

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102515091 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 27

(21) 申请号 201110435677. 4

(22) 申请日 2011. 12. 22

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 赵清亮 姜涛 张珊珊 于欣  
董志伟

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事  
务所 23109

代理人 牟永林

(51) Int. Cl.

B81C 1/00 (2006. 01)

G03F 7/00 (2006. 01)

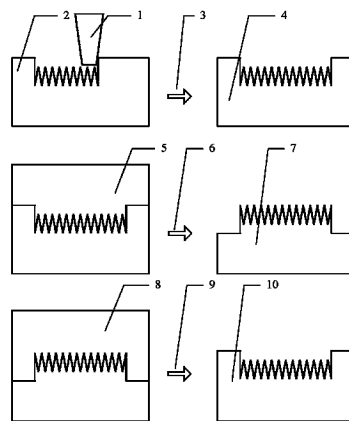
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法

## (57) 摘要

用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,属于功能性塑料元件表面的制备领域。它解决了目前超疏水性微结构表面的批量制备存在的高成本及低效率的问题。它包括以下步骤:制备具有超疏水性塑料功能性微结构表面的母模;采用软光刻复制技术制备反模;采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面,并采用剥离技术将极紫外光可以修复的塑料材料表面从反模上分离,得到与母模相同的塑料功能性微结构表面,实现对塑料功能性微结构表面的复制。本发明适用于塑料功能性微结构表面的批量化生产。



1. 一种用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:它包括以下步骤:

步骤一:制备具有超疏水性塑料功能性微结构表面的母模;

步骤二:采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上,并采用剥离技术将该弹性体 PDMS 聚合物与母模分离,得到的弹性体 PDMS 聚合物作为反模;

步骤三:采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面,并采用剥离技术将极紫外光可以修复的塑料材料表面从反模上分离,得到与母模相同的塑料功能性微结构表面,实现对塑料功能性微结构表面的复制。

2. 根据权利要求 1 所述的用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:所述步骤一中母模采用超短脉冲激光微加工自组织技术加工获得。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:

所述步骤二中采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上的具体过程为:在真空罐内将液态的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物浇注到母模表面,进行闭模,然后对真空罐抽真空,在  $10^{-2}$ Torr- $10^{-4}$ Torr 压力条件下,使母模上的微结构与光学透明的弹性体 PDMS 聚合物充分接触,并持续 20 分钟-30 分钟;然后将该充分接触的母模与其表面上的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物转移到加热器中,并对加热器加热 20-30 分钟,使其温度达到  $100^{\circ}\text{C}$  - $120^{\circ}\text{C}$ ,保温一小时,再将加热器自然冷却至室温,使光学透明的弹性体 PDMS 聚合物凝固,从而实现将母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物表面。

4. 根据权利要求 3 所述的用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:

所述步骤三中采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面的具体过程为:在真空罐内将液态的极紫外光可以修复的塑料材料浇注到反模表面,进行闭模,然后对真空罐抽真空,在  $10^{-2}$ Torr- $10^{-4}$ Torr 压力条件下,使反模上的微结构与极紫外光可以修复的塑料材料充分接触,并通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固,从而实现将反模的功能和结构转到极紫外光可以修复的塑料材料表面。

5. 根据权利要求 4 所述的用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:所述通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固的极紫外光的波长为 365nm,对极紫外光可以修复的塑料材料的照射时间为 5-10 分钟。

6. 根据权利要求 1、2、4 或 5 所述的用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,其特征在于:所述极紫外光可以修复的塑料材料为有机改性陶瓷 Ormocer、E-Shell 或聚乙二醇 Peg。

## 用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术 复制塑料功能性微结构表面的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,属于功能性塑料元件表面的制备领域。

### 背景技术

[0002] 功能性微结构表面是近年发展起来的新兴多学科交叉研究领域。进入 21 世纪,随着人类面临的能源危机、环境污染问题的日益突出,表面功能微结构的研究已经成为国内外许多学科领域的研究热点。目前该技术已成为微电子、国防、生物材料、汽车、先进农业机械等高新技术领域进一步提高设备和产品性能的关键。表面功能结构的设计和制造对其它领域也具有巨大的影响和作用,是制造高性能产品和设备的关键技术之一。

[0003] 表面功能结构按尺度可分为宏观结构、亚结构、微结构及纳米结构。不同尺度的表面功能结构可单一使用,也可复合使用。目前已经研究和应用于不同领域的表面功能性微结构有很多,不同功能的表面微结构具有不同的特点。如超疏水自洁表面结构是仿照荷叶为代表的植物叶、蝉等鳞翅目昆虫的翅膀的特点而制成的。研究发现,这种生物体表面的微纳双重结构的共同存在是实现其功能性的根源,据此仿生制造出具备“自清洁”和“自修复”功能的微结构表面,可以大大提高材料的防水、防尘、防油、防紫外线、防酸、防碱等能力。这对改善材料的防污染、防老化、抗氧化、抗腐蚀等性能发挥着巨大的作用。

[0004] 与此同时,元件或器件的小型化也是科技不断发展的一个趋势。诸如通讯、医药、生物化学和汽车等众多领域都对这类微小的元件设备有着大量的需求。它们对微小元件的需求要求在允许加工精度的范围内,以最经济的加工方式实现大批量的生产制造。对此,微小模具的成型技术是最具应用前景的技术,也许是唯一一种可以实现上述目标的制造手段。传统加工微米尺寸特征的模具的方法有微细铣削、微细电火花加工、传统激光束加工和电子束加工等。但是上述这些方法的缺点就是模具加工完之后尺寸精度会发生变化。

[0005] 激光加工,尤其是超短脉冲激光烧蚀为微小模具的加工提供了更多的加工优势。超短脉冲激光是一种通用的柔性加工技术,其加工微结构的尺寸特征可以达到亚微米级尺度。该类激光不仅是进行加工模具及进行复制生产的优良工具,同时也能够对模具或复制的产品加工出功能性表面结构。脉冲激光的这一性质更有利于模具和复制产品的完好分离,同时也可以复制出具有特定功能的产品,如保湿性的控制或微结构的特定行为功能等。

[0006] 软光刻技术是近年发展起来的具有巨大潜力的复制技术。可用于具有微纳双重结构的超疏水性微结构表面的批量制备。该技术只需加工出具有微纳双重结构的功能性微结构表面的母模或模芯,之后具有相同结构和相同功能的微结构表面就可以重复大量生产,进而可实现具有功能性微结构表面塑料元件的批量化生产。但是目前的工艺和技术在实现超疏水性微结构表面的批量制备中,存在高成本及低效率的问题,因此,如何实现具有超疏水性等功能性微结构表面的高效、批量、低成本和绿色生产已成为微小元器件及相关产业发展的关键技术之一。

## 发明内容

[0007] 为了解决目前超疏水性微结构表面的批量制备存在的高成本及低效率的问题,本发明提供一种用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法。

[0008] 本发明所述用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,它包括以下步骤:

[0009] 步骤一:制备具有超疏水性塑料功能性微结构表面的母模;

[0010] 步骤二:采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上,并采用剥离技术将该弹性体 PDMS 聚合物与母模分离,得到的弹性体 PDMS 聚合物作为反模;

[0011] 步骤三:采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面,并采用剥离技术将极紫外光可以修复的塑料材料表面从反模上分离,得到与母模相同的塑料功能性微结构表面,实现对塑料功能性微结构表面的复制。

[0012] 所述步骤一中母模采用超短脉冲激光微加工自组织技术加工获得。

[0013] 所述步骤二中采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上的具体过程为:在真空罐内将液态的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物浇注到母模表面,进行闭模,然后对真空罐抽真空,在  $10^{-2}$ Torr- $10^{-4}$ Torr 压力条件下,使母模上的微结构与光学透明的弹性体 PDMS 聚合物充分接触,并持续 20 分钟-30 分钟;然后将该充分接触的母模与其表面上的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物转移到加热器中,并对加热器加热 20-30 分钟,使其温度达到  $100^{\circ}\text{C}$  - $120^{\circ}\text{C}$ ,保温一小时,再将加热器自然冷却至室温,使光学透明的弹性体 PDMS 聚合物凝固,从而实现将母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物表面。

[0014] 所述步骤三中采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面的具体过程为:在真空罐内将液态的极紫外光可以修复的塑料材料浇注到反模表面,进行闭模,然后对真空罐抽真空,在  $10^{-2}$ Torr- $10^{-4}$ Torr 压力条件下,使反模上的微结构与极紫外光可以修复的塑料材料充分接触,并通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固,从而实现将反模的功能和结构转到极紫外光可以修复的塑料材料表面。

[0015] 所述通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固的极紫外光的波长为 365nm,对极紫外光可以修复的塑料材料的照射时间为 5-10 分钟。

[0016] 所述极紫外光可以修复的塑料材料为有机改性陶瓷 Ormocer、E-Shell 或聚乙二醇 Peg。

[0017] 本发明的优点是:本发明方法通过超短脉冲激光微加工自组织技术和软光刻复制技术相结合,实现具有超疏水性等功能性塑性元件的绿色、高效和低成本制造,能够高效的实现对塑料功能性微结构表面的批量生产。

[0018] 本发明采用超短脉冲微加工自组织技术制备母模,能够实现具有超疏水性等功能性微结构表面的制备,可以满足“自清洁”和“自修复”等功能性和加工性的要求;

[0019] 超短脉冲相对于脉冲宽度介于纳秒到微秒之间的‘传统’激光、机械加工和化学修

饰等处理方法而言,具有更高的加工效率和更高的加工质量,其无热效应和机械破坏等缺陷,并且加工成本更低并具有更好的工艺实现性等优点,可以实现一次加工成形,无需任何后续加工处理就可以使有微纳双重结构的元件具备非常好的超疏水等功能特性;

[0020] 本发明形成的新的复制加工工艺链,具有工艺简单、效率高、重复性好、费用低等特点,复制完成后的塑料元件具有与母模完全一致的微纳结构及功能性。从而可高效、低成本的实现具有超疏水性等功能性微结构表面塑料元件的批量化生产。

#### 附图说明

[0021] 图 1 为本发明方法的工艺过程示意图;

[0022] 图 2 为在生物相容性材料金属钛上,采用超短脉冲激光微加工自组织技术加工的本发明所述塑料功能性微结构表面的结构示意图;

[0023] 图 3 为普通塑料材料表面与水滴接触的示意图,图中 A 为普通塑料材料表面,B 为水滴;

[0024] 图 4 为对图 3 中普通塑料材料表面进行加工,获得的本发明的塑料功能性微结构表面与水滴接触的示意图,图中 C 为塑料功能性微结构表面。

[0025] 图 5 为普通塑料材料表面的自清洁效果示意图,图中 D 为尘埃颗粒;

[0026] 图 6 为对图 5 中普通塑料材料表面进行加工,获得的本发明的塑料功能性微结构表面的自清洁效果示意图。

#### 具体实施方式

[0027] 具体实施方式一:下面结合图 1 和图 2 说明本实施方式,本实施方式所述用于塑料功能性微结构表面批量化生产的采用软光刻技术复制塑料功能性微结构表面的方法,它包括以下步骤:

[0028] 步骤一:制备具有超疏水性塑料功能性微结构表面的母模;

[0029] 步骤二:采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上,并采用剥离技术将该弹性体 PDMS 聚合物与母模分离,得到的弹性体 PDMS 聚合物作为反模;

[0030] 步骤三:采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面,并采用剥离技术将极紫外光可以修复的塑料材料表面从反模上分离,得到与母模相同的塑料功能性微结构表面,实现对塑料功能性微结构表面的复制。

[0031] 本实施方式中最终获得的塑料功能性微结构表面与母模的结构和功能完全一致。

[0032] 重复执行步骤三,即实现对塑料功能性微结构表面的批量化生产。

[0033] 本实施方式中通过步骤一和步骤二获得反模后,只需重复步骤三,即可完成具有超疏水等功能性微结构塑料元件的批量化制备。

[0034] 所述 PDMS 为聚二甲基硅氧烷。

[0035] 具体实施方式二:下面结合图 1 说明本实施方式,本实施方式为对实施方式一的进一步说明,本实施方式所述步骤一中母模采用超短脉冲激光微加工自组织技术加工获得。

[0036] 本实施方式将超短脉冲激光微加工与软光刻成型复制技术相结合,制备具有超疏

水等功能性微结构表面的塑料元件, 能实现具有超疏水性等功能性微结构表面的高效、批量、低成本和绿色生产。

[0037] 图 1 中 1 表示超短脉冲激光束; 2 表示母模的制备材料; 3 表示工艺条件为大气环境; 4 表示获得的母模, 该母模具有微纳双重结构的功能性微结构表面; 5 表示光学透明的弹性体 PDMS 聚合物; 6 表示工艺条件为热修复; 7 表示获得的反模; 8 表示极紫外光可以修复的塑料材料; 9 表示工艺条件为极紫外光修复; 10 表示成型的复制品。

[0038] 具体实施方式三: 下面结合图 1 说明本实施方式, 本实施方式为对实施方式一或二的进一步说明, 本实施方式所述步骤二中采用软光刻复制技术将步骤一中制备的母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物上的具体过程为: 在真空罐内将液态的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物浇注到母模表面, 进行闭模, 然后对真空罐抽真空, 在  $10^{-2}\text{Torr}$ - $10^{-4}\text{Torr}$  压力条件下, 使母模上的微结构与光学透明的弹性体 PDMS 聚合物充分接触, 并持续 20 分钟-30 分钟; 然后将该充分接触的母模与其表面上的光学透明的弹性体 PDMS 聚合物转移到加热器中, 并对加热器加热 20-30 分钟, 使其温度达到  $100^{\circ}\text{C}$  - $120^{\circ}\text{C}$ , 保温一小时, 再将加热器自然冷却至室温, 使光学透明的弹性体 PDMS 聚合物凝固, 从而实现将母模的功能和结构转移到光学透明的弹性体 PDMS 聚合物表面。

[0039] 本实施方式中的过程在真空条件下完成, 是为了将混在 PDMS 和夹杂在母模微结构之间的空气抽掉, 从而保证制备的反模中无气泡, 而且也便于反模和母模的分离。将加热器自然冷却至室温的过程约需 20-30 分钟左右, 所述室温为  $20^{\circ}\text{C}$  左右, 此过程完成后, 将工件从加热器中取出后准备分离。

[0040] 具体实施方式四: 下面结合图 1 说明本实施方式, 本实施方式为对实施方式一、二或三的进一步说明, 本实施方式所述步骤三中采用软光刻复制技术将所述反模的功能和结构转移至极紫外光可以修复的塑料材料表面的具体过程为: 在真空罐内将液态的极紫外光可以修复的塑料材料浇注到反模表面, 进行闭模, 然后对真空罐抽真空, 在  $10^{-2}\text{Torr}$ - $10^{-4}\text{Torr}$  压力条件下, 使反模上的微结构与极紫外光可以修复的塑料材料充分接触, 并通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固, 从而实现将反模的功能和结构转到极紫外光可以修复的塑料材料表面。

[0041] 本发明的具体工艺流程如下:

[0042] (一)、根据超短脉冲激光微加工及软光刻技术的相关要求, 准备微加工及复制过程所需要的所有原材料及相关设备。

[0043] (二)、根据加工母模材料的特性及功能性微结构特性, 确定加工工艺; 加工材料原始表面的接触角状态及“自清洁”效果分别如图 3 和图 5 所示;

[0044] (三)、根据图 2 所示的超疏水功能性微锥结构的特点, 选用合适的加工透镜, 确定相关的光束参数及对光路系统进行调试, 然后加工出与所需功能性微结构一样的母模, 工艺过程如图 1 所示, 获得的具有微纳结构的功能性表面的接触角状态及“自清洁”效果分别如图 4 和图 6 所示;

[0045] (四)、将光学透明弹性体 PDMS 浇注到母模表面, 进行闭模。然后对其抽真空。在一定的压力条件下使母模上的微结构与 PDMS 充分接触, 并保持足够的接触时间。通过加热的方法使透明弹性体材料凝固, 从而使母模上的微结构转移到 PDMS 材料表面, 即形成反模, 工艺流程如图 1 所示;

[0046] (五)、将极紫外光可修复材料,如有机改性陶瓷材料 Ormocer 倾倒在反模结构 PDMS 表面,然后进行闭模并对其抽真空。在一定的压力条件下使反模上的微结构与 Ormocer 材料充分接触。通过极紫外光照射的方法使塑性材料凝固,从而使反模上的微结构转移到塑性材料表面。通过分离方法,从而最终形成与母模结构与功能完全一致的复制品,工艺流程及条件如图 1 所示。具有微结构的功能性表面的复制品的接触角状态及“自清洁”效果分别如图 4 和图 6 所示。重复此步骤即实现具有超疏水等功能性微结构塑料元件的批量制备。

[0047] 具体实施方式五:本实施方式为对实施方式四的进一步说明,所述通过极紫外光照射的方法使极紫外光可以修复的塑料材料凝固的极紫外光的波长为 365nm,对极紫外光可以修复的塑料材料的照射时间为 5-10 分钟。

[0048] 具体实施方式六:下面结合图 1 至图 6 说明本实施方式,本实施方式为对实施方式一、二、三、四或五的进一步说明,本实施方式所述极紫外光可以修复的塑料材料为有机改性陶瓷 Ormocer、E-Shell 或聚乙二醇 Peg。

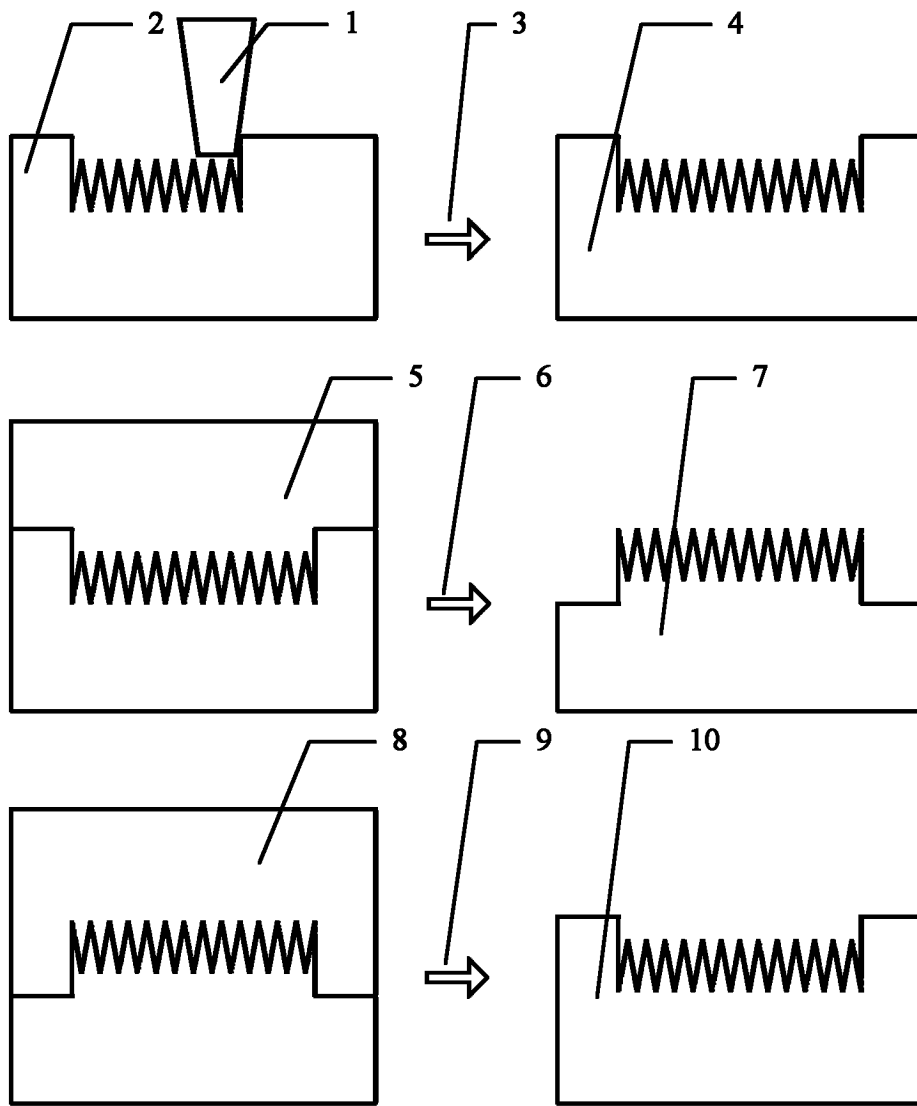


图 1

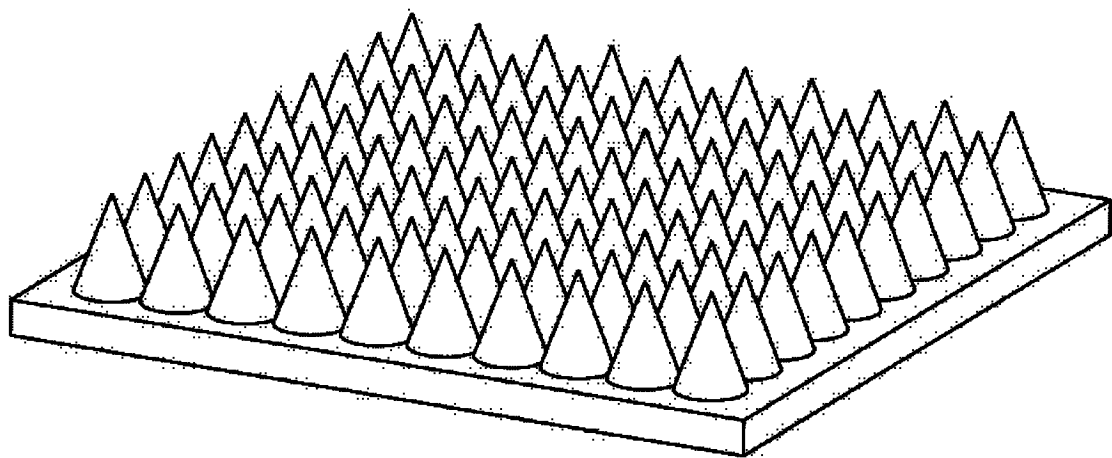


图 2



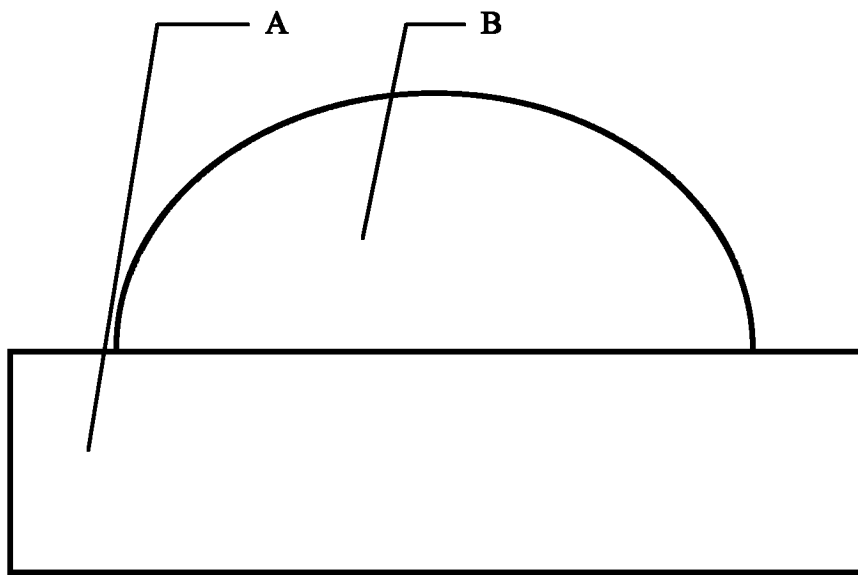


图 3

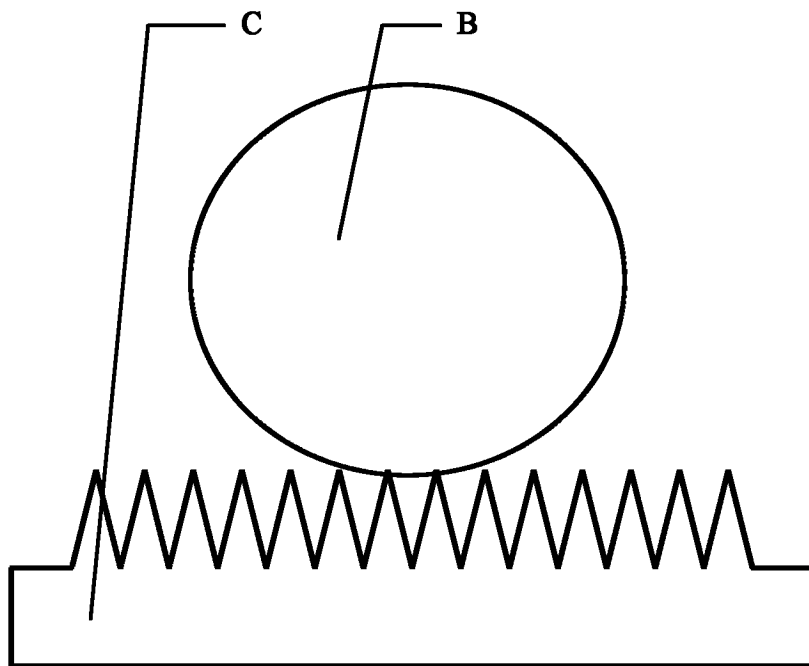


图 4

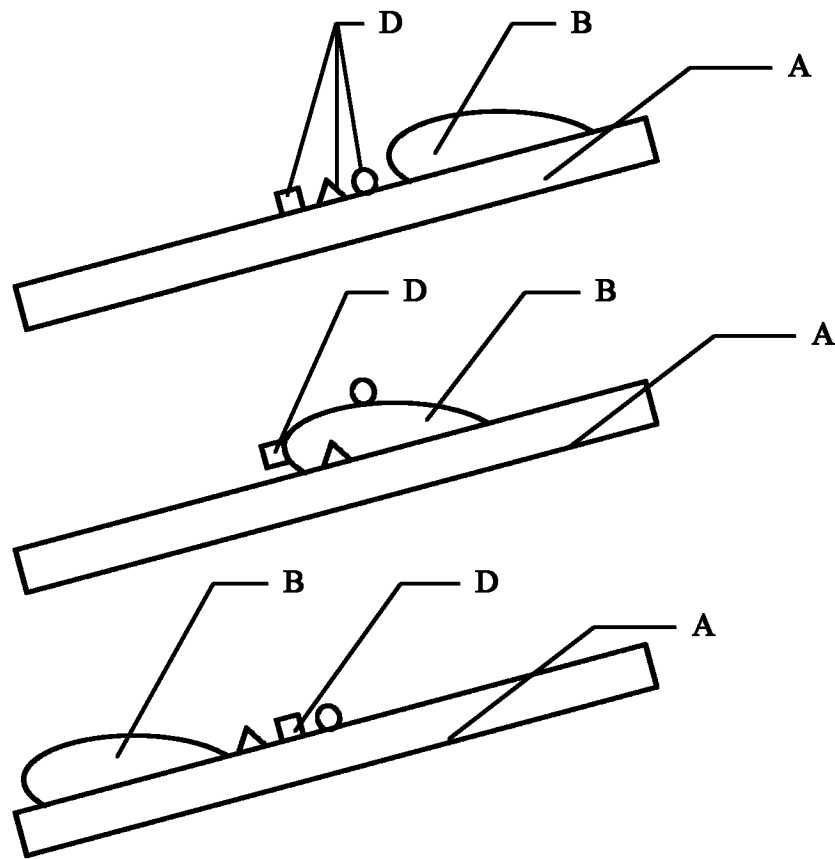


图 5

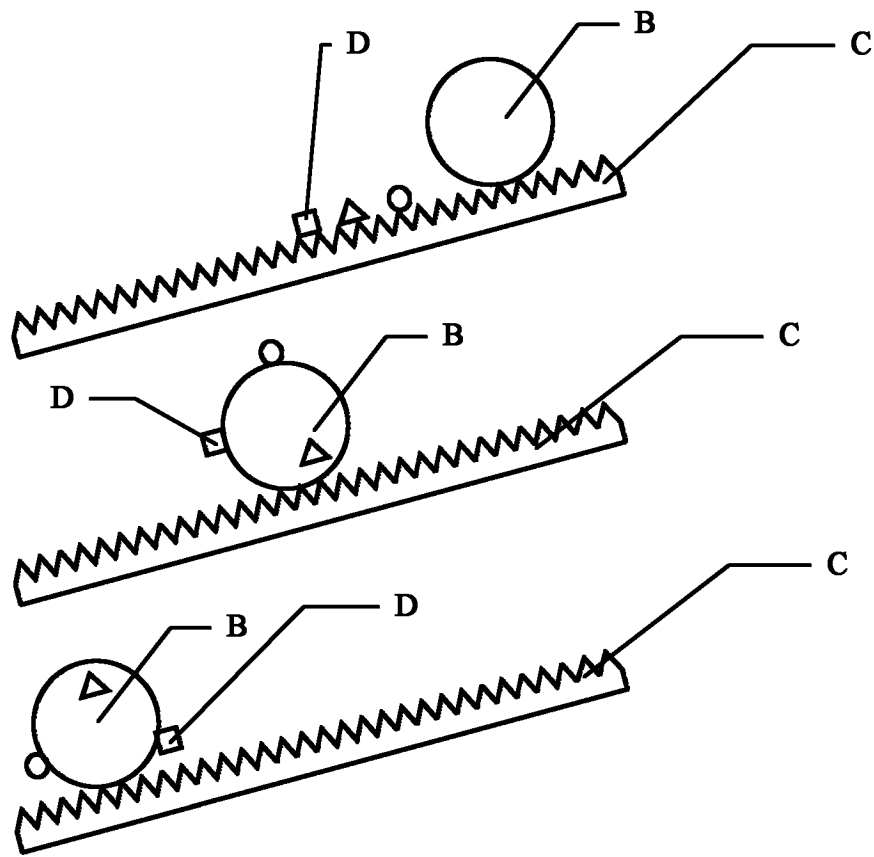


图 6