



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107965427 A

(43)申请公布日 2018.04.27

(21)申请号 201711181107.0

(22)申请日 2017.11.23

(71)申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72)发明人 康小明 贺伟国 杭观荣

(74)专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王毓理 王锡麟

(51)Int.Cl.

F03H 1/00(2006.01)

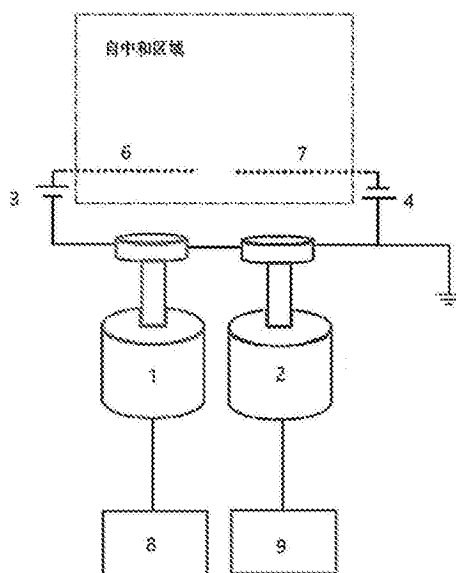
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

## (54)发明名称

基于超声电喷技术的自中和电推进装置

## (57)摘要

一种基于超声电喷技术的自中和电推进装置,包括:若干并列设置的超声喷嘴以及设置于每个喷嘴输出端的圆环吸极,其中:超声喷嘴的发射表面通过机械振动产生液态的微细驻波阵列,相邻圆环吸极上分别施加相反极性的脉冲高压,圆环吸极对超声喷嘴的发射表面上的微细驻波阵列施加脉冲电场,使得微细驻波波峰处的工作液产生电荷集中并受到电场力;在电场力、表面张力和惯性力的作用下,驻波顶部将出现泰勒锥,并喷射微细带电液滴。



1. 一种基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,包括:若干并列设置的超声喷嘴以及设置于每个喷嘴输出端的圆环吸极,其中:超声喷嘴的发射表面通过机械振动产生液态的微细驻波阵列,相邻圆环吸极上分别施加相反极性的脉冲高压,圆环吸极对超声喷嘴的发射表面上的微细驻波阵列施加脉冲电场,使得微细驻波波峰处的工作液产生电荷集中并受到电场力;在电场力、表面张力和惯性力的作用下,驻波顶部将出现泰勒锥,并喷射微细带电液滴。

2. 根据权利要求1所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,所述的圆环吸极的中心和超声喷嘴的发射表面的中心在同一轴线,即超声喷嘴中心轴。

3. 根据权利要求1所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,为避免压电陶瓷故障,所述的超声喷嘴的发射表面接地,所述的脉冲电场基于超声喷嘴的发射表面和圆环吸极之间的电势差形成,由于两个超声喷嘴的发射表面都接地,两个圆环吸极其中一个接正输出高压电源,另外一个接负输出高压电源,从而两个吸极与发射表面之间形成的电势相反。

4. 根据权利要求1所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,所述的超声喷嘴包括:带有工作液供给装置的发射器,其中:发射器通过接收超声信号产生机械振动,发射表面上的工作液在超声振动的激励下形成微细驻波,其频率与脉冲高压的频率相同。

5. 根据权利要求1或4所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,所述的机械振动通过设置于其内部的压电陶瓷晶体产生。

6. 根据权利要求5所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,所述的机械振动通过信号采集装置采集超声信号的频率并输出至圆环吸极。

7. 根据权利要求4所述的基于超声电喷技术的自中和电推进装置,其特征是,所述的工作液供给装置的输液管路和发射器连接,工作液通过工作液供给装置精确输送到发射器,并通过发射器内部的管道达到发射表面。

## 基于超声电喷技术的自中和电推进装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种航天领域中的电推进 (Electric Propulsion) 带电液滴中和技术,具体涉及一种采用超声电喷作为发射源和中和源的自中和电推进装置。

### 背景技术

[0002] 目前静电推力器多是通过发射带电液滴或带电粒子产生推力。然而在形成推力的同时将会产生大量多余电荷,并附着在航天器及设备表面。如果不处理这些有害电荷,将导致羽流持续对航天器充电而形成较高的电势。这将对负载和系统设备形成有害干扰,极端情况下将导致航天器设备发生故障。另外,对于静电推力器,当带电粒子通过吸极后,因粒子所带电荷与吸极电性相反,因此会产生将粒子拉回的库仑力,影响推力。为了解决上述问题,霍尔推力器或离子发动机等采用特殊结构的阴极发射电子,中和多余电荷使推力器羽流保持电中性。然而霍尔推力器的阴极结构较为复杂,不适用于应用在胶体推力器上。在电推进系统中,为了使喷射到空间中的羽流呈电中性,电推进系统必须安装中和器,其发出带电粒子与喷射出的带异种电荷的粒子相中和。目前电推进推力器主要使用的中和器是空心阴极,空心阴极工作时需要足够稳定的推进剂,复杂的推进剂贮存器以及供给系统降低了飞行器的有效载荷,不利于电推进系统小型化、微型化发展。美国新研制的小型胶体离子推力器,中和器采用碳纳米管场发射阴极,这种阴极制作工艺复杂,发射场强高。

### 发明内容

[0003] 本发明针对现有技术的缺陷,提出了一种基于超声电喷技术的自中和电推进装置,采用超声喷嘴作为发射源和中和源的自中和电推进装置,通过采用两个超声喷嘴、正负两个高压电源以及采用两个精密流量泵供液,在相同的工况和工作条件下,产生相同量的带电液滴,由于两个发射源的吸极电势相反,从而引出带相反电荷的液滴,从而达到自中和的效果。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 本发明包括:若干并列设置的超声喷嘴以及设置于每个喷嘴输出端的圆环吸极,其中:超声喷嘴的发射表面通过机械振动产生液态的微细驻波阵列,相邻圆环吸极上分别施加相反极性的脉冲高压,圆环吸极对超声喷嘴的发射表面上的微细驻波阵列施加脉冲电场,使得微细驻波波峰处的工作液产生电荷集中并受到电场力;在电场力、表面张力和惯性力的作用下,驻波顶部将出现泰勒锥,并喷射微细带电液滴。

[0006] 所述的超声喷嘴的个数优选为两个。

[0007] 所述的圆环吸极的中心和超声喷嘴的发射表面的中心在同一轴线(超声喷嘴中心轴)。

[0008] 为避免压电陶瓷故障,所述的超声喷嘴的发射表面优选为接地设置,进一步优选两个相同喷嘴对称布置于支架上,所述的脉冲电场基于超声喷嘴的发射表面和圆环吸极之间的电势差形成,由于两个超声喷嘴的发射表面都接地,两个圆环吸极其中一个接正输出

高压电源,另外一个接负输出高压电源,从而两个吸极与发射表面之间形成的电势相反。

[0009] 所述的超声喷嘴包括:带有工作液供给装置的发射器,其中:发射器通过接收超声信号产生机械振动,发射表面上的工作液在超声振动的激励下形成微细驻波,其频率与脉冲高压的频率相同。

[0010] 所述的机械振动优选通过设置于其内部的压电陶瓷晶体产生,进一步优选通过信号采集装置采集超声信号的频率并输出至圆环吸极。

[0011] 所述的工作液供给装置的输液管路和发射器连接,工作液通过工作液供给装置精确输送到发射器,并通过发射器内部的管道达到发射表面。

#### 技术效果

[0012] 与现有技术相比,本发明采用两个相同的超声喷嘴作为发射源和中和源,通过二者产生的带异种电荷的液滴,从而产生自中和的效果。超声驻波作为发射源能产生大量的均匀性好的带电液滴,通过在高压电场的加速,从而产生较大的推力和推力密度。该系统中,集中了两个同频率的超声喷嘴,能够形成更大的推力和推力密度,与其他的推力器相比,无需额外设计中和器。两个超声喷嘴的工作情况需要具有较好的一致性,包括振动频率、电场条件和供液条件等。在超声喷嘴的发射表面,形成稳定的微细驻波阵列是引出微细液滴的前提条件,通过施加高压电场,驻波波峰处的带电液滴引出并加速。

#### 附图说明

[0013] 图1为自中和系统示意图;

[0014] 图2为液滴引出过程示意图;

[0015] 图3为超声喷嘴结构示意图;

[0016] 图4为发射器的发射表面上形成微细驻波三维示意图;

[0017] 图5为发射表面二维微细驻波原理图;

[0018] 图6为微细驻波的演变及引出带电液滴的过程示意图;

[0019] 图7(a)~(f)为静电场条件下微细驻波模拟结果示意图;

[0020] 图中:超声喷嘴1、2、高压电源正输出3、负输出高压电源4、液滴5、吸极6、7、精确流量泵8、9、细微驻波10、工作液供给装置11、超声信号发生器12、压电陶瓷13、发射表面14。

#### 具体实施方式

[0021] 如图2所示,本实施例涉及一种采用超声喷嘴作为发射源和中和源的自中和电推进装置,包括:两个超声喷嘴1、2和两个高压电源,即一个正输出3和一个负输出4,在相同的工况和工作条件下,产生相同量的带异种电荷的液滴5,由于两个发射源的吸极电势相反,从而引出带相反电荷的液滴,从而达到自中和的效果,保证了工作空间的电中性。

[0022] 所述的带异种电荷的液滴5,由两个电场力相反的高压电场作用于微细驻波阵列而产生,由于两个吸极6、7的电势相反,两个喷嘴(零电势)被引出带相反电荷的液滴,如图1所示。

[0023] 如图3所示,所述的超声电喷系统包括:超声喷嘴1、2、用于产生超声波信号的超声波发生器6、供液系统7和高压电源3、4,其中:超声波发生器6通过压电陶瓷使发射表面产生高频振动,从而使得其上的薄液膜形成微细驻波阵列;供液系统7产生定流量的工作液并输

送至发射表面；高压电源3、4在吸极9和发射表面8之间形成高压电场，将微细驻波波峰处的液滴引出并加速。

[0024] 所述的发射表面8就是超声喷嘴最前端形成微细驻波的振动表面，如图3所示。

[0025] 所述的工作液膜是由供液系统7将工作液输运至发射器最前端的发射表明上形成的，如图2和图3所示。

[0026] 所述的超声波发生器6内置压电陶瓷晶体，通过变幅杆对发射表面施加高频机械振动，从而产生超声驻波阵列。

[0027] 所述的微细驻波是工作液膜在超声振动的作用下而形成的，微细驻波波峰就是超声电喷的发射点，该系统集成的两个超声喷嘴能够形成更大的发射点数量和密度。

[0028] 所述的振动频率是由发射器内部的压电陶瓷晶体的固有频率来决定的。

[0029] 所述的临界稳定状态是通过调节超声振动的功率来控制微细驻波的振幅，当微细驻波的振幅达到到临界稳定状态，即超声雾化的阈值点，此时若再增大振动功率则会出现直接超声雾化。临界稳定状态对应微细驻波处于待雾化而未雾化的形态。

[0030] 如图7所示，为上述装置静电场条件下微细驻波模拟结果。

[0031] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整，本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限，在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

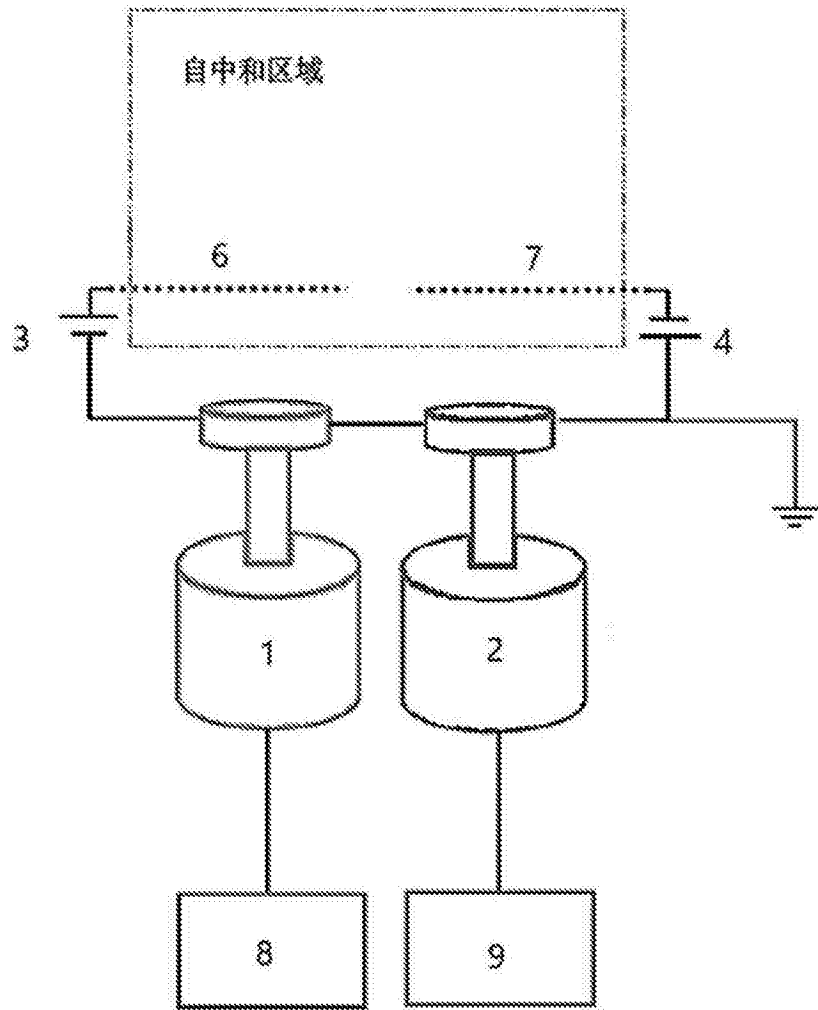


图1

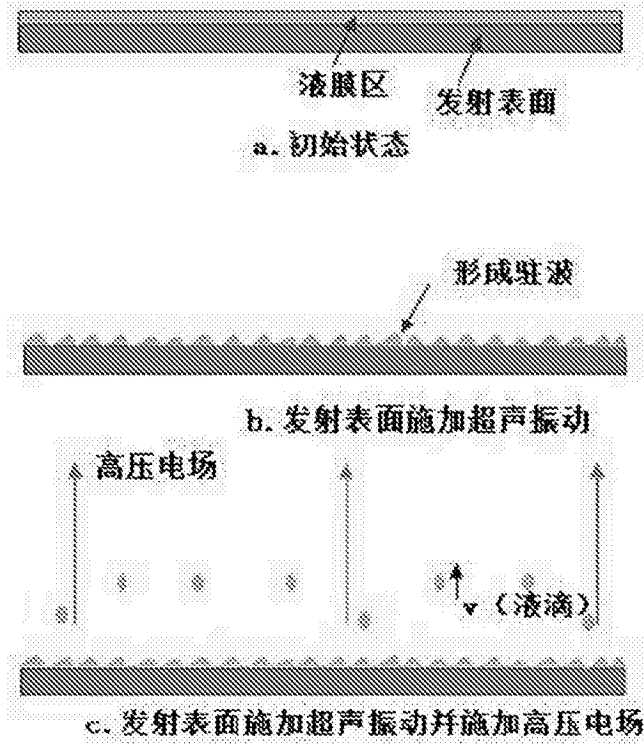


图2

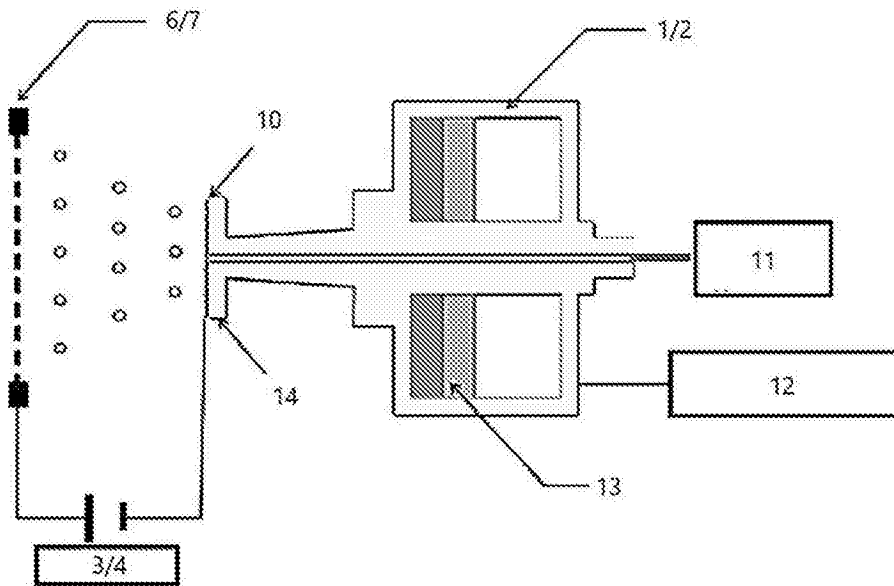


图3

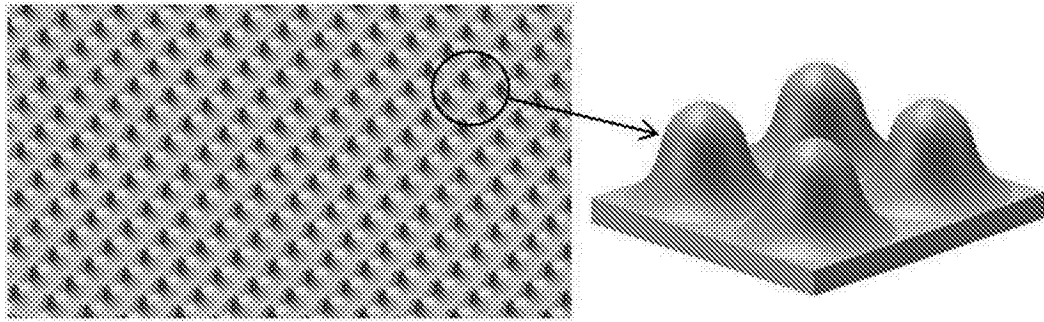


图4

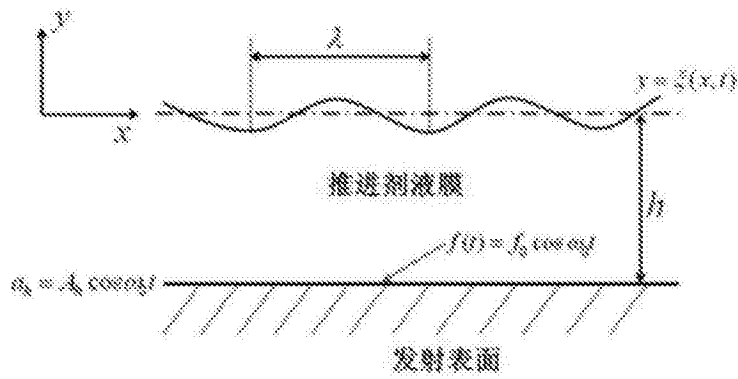


图5

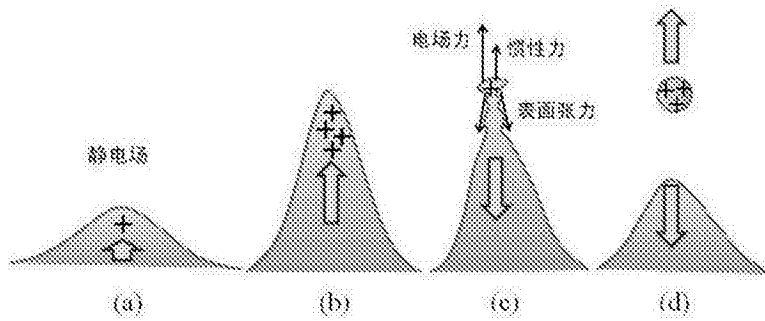
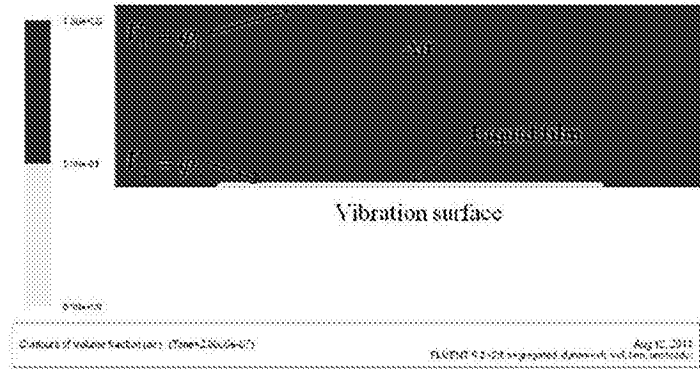
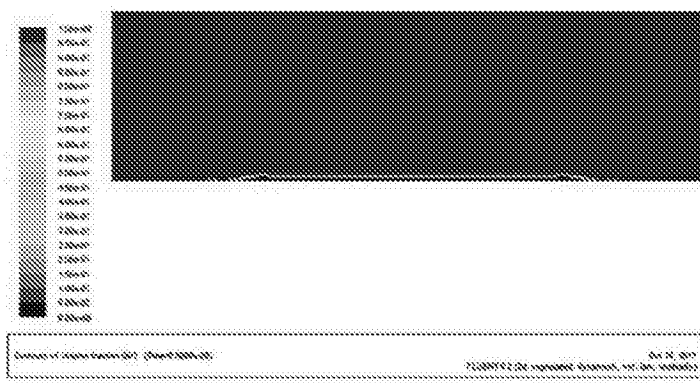


图6

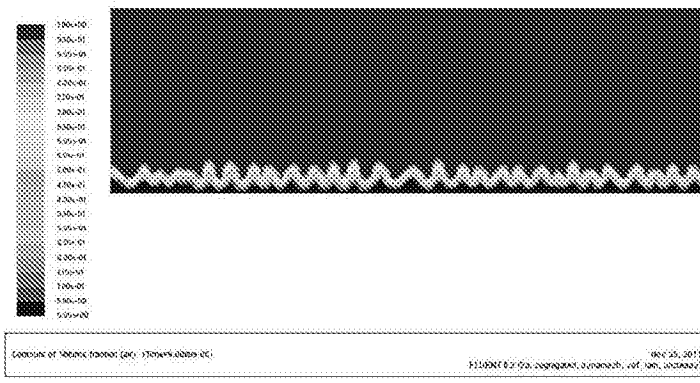




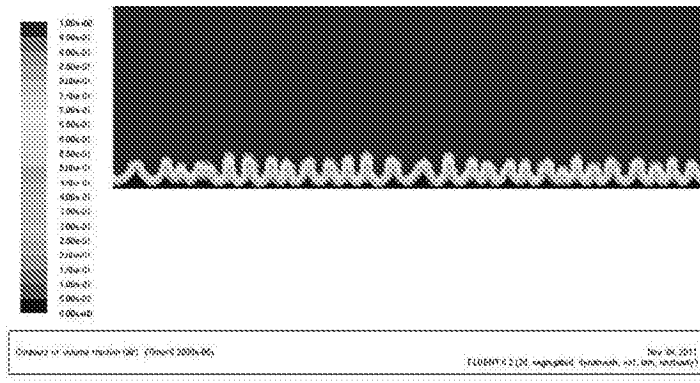
(a)



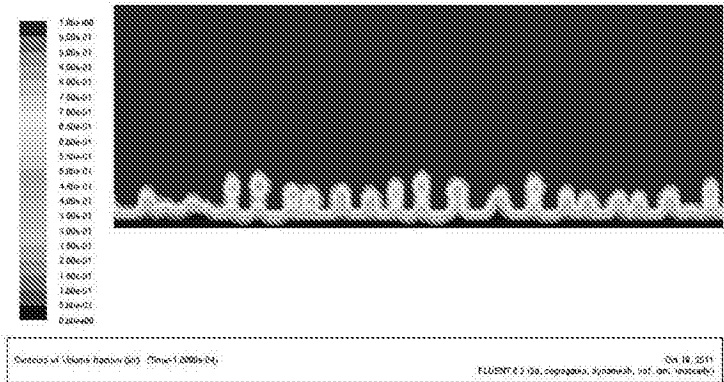
(b)



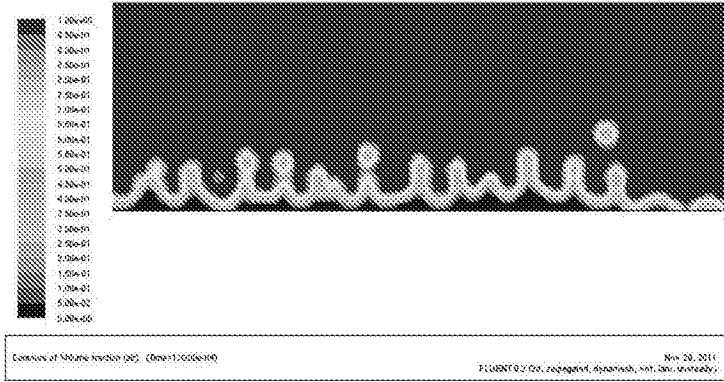
(c)



(d)



(e)



(f)

图7