



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105590634 B

(45)授权公告日 2019.06.18

(21)申请号 201510939861.0

(51)Int.CI.

(22)申请日 2015.11.10

G11B 5/31(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G11B 5/60(2006.01)

申请公布号 CN 105590634 A

审查员 罗婷

(43)申请公布日 2016.05.18

(30)优先权数据

62/078,064 2014.11.11 US

14/920,917 2015.10.23 US

(73)专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 陈卫斌 W·舒勒茨

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李玲

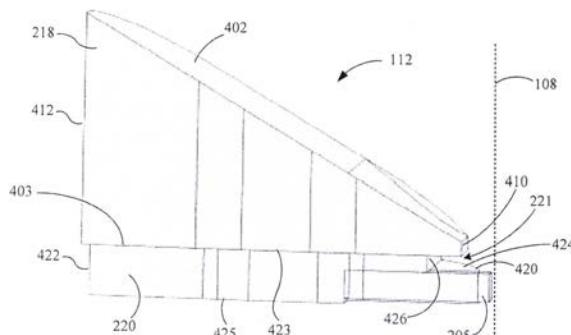
权利要求书2页 说明书6页 附图10页

(54)发明名称

具有凹进区的近场换能器

(57)摘要

具有凹进区的近场换能器位于或接近该装置的空气轴承表面，且配置为便于介质上的热辅助磁记录。该近场换能器包括放大区，该放大区包括等离子体材料且具有接近该空气轴承表面的第一端。该近场换能器还包括磁盘区，该磁盘区邻近该放大区且具有邻近该空气轴承表面的第一端。该磁盘区包括等离子体材料。栓柱区从该磁盘区的第一端延伸且终止于或邻近该空气轴承表面。该近场换能器还包括相对于该栓柱区凹进的区域。该凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。



1. 一种用于磁记录的装置,包括:

近场换能器,位于或接近该装置的空气轴承表面且配置为便于介质上的热辅助磁记录,包括:

放大区,包括等离子体材料且具有接近该空气轴承表面的第一端和与第一端相反的第二端;

磁盘区,邻近该放大区且具有邻近该空气轴承表面的第一端和与第一端相反的第二端,该磁盘区的第一端包括具有面向该空气轴承表面的终点的第一端部分和在该第一端部分下方延伸并超过该第一端部分并且终止于或邻近该空气轴承表面的突出部,该磁盘区包括等离子体材料;

栓柱区,从该磁盘区的第一端的突出部延伸且终止于或邻近该空气轴承表面;以及相对于该栓柱区凹进的区域,凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

2. 如权利要求1的装置,其中:

该凹进区包括一端表面;以及

该放大区的第一端延伸超过该凹进区的端表面。

3. 如权利要求1的装置,其中:

该凹进区包括一端表面;以及

该放大区的第一端大体上与该凹进区的端表面同延。

4. 如权利要求1的装置,还包括:

中磁盘区,具有第一端和相反的第二端,该中磁盘区位于该磁盘区和该放大区之间,该中磁盘区的第二端定义了该凹进区的端表面;

其中,该中磁盘区的第二端延伸超过该放大区的第二端。

5. 如权利要求4的装置,其中该中磁盘区的第二端延伸超过该放大区的第二端约50至150nm。

6. 如权利要求1的装置,其中:

该放大区包括第一平表面和朝向与该第一平表面为非平行关系的相反的第二平表面;以及

该第一平表面邻近该磁盘区。

7. 如权利要求1的装置,其中该放大区具有通常其主轴朝向该空气轴承表面的椭圆形。

8. 如权利要求1的装置,其中该凹进区相对于该空气轴承表面凹进约50至200nm之间。

9. 如权利要求1的装置,其中该栓柱区具有约30和100nm之间的厚度。

10. 如权利要求1的装置,其中相对于缺少该凹进区的近场换能器,该凹进区利于在栓柱区处的约30%和40%之间的热梯度的增长。

11. 如权利要求10的装置,其中热梯度的增长是在没有可感知的栓柱区温度的增加的情况下实现的。

12. 如权利要求1的装置,其中该放大区被配置为用作该近场换能器的散热片。

13. 一种用于磁记录的装置,包括:

滑块,配置为利于介质上的热辅助磁记录,包括;

写入器;

读出器;

光波导；以及

接近该波导和该写入器的近场换能器，该近场换能器包括：

放大区，具有朝向介质面对方向的第一端和相反的第二端，该放大区包括等离子体材料；

磁盘区，邻近该放大区且具有朝向该介质面对方向的第一端和相反的第二端，该磁盘区的第一端包括具有朝向该介质面对方向的终点的第一端部分和在该第一端部分下方延伸并超过该第一端部分的突出部，该磁盘区包括等离子体材料；

栓柱区，从该磁盘区的第一端的突出部延伸且朝向该介质面对方向；以及

相对于该栓柱区凹进的区域，凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

14. 如权利要求13的装置，其中：

该凹进区包括一端表面；以及

该放大区的第一端延伸超过该凹进区的端表面。

15. 如权利要求13的装置，其中：

该凹进区包括一端表面；以及

该放大区的第一端大体上与该凹进区的端表面同延。

16. 如权利要求13的装置，还包括：

中磁盘区，具有第一端和相反的第二端，该中磁盘区位于该磁盘区和该放大区之间，该中磁盘区的第二端包括该凹进区的端表面；

其中，该中磁盘区的第二端延伸超过该放大区的第二端约50至150nm。

17. 如权利要求13的装置，其中该放大区具有通常其主轴朝向该介质面对方向的椭圆形。

18. 如权利要求13的装置，其中：

该滑块包括空气轴承表面；以及

该凹进区相对于该空气轴承表面凹进约50至200nm之间。

19. 如权利要求13的装置，其中该栓柱区具有约30和100nm之间的厚度。

20. 如权利要求13的装置，其中该放大区被配置为用作近场换能器的散热片。

21. 一种用于磁记录的装置，包括：

近场换能器，位于或接近该装置的空气轴承表面且配置为便于介质上的热辅助磁记录，包括：

放大区，包括等离子体材料且具有接近该空气轴承表面的第一端；

磁盘区，邻近该放大区且具有邻近该空气轴承表面的第一端，该磁盘区的第一端包括具有面向该空气轴承表面的终点的第一端部分和在该第一端部分下方延伸并超过该第一端部分的突出部，该磁盘区包括等离子体材料；

栓柱区，从该磁盘区的第一端延伸，且终止于或邻近该空气轴承表面；以及

相对于该栓柱区凹进的区域，该凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

具有凹进区的近场换能器

[0001] 相关专利文献

[0002] 本申请要求在2014年11月11日提交的临时专利申请号第62/078,064的权益,依据35 U.S.C§119 (e) 要求对其的优先权,并且其通过引用整体结合在此。

发明内容

[0003] 实施例涉及一种装置,其包括位于或接近该装置的空气轴承表面且配置为便于在介质上进行热辅助磁记录的近场换能器。该近场换能器包括含有等离子体(plasmonic)材料且具有接近该空气轴承表面的第一端的放大区。该近场换能器还包括邻近该放大区且具有邻近该空气轴承表面的第一端的磁盘区。该磁盘区包括等离子体材料。栓柱(peg)区从该磁盘区的第一端延伸且终止于该空气轴承表面处或附近。该近场换能器还包括相对于该栓柱区而凹进的区域。该凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

[0004] 各种实施例涉及一种装置,其包括位于或接近该装置的空气轴承表面且配置为便于在所包括的介质上进行热辅助磁记录的近场换能器。该近场换能器包括含有等离子体(plasmonic)材料且具有接近该空气轴承表面的第一端以及与第一端相反的第二端的放大区。磁盘区,包括等离子体材料,位于邻近该放大区处且具有接近该空气轴承表面的第一端和与第一端相反的第二端。该磁盘区的第一端包括在该空气轴承表面处或附近的突出部。栓柱区从该磁盘区的第一端的突出部延伸且终止于该空气轴承表面处或附近。该近场换能器还包括相对于该栓柱区凹进的区域。该凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

[0005] 其他实施例涉及一种装置,其包括配置为便于在介质上进行热辅助磁记录的滑块。该滑块包括写入器、读出器、光波导和接近该波导和写入器的近场换能器。该近场换能器包括具有朝向介质面对方向的第一端和相反的第二端的放大区。该放大区包括等离子体材料。该近场换能器还包括磁盘区,其包括等离子体材料,邻近该放大区,且具有朝向该介质面对方向的第一端和相反的第二端。该磁盘区的第一端包括突出部。栓柱区从该磁盘区的第一端的突出部延伸且朝向该介质面对方向。该近场换能器还包括相对于该栓柱区凹进的区域。该凹进区位于该栓柱区和该放大区的第一端之间。

[0006] 以上发明内容并不是旨在描述本公开的每个所揭示的实施例或每个实施方式。下面的附图和具体描述更具体地说明示例性实施例。

附图说明

[0007] 在下面的图表中,相同的附图标记可用于标识多个图中相似/相同/类以的组件。

[0008] 图1是根据代表性实施例的滑块组件的透视图;

[0009] 图2是根据代表性实施例的滑块组件的横截面图;

[0010] 图3描述了具有传统NTS(近场换能器球场(stadium)风格)设计的近场换能器(NFT);

[0011] 图4根据各种实施例描述了具有NTS设计的NFT;

[0012] 图5根据各种实施例描述了具有NTS设计的NFT;

- [0013] 图6根据各种实施例描述了具有NTS设计的NFT；
- [0014] 图7是根据各种实施例示出在由具有NTS设计的NFT生成的磁记录介质上的热点的介质热分布；
- [0015] 图8是根据各种实施例将热梯度示出为栓柱厚度的函数的图表；
- [0016] 图9是根据各种实施例将栓柱温度示出为栓柱厚度的函数的图表；
- [0017] 图10是根据各种实施例将效率示出为栓柱厚度的函数的图表；
- [0018] 图11是根据各种实施例将邻近轨迹擦除示出为栓柱厚度的函数的图表；
- [0019] 图12是根据各种实施例将热梯度示出为栓柱长度的函数的图表；
- [0020] 图13是根据各种实施例将栓柱温度示出为栓柱长度的函数的图表；
- [0021] 图14是根据各种实施例将效率示出为栓柱长度的函数的图表；
- [0022] 图15是根据各种实施例将交叉轨迹擦除示出为栓柱长度的函数的图表；
- [0023] 图16是根据各种实施例将下行轨迹擦除示出为栓柱长度的函数的图表；以及
- [0024] 图17是根据各种实施例将邻近轨迹擦除示出为栓柱长度的函数的图表。
- [0025] 上述附图不必成比例。尽管图中所用的类似标号涉及类似的组件，要明白使用标号涉及给定附图中的组件不是旨在限制在另一个图中由相同标号标记的组件。

具体实施方式

[0026] 在下面的说明书中，参考组成说明书一部分的所附图集并且在其中通过描述若干具体实施例来示出。要明白的是其他实施例是预期的并且可被实施而不背离本公开的范围。因此下面的详细描述不能被当作限制的意思。

[0027] 除非另有说明，在说明书和权利要求中使用的表示特征尺寸、数量和物理属性的所有数字被理解为能在所有的示例中由术语“大约”修改。因此，除非有相反的表示，在之前说明书和附属权利要求中阐述的数字参数是近似值，其可依赖于由本领域技术人员利用在此公开的教导所寻求以获取的预期属性而改变。端点所使用的数值范围包括在那个范围内（例如，1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4和5）的所有数字以及在那个范围内的任何范围。如在此使用的，术语“大体上”意味着在其中少数百分比以内。因此，术语“大体上横向”意味着在垂直方向的几度内。

[0028] 本公开一般地涉及关于热辅助磁记录(HAMR)、有时被称作为热辅助磁记录(TAMR)的装置、系统、方法和技术。HAMR数据存储介质使用高磁矫顽力，其能克服当前限制传统硬盘驱动介质的面数据密度的超顺磁效应（例如，热感应、随机、磁导向上的改变）。

[0029] 这里描述的实施例涉及一种装置，其包括位于或接近该装置的空气轴承表面且配置为便于在介质上进行热辅助磁记录的近场换能器。该NFT包括具有接近该空气轴承表面的第一端的放大区，该放大区包括或由等离子体材料形成。该NFT还包括邻近该放大区具有邻近该空气轴承表面的第一端的磁盘区，该磁盘区包括或由等离子体材料形成。栓柱区从该磁盘区的第一端延伸且终止在或接近于该空气轴承表面。该NFT包括接近该栓柱区域且位于该栓柱区和放大区之间的凹进区。

[0030] 本公开的实施例涉及定义在栓柱区和写入极点之间的NPS区(NFT至磁极的间距)中具有减少的等离子体材料的NFT(相对于传统NFT)。NPS区中等离子体材料的减少提供了在写磁极和栓柱区之间的生成了介质的背景加热的光磁场的伴随减少，其未预期地减少栓

柱区域的热梯度。根据各种公开的实施例，NPS区中光磁场的预期减少(并且因此栓柱区中的热梯度增加)可由栓柱区和NFT的放大散热片区之间提供的凹进(例如，空间、凹口、腔或空缺，这里被一般性地称作为凹进区)而获得。

[0031] 根据各种实施例，调整NFT的凹进区的大小以便于增加相对于缺少凹进区的相同的NFT的热梯度(例如，wTG或下行轨迹热梯度)。在其他实施例中，调整NFT的该凹进区和该栓柱区的尺寸以便于热梯度的增长，而相对于缺少凹进区的相同的NFT没有任何或可感知(例如，不超过约3、4或5°K)的栓柱温度的增长。在其他实施例中，调整NFT的凹进区和栓柱区的尺寸以便于增加热梯度而相对于缺少凹进区的相同的NFT不可感知的增加栓柱温度或减少效率。在某些实施例中，调整NFT的凹进区便于增加热梯度而相对于缺少凹进区的相同的NFT不可感知的增加临近轨迹擦除(Adjacent-Track Erasure, ATE)、交叉轨迹擦除(Cross-Track Erasure, CTE)以及下行轨迹擦除(Down-Track Erasure, DTE)。

[0032] 正如这里描述的具有接近栓柱区域的凹进区的NFT的实施例在保持好的可靠性(例如，在栓柱温度、效率、ATE、CTE或DTE方面没有可感知的困难)的同时提供了增长的性能(例如，在介质上更多限制的热梯度)。HAMR读/写元件，有时被称作为滑块或读/写磁头，可包括类似于在当前硬盘驱动上的那些磁性读和写换能器。例如，数据可由磁阻换能器读取，磁阻换能器在其移动到换能器下面的时候检测磁介质的磁波动。数据可由磁性地耦合至写线圈的写磁极写至磁介质。当介质移动至该写磁极下面时，该写磁极在介质区域中改变磁导向。HAMR滑块还包括或耦合至能量源，例如激光二极管，用于在其由写磁极写入时加热该介质。光传输通道，例如光波导，被集成至HAMR滑块以传输该光能至该NFT。

[0033] 参考图1，根据代表性的实施例示出了HAMR滑块组件100的透视图。该滑块组件100包括位于滑块体101的输入表面103上的激光二极管102。在此示例中，输入表面103是顶表面，其在设备操作期间与在记录介质(未示出)表面上的介质面对表面108的相反。该介质面对表面108在读和写至该介质时面对且被保持接近该移动的介质表面。该介质面对表面108可被配置为空气轴承表面(ABS)，其通过空气薄膜层保持与介质表面隔离。

[0034] 激光二极管102传递光至接近HAMR读/写磁头106的区域，其位于该介质面对表面108附近。随着能量由该读/写磁头106传送时其被用于加热该记录介质。光学组件，例如波导110，整体地形成在滑块体101中(在此示例中在拖尾边缘表面104附近)且作为通过NFT 112将能量从激光二极管102传递至该记录介质的光通道。该NFT 112在该读/写磁头106附近且在记录操作期间导致加热该介质。

[0035] 在图1中，描述了滑块上激光(Laser on Slider, LOS)的配置120。在此示例中该激光二极管102可配置为边缘发射激光或表面发射激光。一般地，边缘发射激光从激光的角边缘附近发射光，而表面发射激光在垂直于激光体表面的方向上发射光，例如从该表面中心附近的一个点。边缘发射激光可挂载在滑块体101(例如，在口袋或洞中)的顶输入表面103上从而光以平行于(或至少不垂直于)该介质面对表面的方向发射。在任何这些示例中的表面发射或边缘发射激光可直接耦合至该滑块体101，或通过中间组件例如子配件(未示出)。子配件可用于确定边缘发射激光的方向，从而其输出是直接朝下的(图中的负y方向)。其他实施例可组合滑块中激光(Laser in Slider, LIS)配置，如现有技术中已知的。还有其他实施例组合自由空间光传递，其中激光被外挂载至该滑块组件100，且通过光纤维和/或波导的方式耦合至该滑块。该滑块体101的输入表面可包括光栅或其他耦合特性以通过该光纤

维和/或波导从该激光处接收光。

[0036] 图2中,根据代表性的实施例,横截面图描述了NFT 112附近的滑块体101的部分。在此视图中,该NFT 112被示出接近磁介质202例如磁记录盘的表面。波导110从光源(例如激光二极管)传递电磁能至该NFT 112,其指引该能量在介质202上创建小热点208。磁写极206使得该介质面对表面108附近的磁通量响应于所应用的电流发生改变。随着其在下行轨迹方向移动经过该写极206,来自该写极206的通量改变热点208的磁导向。

[0037] 该波导110包括一层由覆层212和214包围的磁芯材料210。该磁芯层210以及覆层212和214可由电介质材料例如Al₂O₃、SiO_xN_y、SiO₂、Ta₂O₅、TiO₂或Nb₂O₅等制成。一般地,选择电介质材料从而该磁芯层210的折射率高于覆层212和214的折射率。这种材料的布置有利于通过波导110的光传播效率。应用于该NFT 112的能量激活用于创建该热点208的表面等离子体。这种能量传递导致NFT 112中显著的温度上升。

[0038] 如在图2的实施例中所描述的,该NFT 112包括磁盘区220和邻近该磁盘区220的放大区218。该NFT 112由相对软的倾向于在高温下变形的等离子体材料(例如,金、银、铜、铝及其合金)形成。NFT 112的热管理由该放大区218实现,该放大区充当散热片。在图2的实施例中,该放大的散热片区218布置在磁盘区220和写极206的顶部224之间。该放大的散热片区218可热耦接至其他组件从而便于热从NFT 112传走。

[0039] 栓柱区205从该磁盘区220向该介质面对表面108(在此也可替代地称作为空气轴承表面)延伸。该栓柱区205终止在或接近该空气轴承表面108的末端。该NFT 112被示出包括栓柱区205和放大区218之间的凹进区221。调整该凹进区221的大小以便于NPS区中光场的减少,从而当与缺少该凹进区221的等同NFT相比时,显著地提高热梯度,例如在约30%和40%之间。

[0040] 根据各种实施例,该近场换能器是NTS(近场传感器球场风格)设计。图3描述了具有NTS设计的NFT 302。该NFT 302包括具有斜平上表面312和平下表面314的放大区310。该NFT 302还包括与该放大区312接触的磁盘区320。该放大区310具有第一端324而该磁盘区320具有第一端322,两者都终止在接近滑块的ABS 108处,在滑块上形成有该NFT 302。栓柱区305从该磁盘区320的第一端322的底部延伸。

[0041] 图3中示出的NFT 302具有传统的NTS设计,其中该磁盘区320的第一端322的终端延伸至该栓柱区305与该磁盘区320连接的位置。如在图3中可见,传统的NTS设计具有可感知量的等离子体材料布置在栓柱区305和放大区312的第一端324之间。发明人做的实验已经确定了等离子体激活栓柱区305和用于放大区312的第一端324之间的材料在NFT 302在NPS区(NFT至极空间)中产生了有助于本底加热该磁记录介质的光场,然而其不利地减少了栓柱区305处的光场的热梯度。栓柱区305处的热梯度的减少导致了磁记录介质上的更少限制的热点。

[0042] 图4根据本公开各种实施例描述了具有NTS设计的NFT 112。图4中示出的NFT 112包括具有第一端410和与第一端410相反的第二端412的放大区218,第一端410接近其上形成有NFT 112的滑块的ABS 108。该放大区218包括第一平表面403和相反的第二平表面402。该第二平表面402具有通常斜形的形状,从中衍生出术语球场风格(stadium-style),且相对于该第一平表面403呈非平行关系。该放大区218的第一平表面403接触磁盘区220的第一平表面423,该磁盘区220包括第一端420和相反的第二端422。磁盘区220的第一端420包括

朝向介质面对ABS 108方向的突出部424。栓柱区205在突出部424的终端起始且延伸至或接近其上形成该NFT 112的滑块的ABS 108。

[0043] 根据图4中示出的实施例,凹进区221形成在磁盘区220的第一端420处,磁盘区220在突出部424和放大区218的第一端410之间。更一般地,该凹进区221形成于栓柱区205和放大区218之间。甚至更一般地,凹进区221形成在栓柱区205和写极(未示出,但参见图2)之间。从ABS 108处观察该磁盘区220的第一端420,该凹进区424终止在磁盘区220的端表面426处,且接触并垂直于突出部420。在图4中描述的实施例中,放大区218的第一端410延伸远离磁盘区220的端表面426。在这点上,放大区218的第一端410悬于突出部424上方的磁盘区220的端表面426之上。

[0044] 根据图5中示出的实施例,放大区218的第一端410的终端大体上与磁盘区220的端表面426同延(coextensive)。图5中示出的被截短的放大区配置允许与制作图4中示出的悬挂配置相比使用较少复杂处理来构成放大凹进区221,而同时保持大体上相同的性能特征。

[0045] 根据图6中示出的实施例,NFT 112包括位于放大区218和磁盘区220之间的中磁盘区219。该中磁盘区219包括与放大区218的第一平表面403接触的第一平表面417和与磁盘区220的第一平表面423接触的第二平表面419。在制作期间包括中磁盘区219允许调整凹进区221的尺寸和偏移或深度(相对于该ABS 108)。例如,在图6示出的配置中,通过远离该ABS 108平移该中磁盘区221一期望的距离来形成该凹进区221,例如该中磁盘区220的第二端427分别延伸超过放大区218和磁盘区220的第二端412和422。平移该中磁盘区219的第二端427移动了该中磁盘区219的端表面426的位置以获得该凹进区221的期望的偏移。

[0046] 在各种实施例中,磁盘区422包括从其上形成NFT 112的滑块的ABS处延伸至磁盘区422约50和200nm之间的凹进区221。在某些实施例中,该磁盘区422包括从其上形成NFT 112的滑块的ABS处延伸至磁盘区422约80和150nm之间的凹进区221。在其他实施例中,该凹进区221从滑块的ABS处延伸至磁盘区422约90和120nm之间。在另一实施例中,凹进区221从滑块的ABS处延伸约110nm至磁盘区422。在各种实施例中,凹进区221在垂直(y)平面上的高度可在约50nm和200nm之间变动。在某些实施例中,凹进区221在垂直(y)平面上的高度可在约90nm和150nm之间变动。在其他实施例中,凹进区221在垂直(y)平面上的高度可在约100nm和130nm之间变动。根据各种实施例,从结合了以上讨论维度的凹进区221和具有在约30nm和100nm之间厚度的栓柱区250的NFT 112中可获得改进的性能。在某些实施例中,该栓柱区250可具有在约40nm和80nm之间的厚度。在其他实施例中,该栓柱区250可具有在约45nm和55nm之间的厚度。例如,计算机仿真已演示了当与缺少凹进区221的NFT 112相比,具有约110nm的凹进区221的NFT 112和具有约50nm厚度和约20nm长度的栓柱区205提供了约30%和40%之间的增加的热梯度。

[0047] 图7是示出了由这里公开类型的NFT 112生成的磁性记录介质上的热点208的介质热分布。图7中示出的介质热分布由使用具有上文所述类型的凹进区的NFT的计算机仿真生成。该介质热分布示出了在NFT 112的栓柱区205顶端限定的明确定义的热点208。图7演示了由于该NFT 112的NPS区处热背景的显著减少,该热梯度可由凹进区或在栓柱区和放大区之间截短的放大区的包合物显著提高。

[0048] 图8-11根据各种实施例基于栓柱区的厚度示出不同NFT性能因子的各种图表。图8示出了将热梯度作为栓柱厚度的函数的图表。图9是将栓柱温度示出为栓柱厚度的函数的

图表。图10是将栓柱效率示出为栓柱厚度的函数的图表,以及图11是邻近轨迹擦除(ATE)作为栓柱厚度的函数的图表。对于图8至11中的每个,该栓柱厚度被扫描从25nm至约90nm的范围。图8-11的图表指示通过具有近似50nm厚度的栓柱可获得好的或优化的性能。该数据也示出通过具有约45-60nm范围的厚度的栓柱可获得好的性能。

[0049] 图12-17根据各种实施例基于栓柱长度(标识为栓柱BP或拐点)示出不同NFT性能因子的各种图表。在图12-17中,栓柱长度被扫描在约10nm和75nm之间。图12示出具有栓柱长度的函数的热梯度的图表,图13示出栓柱温度作为栓柱长度的函数的图表,以及图14示出效率作为栓柱长度的函数的图表。图15、16和17示出交叉轨迹擦除(CTE)、下行轨迹擦除(DTE)和临近轨迹擦除作为栓柱长度的函数的图表。图12-17的数据指示通过具有长度约20nm的栓柱可获得好的(例如优选的)性能。该数据还示出通过具有长度范围约15-25nm的栓柱可获得好的性能。

[0050] 示例实施例的之前描述为了阐述和描述的目的已经被展示。其不是为了详尽或限制发明概念至所公开的精确形式。在上述教导的启示下很多修正和变化是有可能的。可被独立或以任何组合的方式应用的所公开实施例的任何或所有特征并不意味着限制,而纯粹是示意性的。其意味着范围不被这些详述的描述限制,而是由附属权利要求确定。

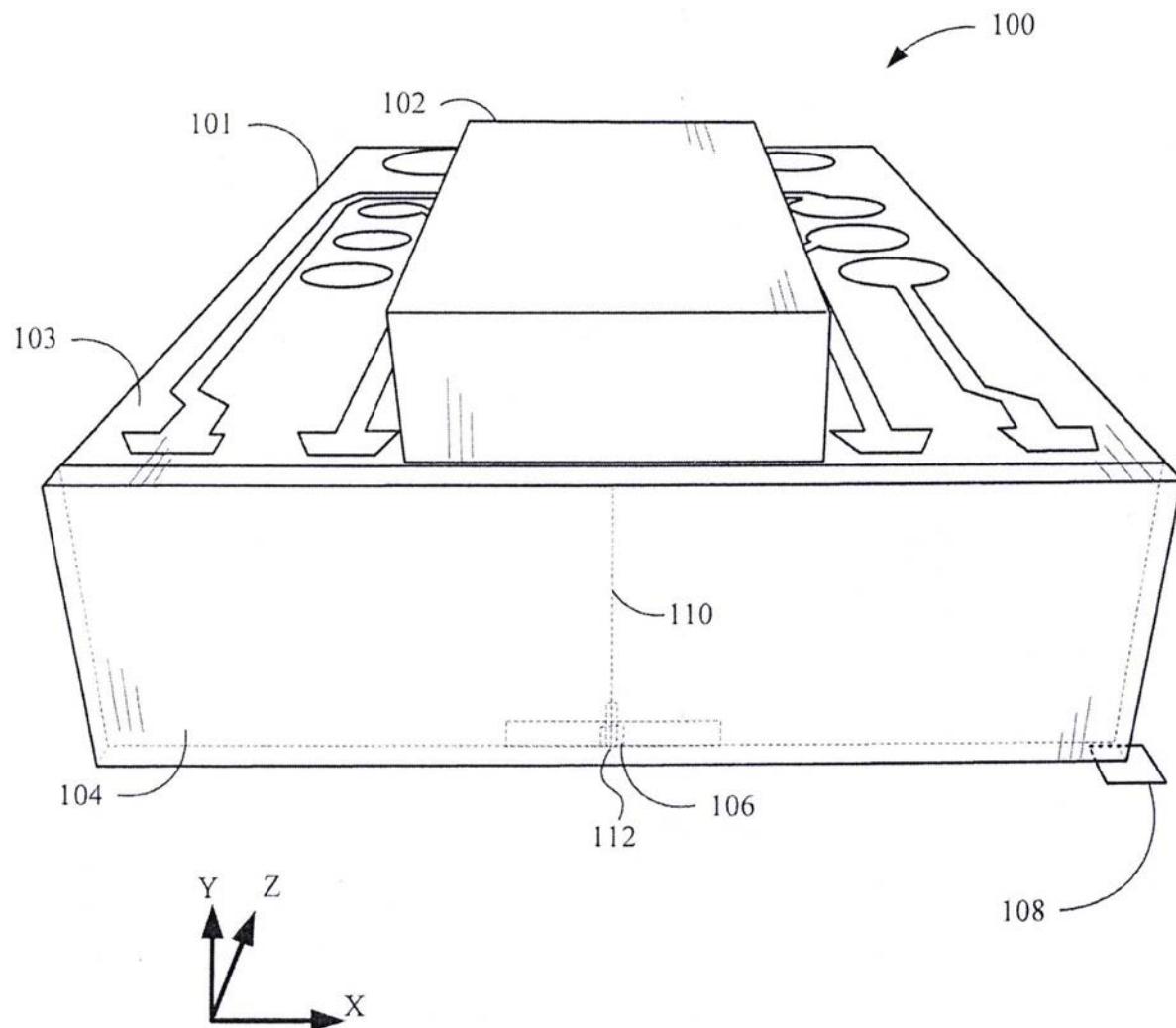


图1

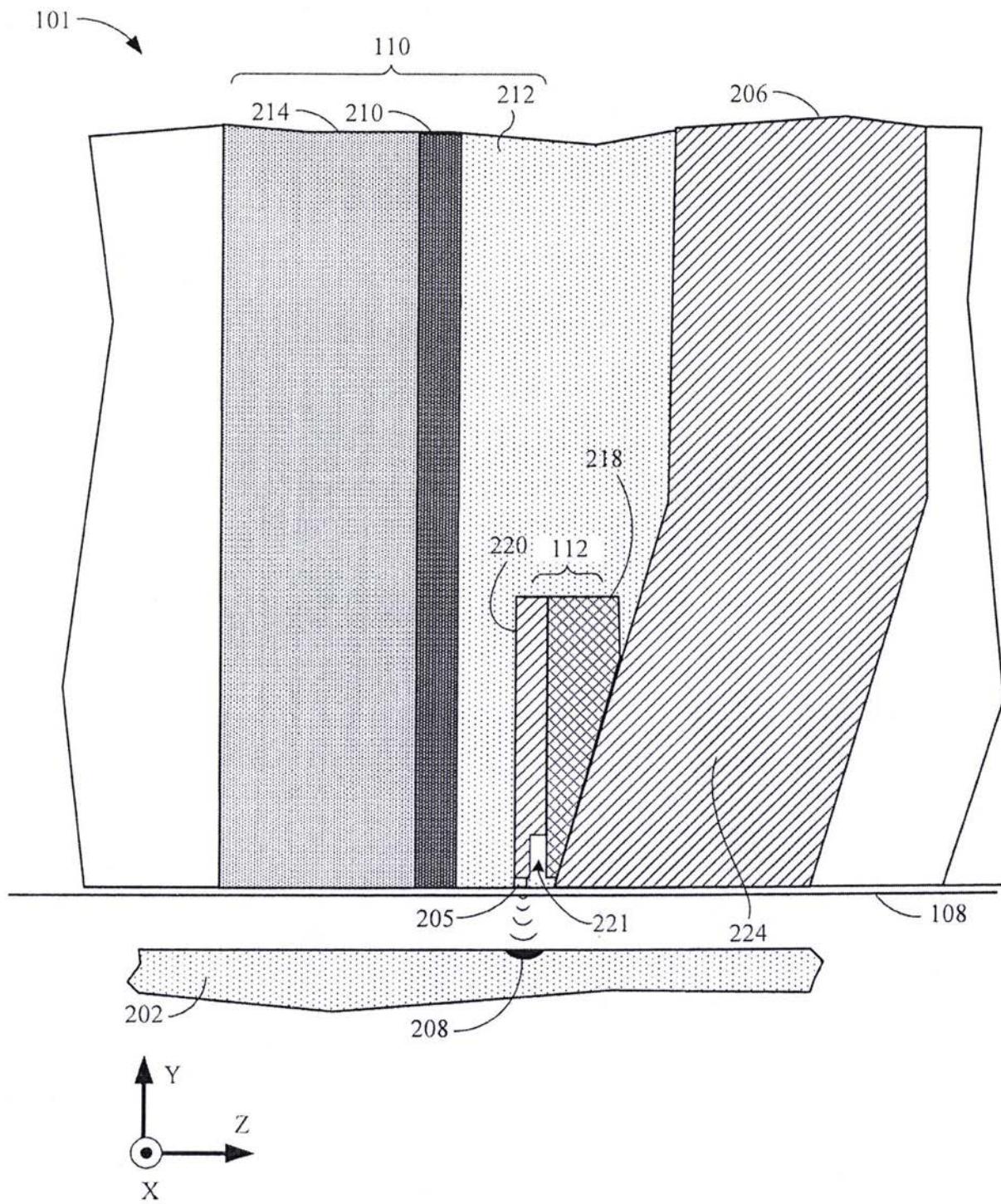


图2

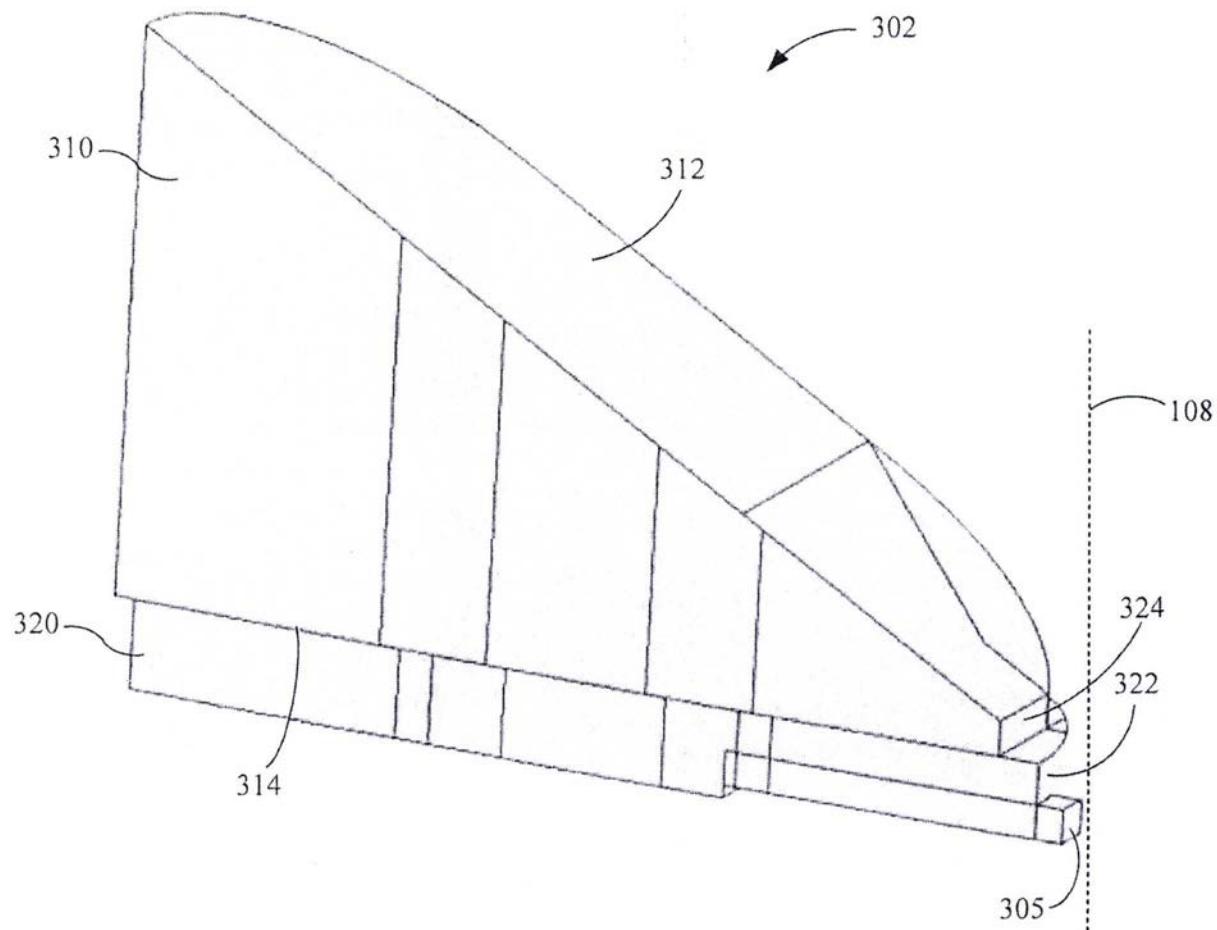


图3

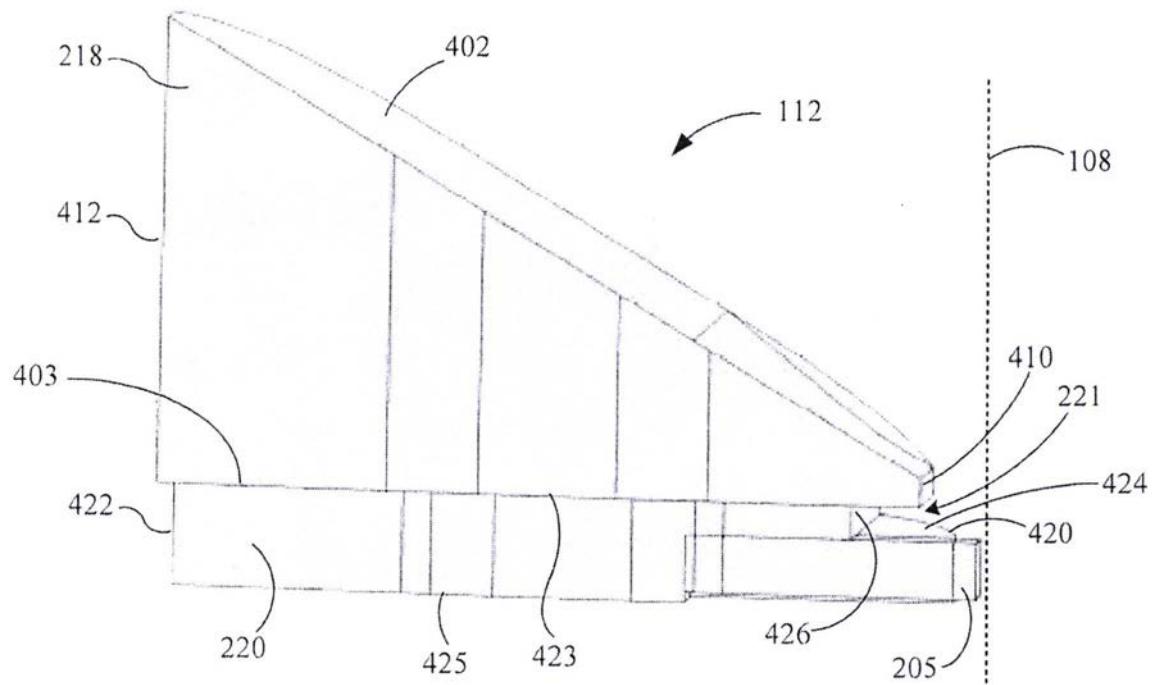


图4

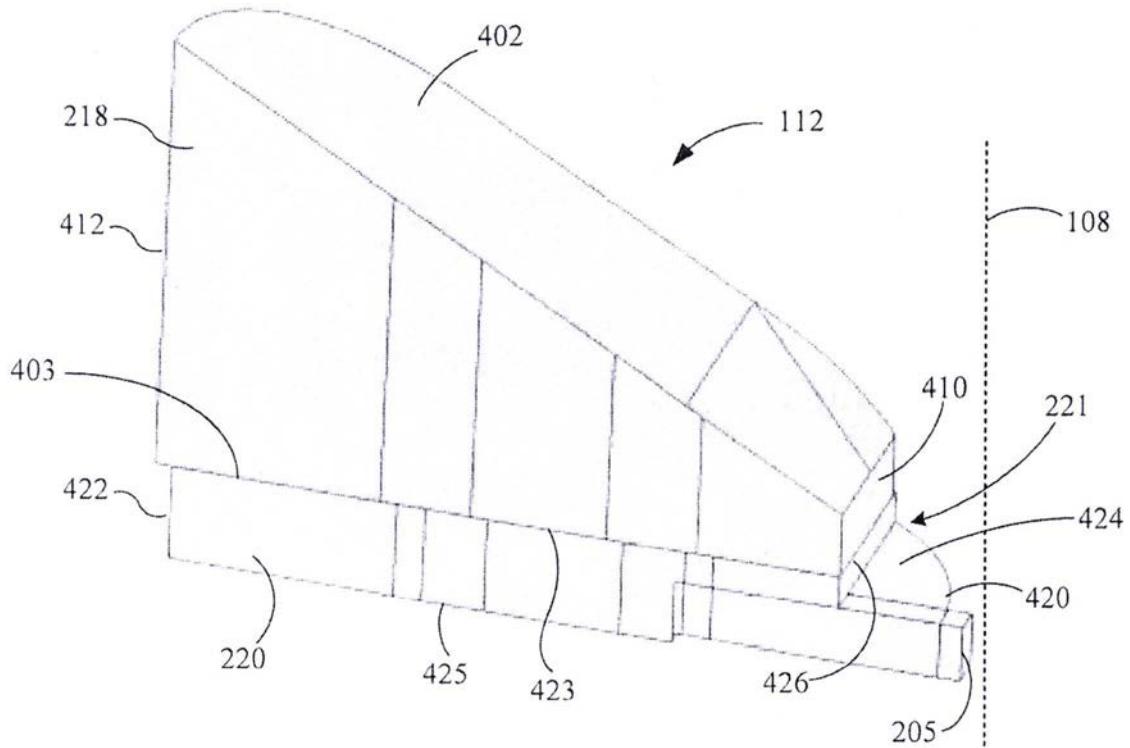


图5

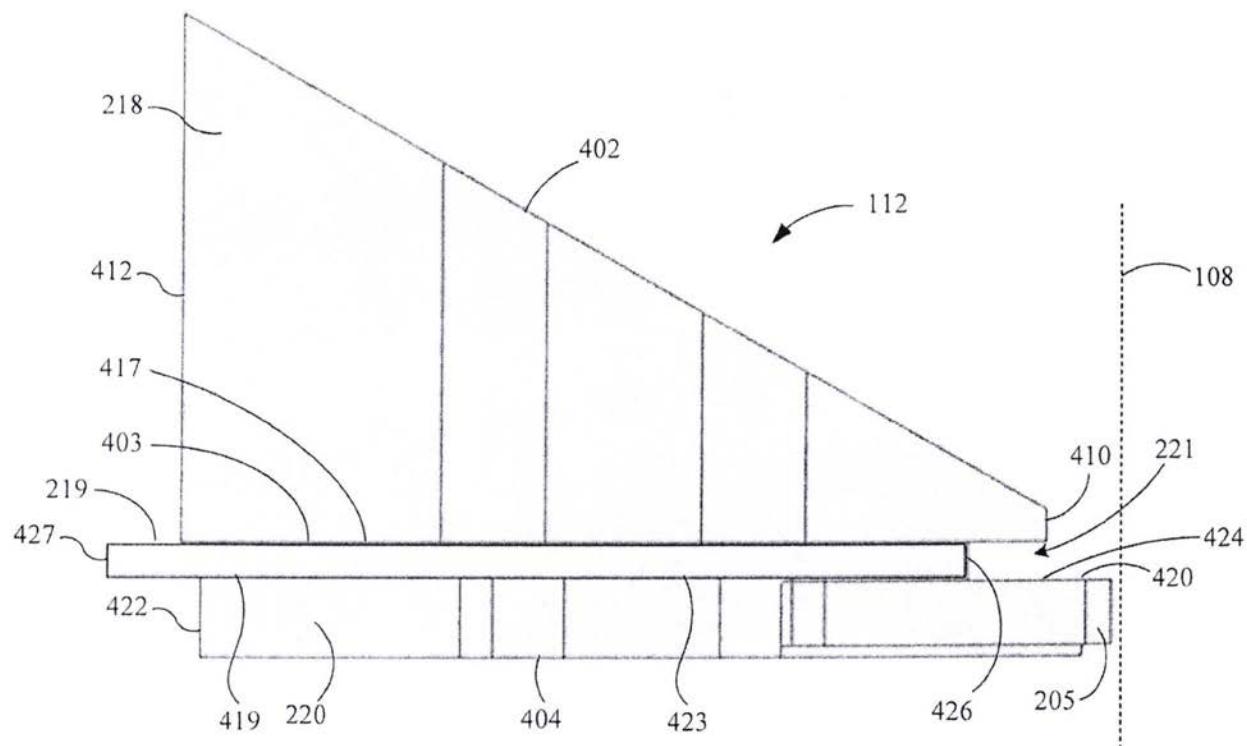


图6

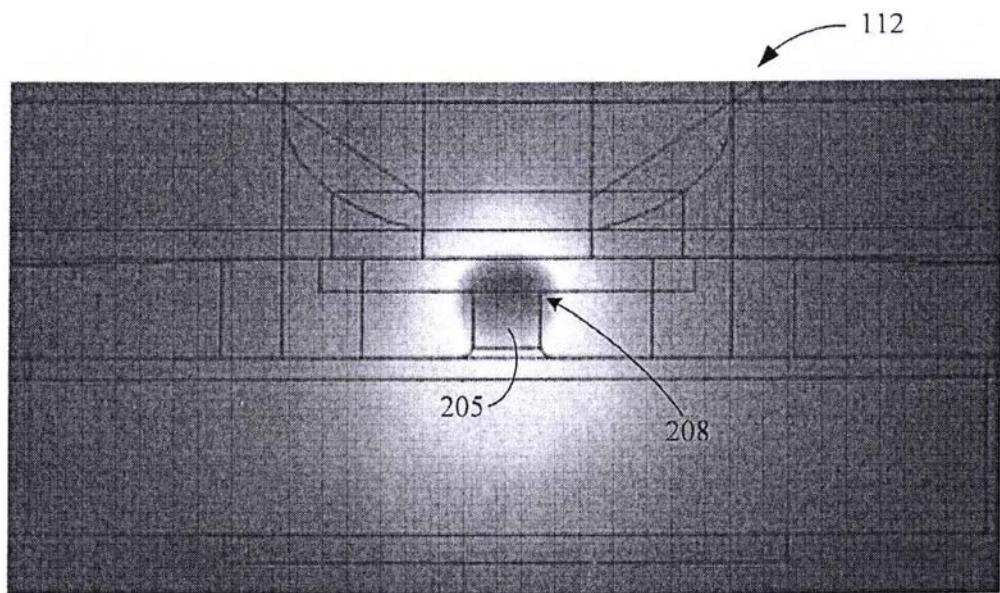


图7

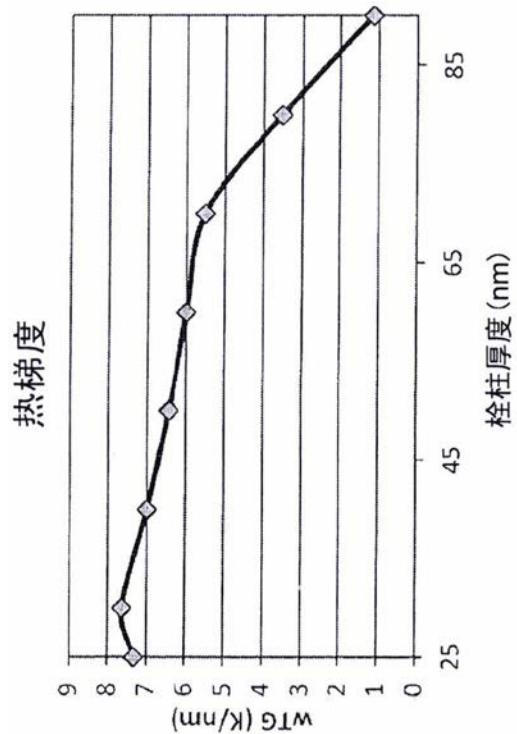


图8

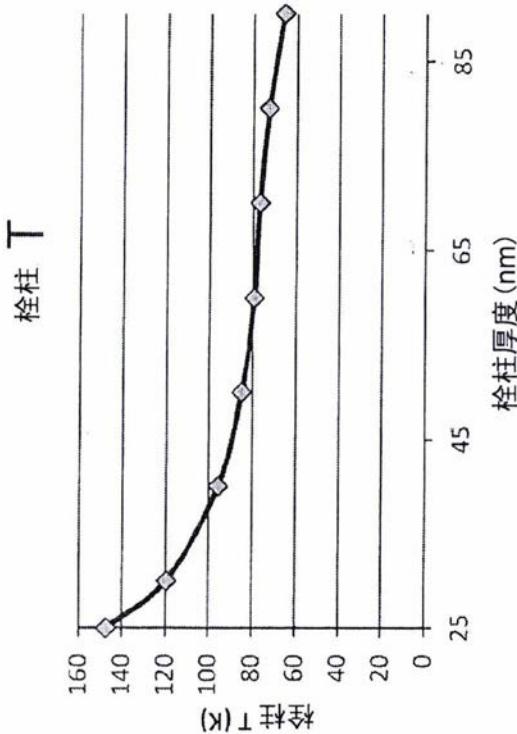


图9

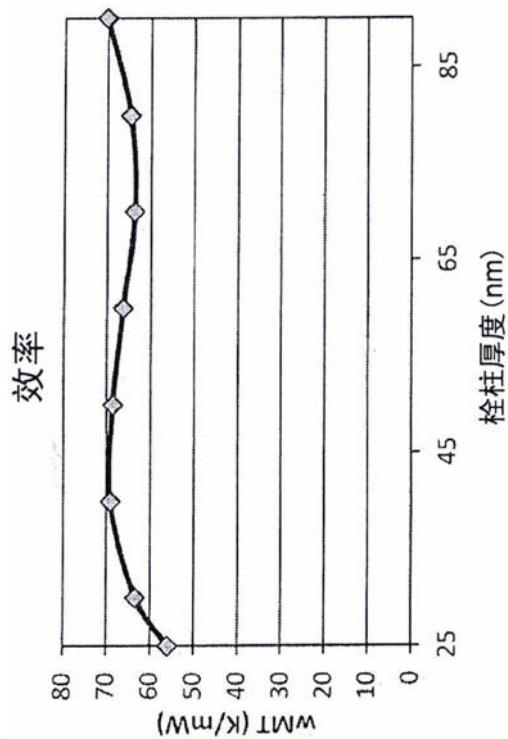


图10

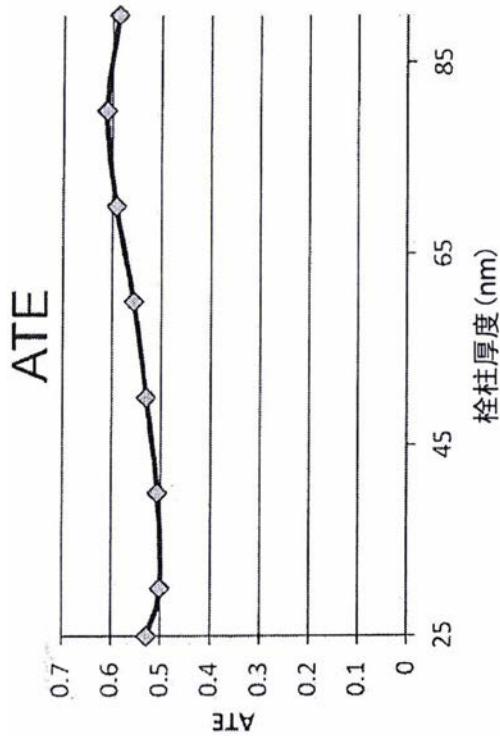


图11

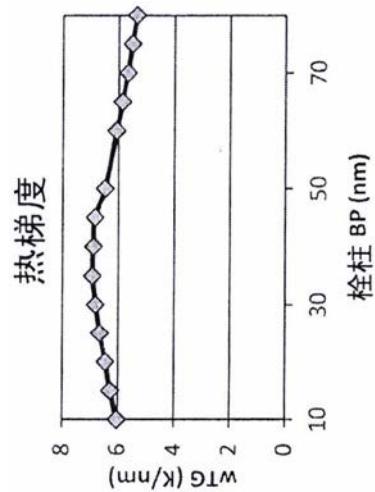


图12

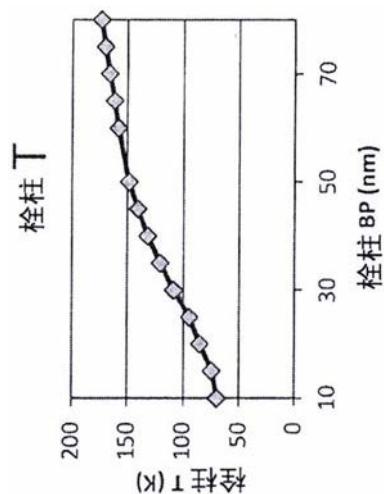


图13

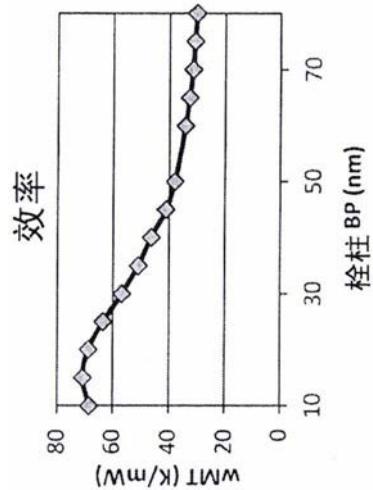


图14

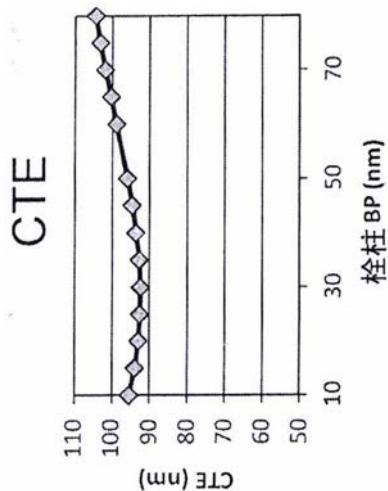


图15

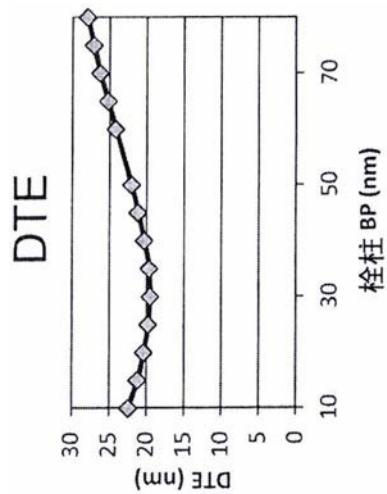


图16

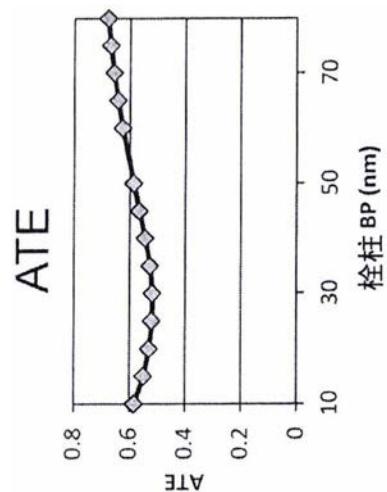


图17