未改进的印刷机中的维护程序。在印刷品质测试和墨孟老化二者之前进行维护;在墨孟印刷期间定期进行额外的维护,相当于每50页的正常印刷。

[0087] 当单个加热器达到100欧姆的电阻时,它被认为是开路(“坏的”);具有<100欧姆的电阻的任何加热器被认为是“好的”加热器。进一步观察到,寿命期间的印刷品质是可接受的,而大多数所测试的加热器是好的,并且在少量但显著数量的加热器开始失效的拐点处,印刷品质变得不可接受。

[0088] 图5显示了对于不具有ALD涂层、具有20nm的ALD氧化铝涂层、和具有20nm的ALD氧化钽涂层的加热器元件的初始测试结果。从图5可以看出,没有ALD涂层的加热器元件在约4亿次喷射时失效。出人意料地,具有20nm ALD氧化铝涂层的加热器元件比未涂覆的加热器元件更快地(约2亿次喷射)失效。然而,具有20nm ALD氧化钽涂层的加热器元件继续以最少的失效和良好的印刷品质操作高达约17亿次喷射,对于这种类型的印刷头IC观察到的最高喷射数目。

[0089] 表1总结了根据上述印刷头寿命实验方案用基于染料的油墨测试的各种其他ALD涂层的结果。

[0090] 表1.用各种ALD涂层的印刷头寿命测试

[0091]

|        | 一个或多个 ALD 涂层 <sup>a</sup>   | 在失效之前喷射的数目 |
|--------|---|------------|
| 实例 1   | 20 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 17 亿       |
| 对比实例 1 | 无   | 4 亿        |
| 对比实例 2 | 20 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 2 亿        |
| 对比实例 3 | 20 nm TiO <sub>2</sub>  | < 5 百万     |
| 对比实例 4 | 20 nm TiO <sub>2</sub> + 20 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>               | 1.5 亿      |
| 对比实例 4 | (2 nm TiO <sub>2</sub> + 2 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) × 10         | 1.5 亿      |
| 对比实例 5 | 20 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 20 nm HfO <sub>2</sub>               | 4 亿        |
| 对比实例 6 | 20 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 20 nm Ta <sub>3</sub> N <sub>5</sub> | 2.5 亿      |
| 对比实例 7 | 20 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 20 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 2.5 亿      |

[0092] <sup>a</sup>对于多层涂层,首先沉积的层首先在表1中提及。

[0093] 得出结论:20nm氧化钽涂层和铝化钛的天然氧化物协同地起作用,以提供加热器元件的特别有效的层压涂层。对于所测试的其他ALD涂层(诸如氧化钛、氧化铝及其组合)未观察到这种协同作用。此外,即使在氧化钽层与天然氧化物层之间沉积20nm的ALD氧化铝层,则产生较差的寿命(参见对比实例5和7)。

[0094] 不希望受理论束缚,本发明的诸位发明人理解,天然氧化铝层提供低氧扩散性,其通过在油墨中外来的溶解氧的进入使铝化钛的氧化最小化。此外,氧化钽层保护天然氧化物层免受腐蚀性水性油墨环境,并且提供机械稳健性。与天然氧化物层形成对比,似乎ALD

氧化铝层破坏了压在上面的氧化钽层的有效性,使得该组合不太有效。这可能是由于在ALD氧化铝与氧化钽层之间的微结构不相容性,这对于天然氧化物不是明显的。

[0095] 从初始测试清楚的是,当直接沉积到铝化钛的天然氧化物层上时,ALD氧化钽涂层产生了出色的加热器寿命结果。预期通过ALD直接沉积到天然氧化物层上的相似的过渡金属氧化物(例如氧化钨)将产生与氧化钽类似的结果。表2显示了用水性基于染料的油墨和基于颜料的油墨二者的各种氧化钨和氧化钽涂层的结果。

[0096] 表2. 用Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和HfO<sub>2</sub>ALD涂层测试的印刷头寿命

[0097]

|                     | 一个或多个 ALD 涂层 <sup>b</sup>  | 油墨类型 | 喷射数目<br>在失效前 |
|---------------------|--|------|--------------|
| 实例 1                | 20 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 染料   | 17 亿         |
| 对比实例 1              | 无  | 染料   | 4 亿          |
| 对比实例 8              | 20 nm HfO <sub>2</sub>   | 染料   | 3.05 亿       |
| 对比实例 9 <sup>a</sup> | 40 nm 多层:<br>[(6nm HfO <sub>2</sub> + 1 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) × 4] +<br>6nm HfO <sub>2</sub> + 6 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 染料   | 2.3 亿        |
| 实例 2                | 20 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 6 nm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 染料   | 9 亿          |
| 实例 3                | 20 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 颜料   | 12.65 亿      |
| 实例 4                | 40 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 染料   | 11.05 亿      |
| 实例 5                | 40 nm Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 颜料   | 12 亿         |

[0098] <sup>b</sup>对于多层涂层,首先沉积的层首先在表2中提及。

[0099] 出人意料地,当将氧化钨沉积到天然氧化物层上时,加热器寿命仍然比完全不具有ALD涂层更差(对比实例1和8)。甚至更出人意料地,用氧化钨和氧化钽的交替堆叠,加热器寿命仍然比完全不具有ALD涂层显著更差(对比实例1和9)。这些结果表明,ALD涂层的效力可能不是由于一个或多个涂层本身的组成,而实际上与在ALD涂层与其下层之间的界面更紧密地相关。特别地,观察到在氧化钽ALD层与在下面的铝化钛的天然氧化物层之间存在独特的协同作用。相反地,似乎其他ALD层(例如氧化钛、氧化铝、氧化钨)有可能通过铝化物的保护性天然氧化物层的破坏而相对于未涂覆的加热器元件减少加热器寿命。

[0100] 总之,本发明使用直接沉积到铝化物加热器元件的天然氧化物上的ALD氧化钽层提供了优异的加热器寿命。使用单个ALD涂层是有利的,因为它潜在地降低MEMS制造复杂性并且不影响喷墨喷嘴装置的自冷却操作。

[0101] 通过配置用于在液滴喷射期间气泡排出的喷墨喷嘴装置,可以避免在ALD氧化钽层上的一个或多个附加的防磨损和/或空化层,诸如钽金属。在美国申请号14/540,999中描述了用于在液滴喷射期间通过喷嘴孔气泡排出的合适的室构造,其内容通过引用结合在此。以这种方式,涂层的数目和厚度最小化,这提高了热效率,降低了液滴喷射能量,并且使得实现用于页面宽度印刷的自动冷却操作。

[0102] 当然,将了解的是本发明已经仅仅通过举例进行了描述并且在本发明的范围内可以做出细节的修改,本发明的范围在所附的权利要求中限定。

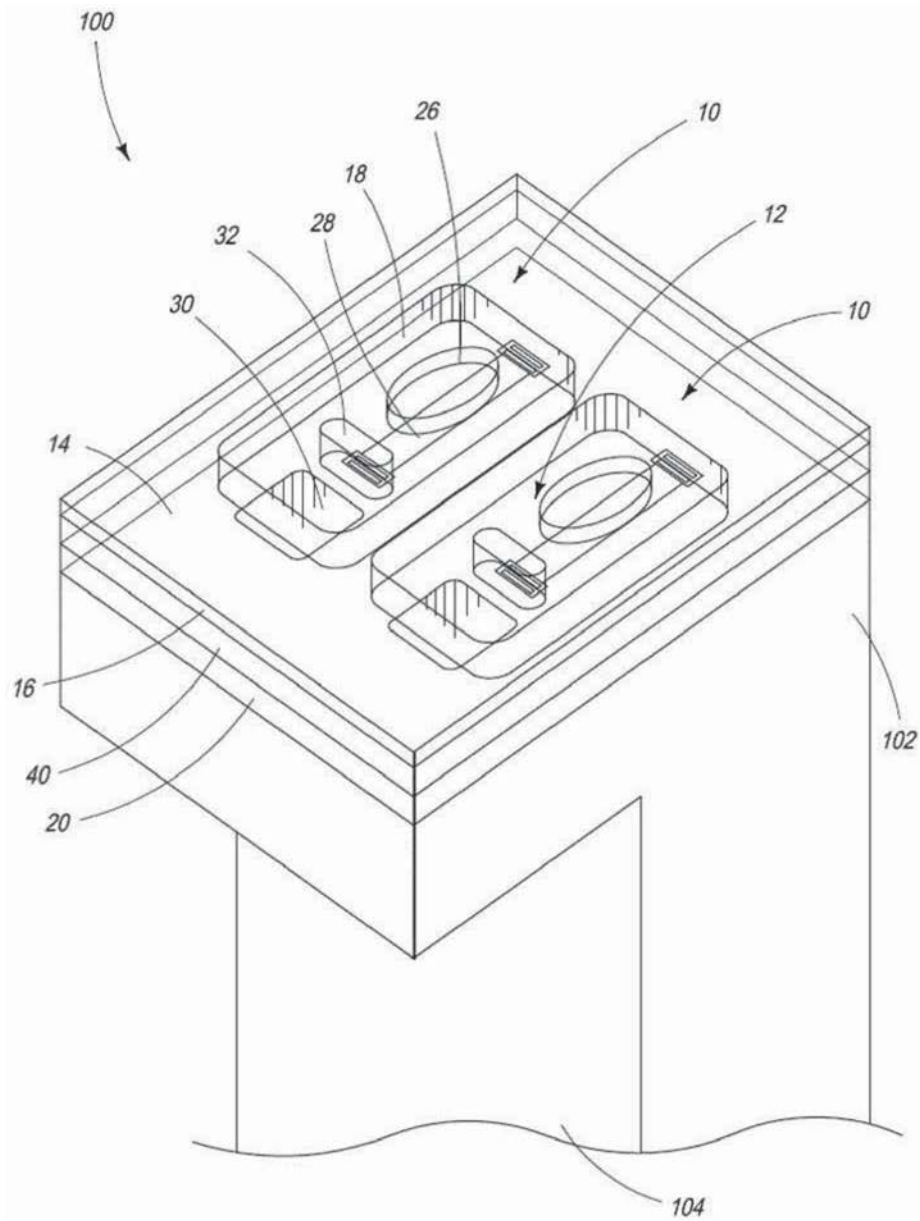


图1

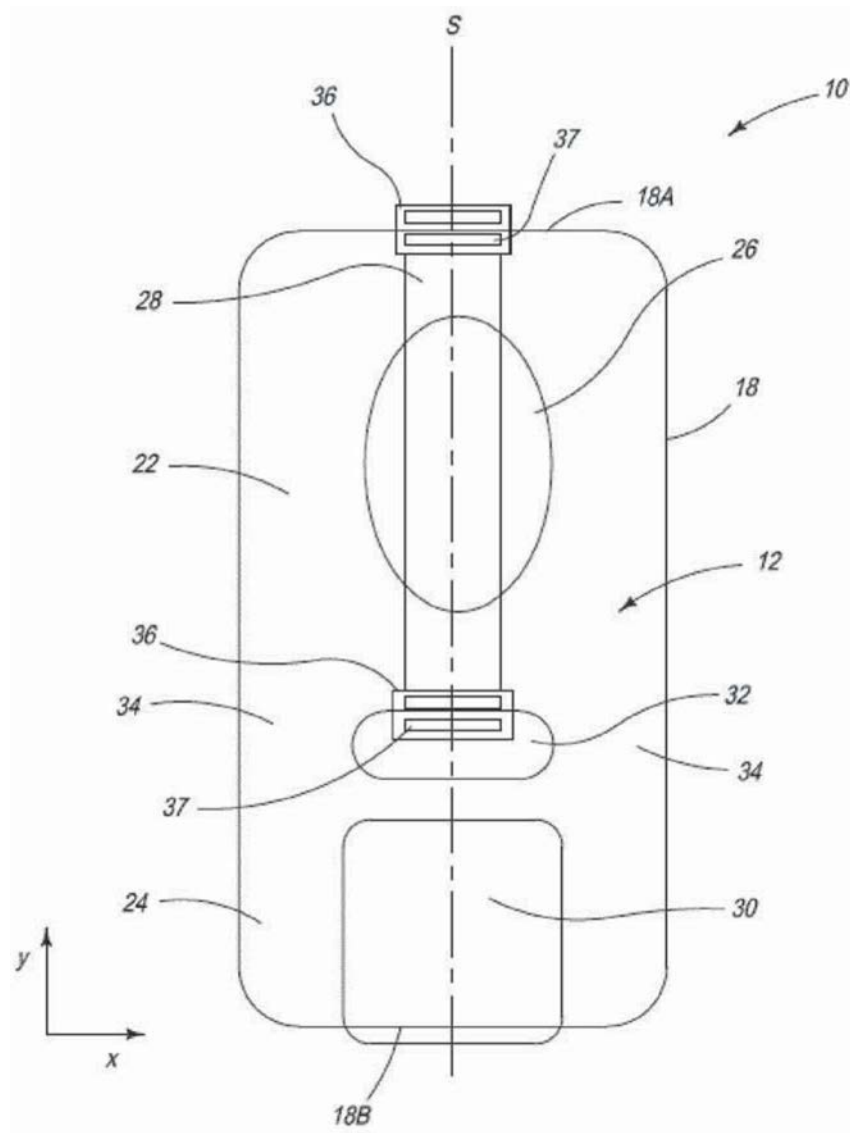


图2

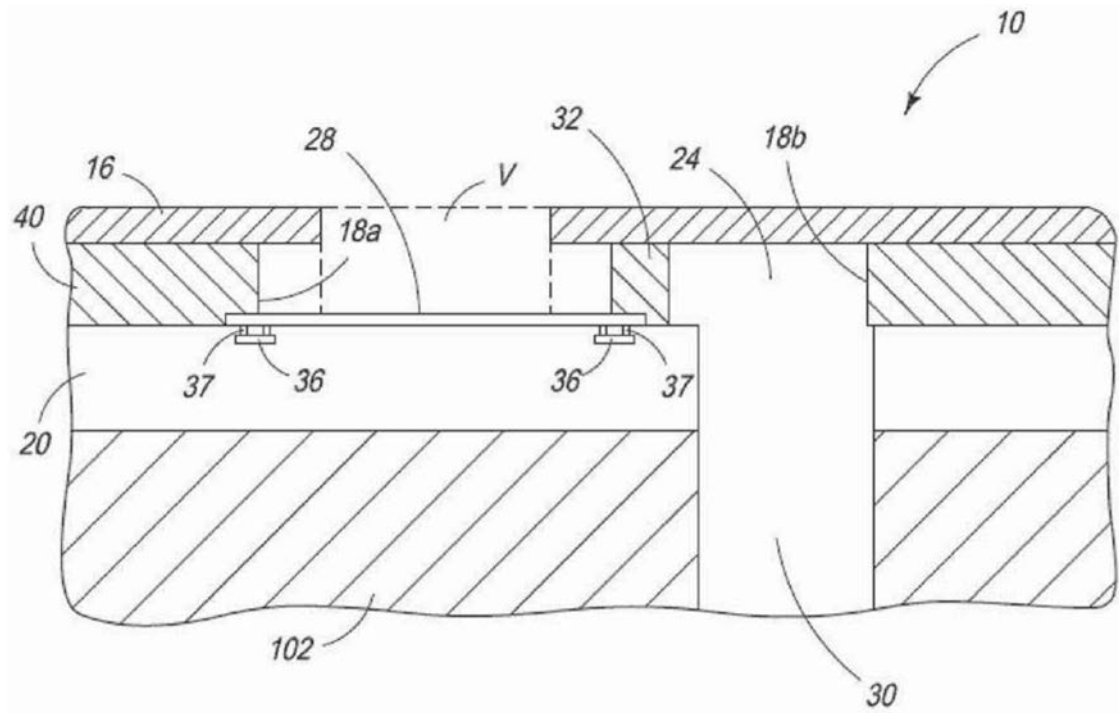


图3

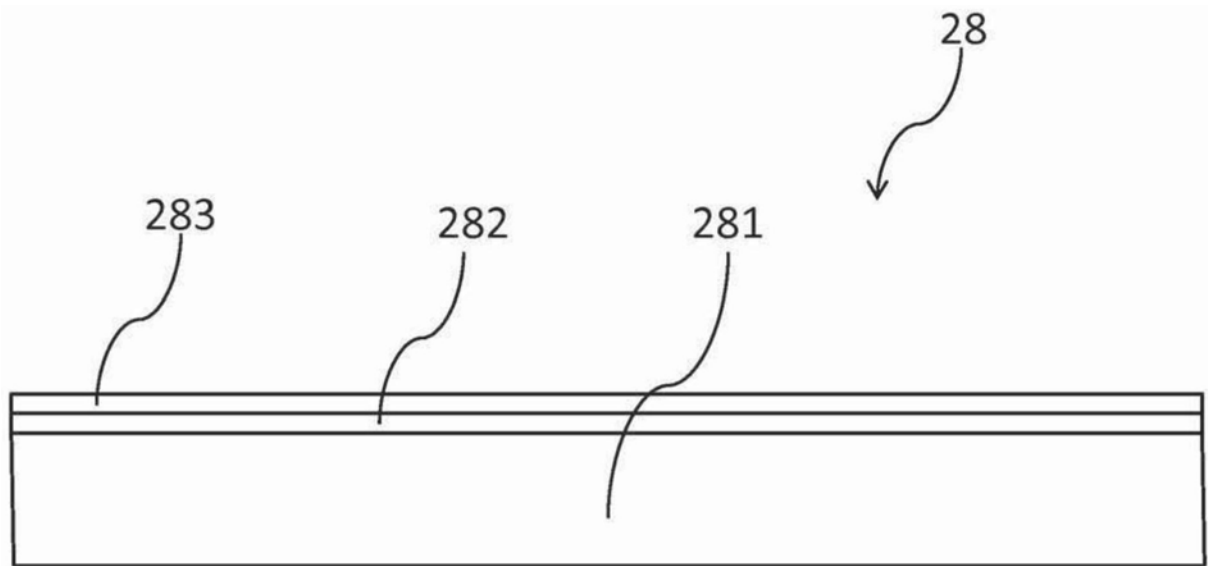


图4

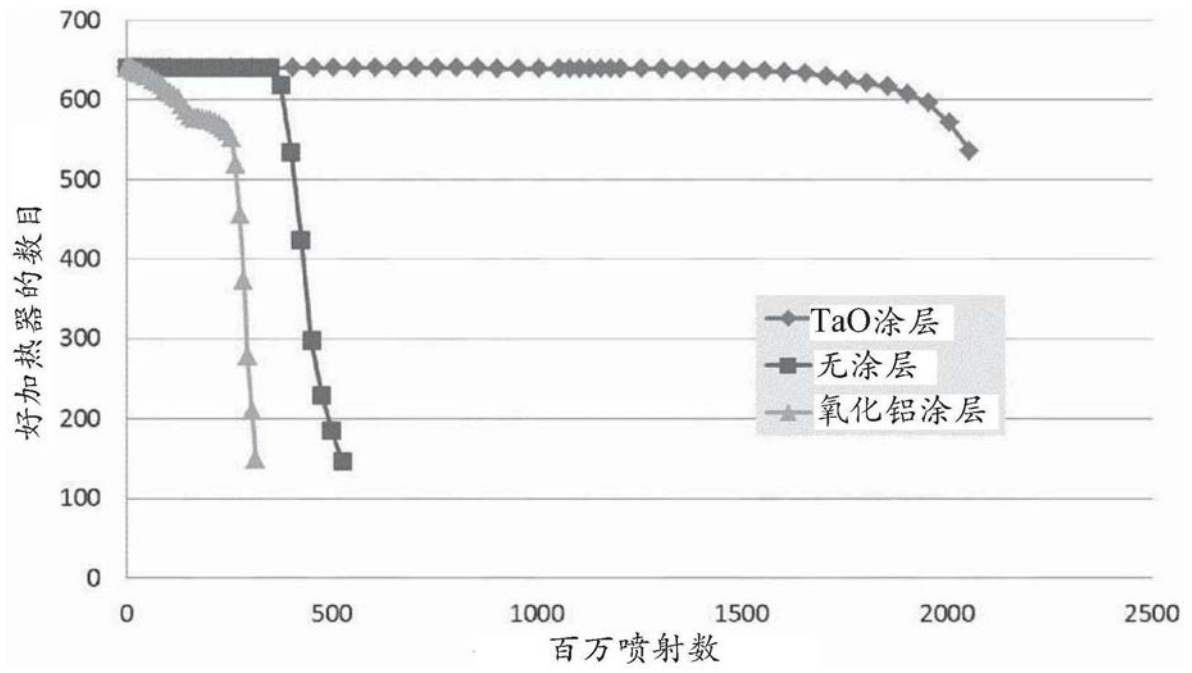


图5