

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B05C 5/00 (2006.01)

B05D 1/02 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310101854.0

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1273223C

[22] 申请日 2003.10.21

[21] 申请号 200310101854.0

[71] 专利权人 财团法人工业技术研究院

地址 台湾省新竹县

[72] 发明人 郑兆凯 吕春福 邱琬雯

审查员 任淑华

[74] 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司

代理人 梁挥 陈红

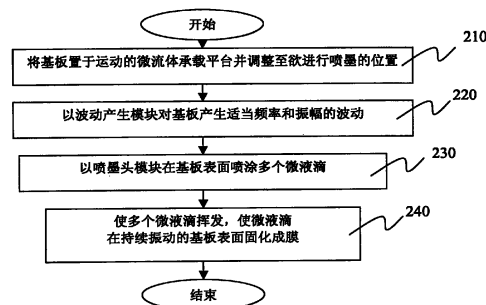
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 11 页

## [54] 发明名称

微流体喷涂薄膜成形装置及其方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种微流体喷涂薄膜成形装置及其方法，用以在一基板上形成薄膜组件，通过对基板产生波动，使附着于基板的微液滴在持续振动的基板表面固化成膜，通过物理性振动来破坏附着于基板的液滴的表面张力，使液滴在干涸的过程中保持住大部分的溶质，破坏溶质堆积于边缘的机制，而得到较平坦的薄膜均匀性，同时振动也可破坏微液滴的表面形状，使其更趋向于真圆形。



- 1、一种微流体喷涂薄膜成形方法，用以在一基板上形成薄膜组件，其特征在于，其步骤包含：
- 5           使该基板受到持续性的一波动而产生持续振动；  
          分布多个微液滴于该基板表面；及  
          使该微液滴在持续振动的该基板表面固化成膜，通过振动来破坏该微液滴附着于该基板的表面张力，进而破坏该微液滴所含的溶质堆积于该微液滴边缘的机制。
- 10          2、根据权利要求 1 所述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特征在于，该波动的频率范围介于 20 赫兹至 10 亿赫兹。
- 3、根据权利要求 1 所述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特征在于，该波动的驱动波形的占空比为 10%至 90%。
- 4、根据权利要求 1 所述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特征在于，该波动的振动模式为该波动的振幅平行于该基板平面的方向。
- 15          5、根据权利要求 1 所述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特征在于，该波动的振动模式为该波动的振幅垂直于该基板平面的方向。
- 6、一种微流体喷涂薄膜成形装置，用以在一基板上形成薄膜组件，其特征在于，其包含：
- 20           一微流体分布模块，用以产生多个微液滴并使其分布于该基板表面；  
          一微流体承载平台，用以承载该基板，且该微流体承载平台可和该微流体分布模块产生相对位移；及  
          一波动产生模块，含有一个以上的振动组件，以对该基板产生一波动，用以改变该微液滴在该基板表面的固化成膜形态，通过该波动来破坏该微液滴附着于该基板的表面张力，进而破坏该微液滴所含的溶质堆积于该微液滴边缘的机制。
- 25          7、根据权利要求 6 所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该微流体分布模块选自热气泡式喷墨头、压电式喷墨头、点阵机和连续式喷墨装置其中之一。
- 30          8、根据权利要求 6 所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该振

动组件为微波组件、超音波组件、压电组件和声波组件其中之一。

9、根据权利要求6所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该振动组件为锆钛酸铅压电组件。

5 10、根据权利要求6所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该振动组件附着于该基板。

11、根据权利要求6所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该振动组件为多个，相对于该基板以对称型式分布。

12、根据权利要求6所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，该振动组件操作于不同的振幅与频率范围。

10 13、根据权利要求6所述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特征在于，还包含一温度控制模块，用于控制该基板的表面温度。

## 微流体喷涂薄膜成形装置及其方法

### 5 技术领域

本发明涉及一种薄膜成形装置及其方法,尤其涉及一种应用于喷墨工艺的微流体喷涂薄膜成形装置及其方法。

### 背景技术

10 喷墨打印技术是一种精细、再现性高的涂布工艺,可应用于各种不同材料的精密组件喷印成形。但是使用喷墨法制作高分辨率的薄膜组件需要相当精确的位置定位,方能将微液滴喷涂在预定的位置上,同时附着于基材的微液滴需将其所包含的溶剂(水、有机溶剂等)挥发才能固化形成薄膜,然而挥发过程中的物理现象将影响薄膜的均匀性。

15 微液滴在基材上具有固态(基板)、液态(液滴)和气态(挥发气体)三相,其中,固态与液态接触线的区域能量比液态与气态接触线区域的能量低(散热快),此外固态与液态接触线的区域蒸气压比液态与气态接触线区域的蒸气压低,因此形成液滴周围比液滴中心容易固化的现象,使薄膜产生中心低四周高的情形,一般称为咖啡环(coffee ring),这种不平坦的结构对于功能性组件具有严重的伤害。因此,喷墨方法制作组件主要的问题为薄膜的不均匀性(inhomogeneous),  
20 其次为喷墨涂布干燥的过程中所容易导致的相分离(Phase Separation)。上述问题皆会影响组件的品质和合格率,特别是在制作高分辨率组件的情形下,使得用喷墨法制作薄膜组件的分辨率无法提高。

为改善薄膜组件的平坦性和品质,可以在薄膜固化成形的过程中,通过外力、基板表面处理及改变工艺流程等方法来尝试改变和控制薄膜的溶剂蒸发情形。如世界专利公告号 WO01/70506A2 所揭示,是利用气流吹拂基板表面的液滴的方式,以改变微液滴的溶剂蒸汽浓度梯度,期使液滴边缘固化速度增加,而不会形成咖啡环的结构。气流的方式诚然克服了咖啡环结构的困扰,但是快速的气流可能将半空中的微液滴吹到别的位置,将造成定位控制的困扰。又如  
30 美国第 4510173 号专利所揭露,是使用光固化的热塑性高分子作为组件材料,

在工艺流程中需提供热能至基板，使附着至基板的液滴具有流动性以形成平坦膜层，再经由紫外光照射固化，以得到平坦的有机薄膜组件。

另外，如美国第 6383913 号专利中所述，提出一种改变承载表面的湿润性 (Wettability) 的方法制作组件，借此改善承载的介电层 (Dielectric Layer) 表面的特性。先在介电层上方先涂布一层介电阻挡层 (Dielectric Barrier Layer)，再经过 UV 光照射处理后，使得介电阻挡层表面由斥水性 (Hydrophobic) 改变成为亲水性 (Hydrophilic)，使粘着 (Adhesive) 性质大幅改善，以改良薄膜组件的表面性质。另有一相近的作法，如美国第 6162745 号专利提及一种表面处理的方法，是用来处理溶剂形成薄膜时的薄膜控制方法，其做法是在基板表面照射 UV 光源，使基板表面在像素 (Pixel) 处形成亲水性，非像素处则形成非亲水性，以得到较佳的薄膜品质。

然而上述的方法仍然难以针对喷墨工艺所产生的咖啡环结构作出良好的改善，进而有效提升薄膜组件品质。

参考 1997 年发表于 Nature 的文章“Capillary Flow as the Cause of Ring Stains From Dried Liquid Drops”所阐述关于自然现象中，含有固态溶质的液体干涸产生咖啡环的情形。其提供几个重要的解决方向，消除产生咖啡环的情形，在液滴成型初期，其液滴边缘的累积现象可被忽略，表示蒸发速度越快越好。其次，粘度越高，液体流动速度越慢，则产生的环 (Ring) 的厚度较宽平。而接触角越大 (Contact Angle)，即表面张力越大，其蒸发率 (Evaporation Rate) 越大，则毛细现象流动越不明显，就会造成越厚的环 (Ring)，因此破坏液滴的表面张力有助于形成较平坦的薄膜。

### 发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种微流体喷涂薄膜成形装置及方法，通过物理性振动来破坏附着于基板的微液滴的表面张力，使微液滴在干涸的过程中，表面张力受到此物理性作用力的影响，在干涸过程中保持住大部分的溶质，使其无法被毛细力吸引到边缘的接触线，破坏溶质堆积于边缘的机制，而得到较平坦的薄膜均匀性。

为实现上述目的，本发明提供一种微流体喷涂薄膜成形方法，用以在一基板上形成薄膜组件，其特点在于，其步骤包含：

使该基板受到持续性的一波动而产生持续振动；

分布多个微液滴于该基板表面；及

使该微液滴在持续振动的该基板表面固化成膜，通过振动来破坏该微液滴附着于该基板的表面张力，进而破坏该微液滴所含的溶质堆积于该微液滴边缘的机制。

5 上述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特点在于，该波动的频率范围介于20赫兹至10亿赫兹。在微流体表面形成特定的振动频率，可使微液滴表面产生不同的扰动，此特定的振动频率取决于承载基板以及振动源的结构共振频率。产生的扰动会造成微流体本身因受到共振产生驻波结构，进而破坏微液体表面的外型与表面张力。

10 上述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特点在于，该波动的驱动波形的占空比（Duty Ratio）为10%至90%。

上述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特点在于，该波动的振动模式为该波动的振幅平行于该基板平面的方向。

15 上述的微流体喷涂薄膜成形方法，其特点在于，该波动的振动模式为该波动的振幅垂直于该基板平面的方向。

本发明还提供了一种微流体喷涂薄膜成形装置，用以在一基板上形成薄膜组件，其特点在于，其包含：

一微流体分布模块，用以产生多个微液滴并使其分布于该基板表面；

20 一微流体承载平台，用以承载该基板，且该微流体承载平台可和该微流体分布模块产生相对位移；及

一波动产生模块，含有一个以上的振动组件，以对该基板产生一波动，用以改变该微液滴在该基板表面的固化成膜型态，通过该波动来破坏该微液滴附着于该基板的表面张力，进而破坏该微液滴所含的溶质堆积于该微液滴边缘的机制。

25 上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该微流体分布模块选自热气泡式喷墨头、压电式喷墨头、点阵机（Arrayer）和连续式喷墨装置（Continuous Ink-Jet）其中之一。

30 上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该振动组件为微波组件、超音波组件、压电组件和声波组件其中之一。

上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该振动组件为锆钛酸铅（PZT）压电组件。

上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该振动组件附着于该基板。

上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该振动组件为多个，相对于该基板以对称型式分布。

上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，该振动组件操作于不同的振幅与频率范围。

上述的微流体喷涂薄膜成形装置，其特点在于，还包含一温度控制模块，用于控制该基板的表面温度。

由于本发明提供的振动可破坏微液体的外型，本发明的另一个目的，是使落在基板表面的微流体，具有更好的面积真圆性。利用此物理性扰动，表面张力将受到波扰动的影响，调整因基板本身缺陷或微流体分布过程中，造成微液滴真圆性不佳的问题。

波动振幅与频率控制将有效的改变微流体的挥发性与表面张力，进而使毛细现象的产生得到抑制，得到更好的薄膜平坦性。用以产生波动的波动产生模块所包含的振动组件，依照目前所熟知的技术，可为微波组件、超音波组件、压电组件或者是利用声波组件，作为振动声源，进而扰动微流体的表面。

以下结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述，但不作为对本发明的限定。

20

#### 附图说明

图 1 为本发明的微流体喷涂薄膜成形装置的示意图；

图 2 为本发明的微流体喷涂薄膜成形的流程示意图；

图 3 为平板状的压电组件的振幅示意图；

图 4A 至图 4E 为不同数目的振动组件在各种位置排列的振幅仿真示意图；

图 5A 至 5D 为操作频率的振动组件的振幅仿真示意图；

图 6 为本发明第一应用例的实施设备示意图；

图 6A 为振动前去离子水液滴附着于基板的示意图；

图 6B 为振动去离子水液滴附着于基板的示意图；

图 7 为本发明第二应用例的实施设备示意图；

30

图 7A 至图 7C 为本发明第二应用例的薄膜厚度分布图；及  
图 8 为本发明第三应用例的配置示意图；  
图 8A 至图 8C 为本发明第三应用例的薄膜厚度分布图。

## 5 具体实施方式

本发明是通过施加于基板的波动，来破坏液滴固化过程的表面形状和张力，进而使液滴干涸所形成的薄膜表面较为均匀。然而其波动源的数目、配置及参数控制等，都会影响到液滴固化情形。此外，波动的振动模式也会随着操作频率有所变化，其主要的现象为，在低频振动时，即振动频率小于 1 百万赫兹(MHz)，主要的振动模式为振幅平行于基板平面的方向，频率大于 1 MHz 的情况下，主要的振动模式为振幅垂直于基板平面的方向。而在高频的情形下，破坏表面张力的情形较为明显。

请参考图 1，其为微流体喷涂薄膜成形装置的示意图。包含有喷墨头模块 10、运动的微流体承载平台 20、支撑架 21 以及波动产生模块 30，喷墨头模块 10 具有一个以上的喷孔 11，并固定于一喷头调整机构 12 以对基板 40 进行液滴 13 喷涂，基板 40 表面具有格状的挡墙 41，防止喷涂液滴 13 时的喷溅。运动的微流体承载平台 20 承载基板 40 并可调整其位置以供喷墨头模块 10 喷涂墨滴，且具有支撑架 21 供基板 40 设置，使基板 40 和微流体承载平台 20 保持一段距离。而波动产生模块 30 为压电组件，贴附于基板 40 下方，波动产生模块 30 没有与运动的微流体承载平台 20 接触，可避免不必要的能量衰减。波动产生模块 30 动作产生适当频率的波动，当喷孔 11 将多个液滴 13 喷涂于基板 40 时，可造成薄膜的平坦化。

上述的压电组件是使用锆钛酸铅(PZT)压电组件，PZT 组件在超高频驱动时会产生热能，此热能可造成基板的温度上升，对于用以制造薄膜的有机材料而言，在一定的温度范围内，可以增加其流动性，形成更好的膜厚型态。以制作高分子有机电激发光二极管 (PLED) 的酚醛树脂(Phenolic, PF)系列溶液为例，其温度范围需小于 80 摄氏度(°C)，超过 80°C，其流动性虽然增加，但也造成固态成分(Solid Content)的析出，对成膜性质反而不利。表一为 PZT 测试资料，当 PZT 组件操作在一定的电压范围，可以同时作为基板微加热的装置，其产生的温度差异，使流体可以在有温度差异的两边界之间形成马兰各尼



(Marangoni)对流, 将有助于咖啡环的改善。

表一:

	1min	2min	3min	5min	8min
5V	30	31	32	32	32
10V	45	45	50	50	49
15V	92	103	N/A	N/A	N/A

应用上述装置的微流体喷涂薄膜成形方法, 请参考图 2, 其为本发明的微流体喷涂薄膜成形流程示意图。其步骤包含: 步骤 210, 将基板置于运动承载平台并调整至欲进行喷墨的位置; 步骤 220, 以波动产生模块对基板产生适当频率和振幅的波动; 步骤 230, 以喷墨头模块在基板表面分布多个微液滴; 步骤 240, 挥发多个微液滴的溶剂, 使微液滴在持续振动的基板表面固化成膜。在微流体表面形成特定的振动频率, 可使微液滴表面产生不同的扰动, 此特定的振动频率取决于承载基板以及振动源的结构共振频率。产生的扰动会造成微流体本身因受到共振产生驻波结构, 进而破坏微液体表面的外型与表面张力。其中, 可以另外安装温度控制模块, 以控制基板的表面温度。

此外, 压电组件振动的幅度相对于波动产生中心会造成衰减, 请参考图 3, 其为平板状的压电组件的振幅示意图。每一压电组件可视为单独振动源, 然而如图 3 所示, 单一振动源并非提供每一处均匀的振幅, 其振幅是由波动产生中心向边缘减少, 接近波动产生中心处有高振幅波动, 远离波动产生中心处则仅有低振幅波动。因此, 用以振动基板的波动所包含的重要的控制因素除了振动组件的特征频率(Frequency)、电压振幅(Voltage Amplitude)、振动模式(Vertical Mode、Bend mode or Harmonic Mode)、振动组件的尺寸大小与微液滴的尺寸大小, 还需考虑波动产生装置所包含的振动组件的数目和配置。

振动组件在基板的数目、位置排列以及操作频率所造成的振幅模型(Amplitude Pattern)可参考图 4A 至图 4E 与图 5A 至图 5D。是将每一振动组件视为点状的振动源, 环绕振动源的同心环状条纹为同样相位波峰的连结, 因此条纹越密集处表示其振动发生的越频繁, 理想的状况为条纹均匀分布于基板, 表示基板各处皆可受到振动。请参考图 4A 至图 4E, 其为不同数目的振动组件在各种位置排列的振幅仿真示意图。图 4A 是在基板的四个边角放置振动组件作为振动源; 图 4B 是在基板的四个边角与基板中心放置振动组件, 即在

中央增加一振动组件；图 4C 为在基板的四个边长中心处放置振动组件；图 4D 为在基板的四个边长中心位置与基板中心放置振动组件，即在中央增加一振动组件；图 4E 在基板的四个边长中心位置、四个边角以及基板中心都放置振动组件，即具有九个振动源，图 4A 至图 4E 的振动组件都具有相同的振幅与频率。

5 请参考图 5A 至图 5D，其为操作频率的振动组件的振幅仿真示意图。图 5A 是在基板的四个边角放置频率为  $f$  的振动组件作为振动源，在中心处放置一个频率为  $f/2$  的振动组件。图 5B 在基板的四个边长中心处放置频率为  $f$  的振动组件，在中心位置放置一个频率为  $f/2$  的振动组件；图 5C 是在基板的四个  
10 边角放置频率为  $f$  的振动组件作为振动源，在中心处与四个边长中心处都放置操作频率为  $f/2$  的振动组件；图 5D 是在基板的四个边长中心放置 4 个操作在频率  $f$  的振动组件，在中心处与四个边角则放置操作频率为  $f/2$  的振动组件。由图 4A 至图 4E 与图 5A 至图 5D 说明了振动源的个数、排列和操作频率，将影响整个基板的薄膜形成效果，越均匀的振幅有助于对各个液滴造成近似的效  
15 果，所以振动源应呈对称性排列可以得到较好的效果。

为证明本发明可应用于制作均匀的薄膜组件，分别以去离子水和制作高分子有机电发光二极管 (PLED) 的酚醛树脂(Phenolic, PF)溶液作为应用例的喷印流体，请参考图 6，其为本发明第一应用例的实施设备示意图。为证实本发明可使液滴趋近于真圆状，先以去离子水作为喷印流体，如图 6 所示是使用  
20 型号 OBO-41208-16 的蜂鸣片做为振动源，再以尺寸为  $22 \times 22$  毫米，厚度为 0.175 毫米的制造商 Deckglaser 所制的玻璃盖 ( cover glasses) 作为喷印基板，并使用 HP51626 喷印头，液滴直径尺寸约为 100~200 微米，振动源是以三点固定于基板，其振幅设定为输入 12.4V，频率为 1.922KHz，占空比(Duty Ratio) 为 50%。将去离子水以喷墨方式喷布于基板表面，为清楚观察液滴形状变化，  
25 其液滴尺寸设为 5000 微米。如图 6A 所示，其为振动前去离子水液滴附着于基板的照片，其形状并非呈现真圆形，以上述的振动条件，使振动源作用对基板产生振动，结果如图 6B 所示，其为振动去离子水液滴附着于基板的照片，可在液滴的表面形成驻波节点破坏其表面形状，使其整体形状较接近于真圆形。

30 以制作高分子有机电发光二极管 (PLED) 的酚醛树脂(Phenolic, PF)薄

膜作为第二应用例，如图 7 所示，为本发明第二应用例的实施设备示意图；是使用型号 OBO-41208-16 的 PZT 片做为振动源，再以尺寸为 22×22 毫米，厚度为 0.175 毫米的制造商 Deckglaser 所制的玻璃盖（cover glasses）作为喷印基板，并使用 HP51626 喷印头，液滴直径尺寸约为 100~200 微米，振动源是以三点固定于基板，其振幅设定为输入 12.4V，频率分别为 100KHz、200KHz、500KHz，占空比(Duty Ratio)则维持 50%。再将 PF 溶液以喷墨方式分布于基板，待干燥后(2~3 秒)，测量其剖面高度以比较薄膜厚度分布趋势，如图 7A 至图 7C，其为第二应用例的薄膜厚度分布图。图 7A 的频率为 100KHz，图 7B 的频率为 200KHz，图 7C 的频率为 500KHz，可以看到随着频率增加，液体逐渐有向中心聚集的现象，而进行 500KHz 频率的振动所得的薄膜，其中心与边缘的厚度均匀，有效地改善咖啡环的型态，由此可知于高频的区段内，振荡效果比较明显。

以制作高分子有机电激发光二极管（PLED）的酚醛树脂(Phenolic, PF)薄膜作为第三应用例；请参考图 8 的本发明第三应用例的配置示意图，是使用 7 个对称分布的 PZT 片 110 做为振动源贴附于承载平台 120 下方，其以尺寸为 70×70 毫米，厚度为 0.7 毫米的玻璃(Glasses)作为喷印基板，液滴直径尺寸约为 100~200 微米，其振幅设定为输入 80V，频率分别为 100KHz、300KHz、400KHz，占空比(Duty Ratio)则维持 50%。再将 PF 溶液以喷墨方式分布于基板，待干燥后(2~3 秒)，测量其剖面高度以比较薄膜厚度分布趋势，如图 8A 至图 8C，其为第三应用例的薄膜厚度分布图。图 8A 的频率为 100KHz，图 8B 的频率为 300KHz，图 8C 的频率为 400KHz，可以看到多个 PZT 布置排列，即多个振动源其改善薄膜平坦性的效果较第二实施例更佳。

当然，本发明还可有其它多种实施例，在不背离本发明精神及其实质的情况下，熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形，但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

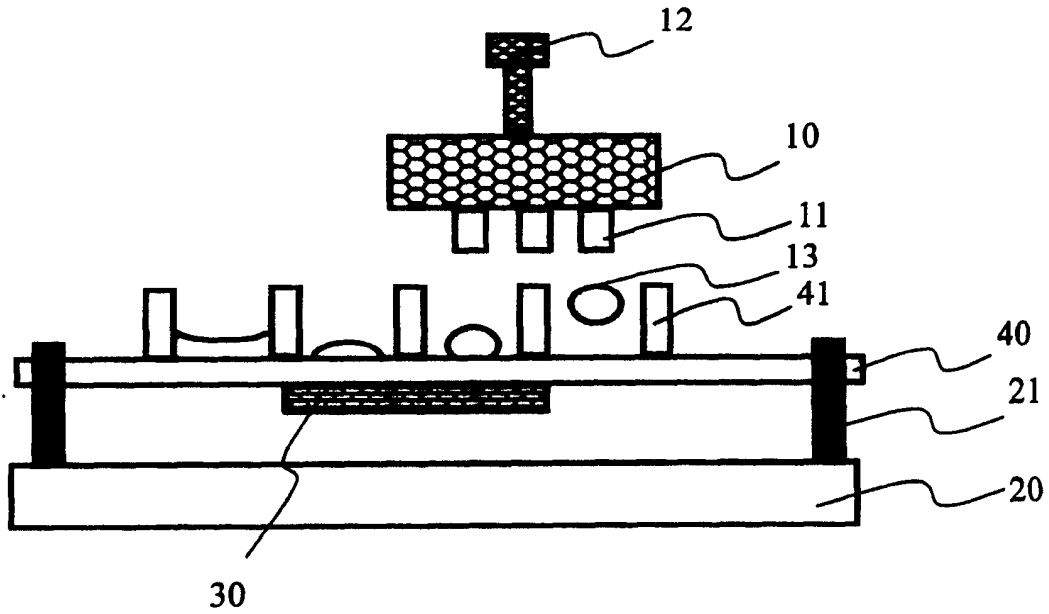


图 1

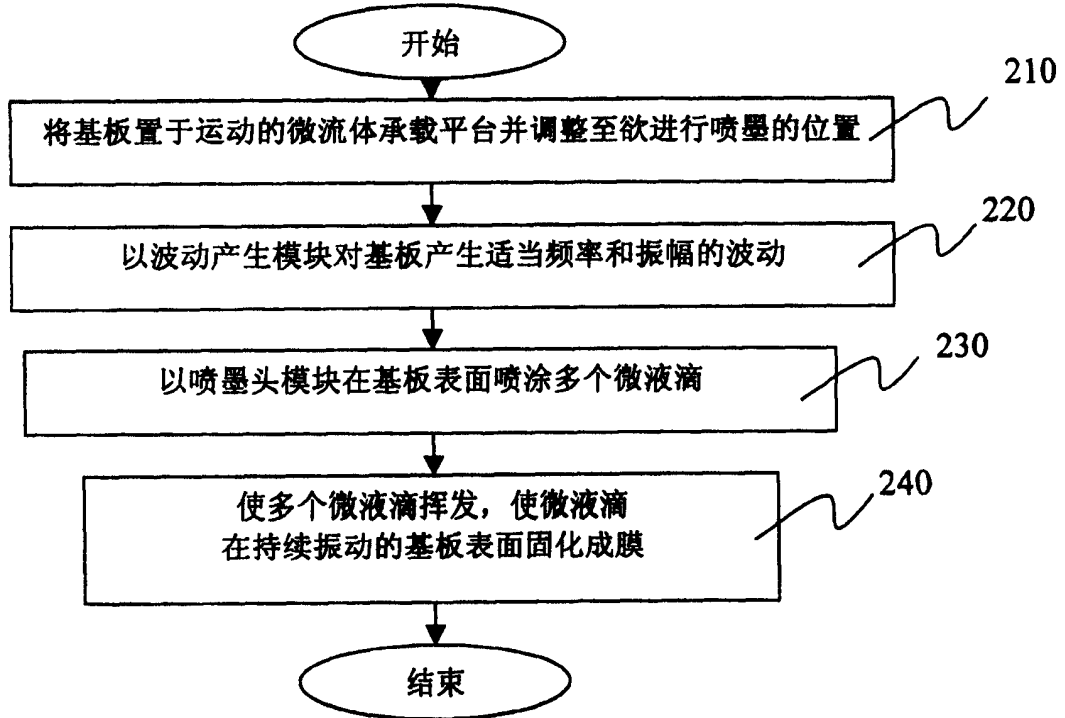


图 2

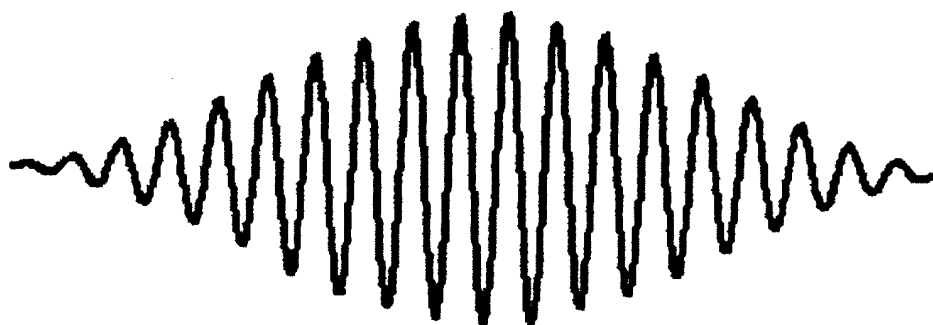


图 3

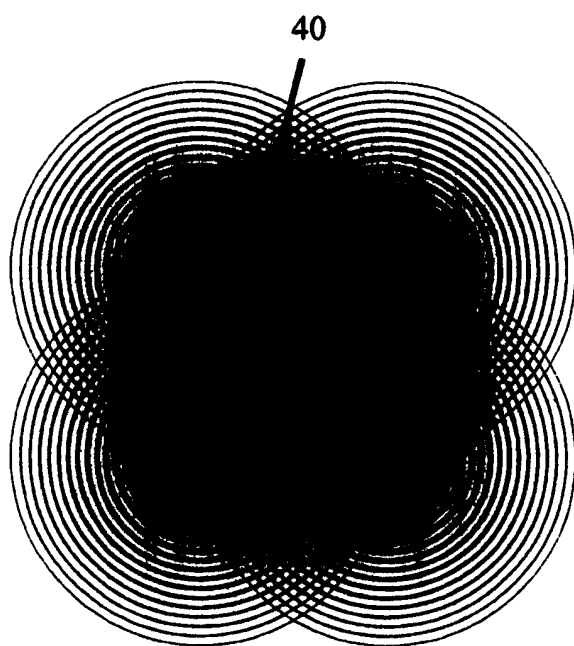


图 4A

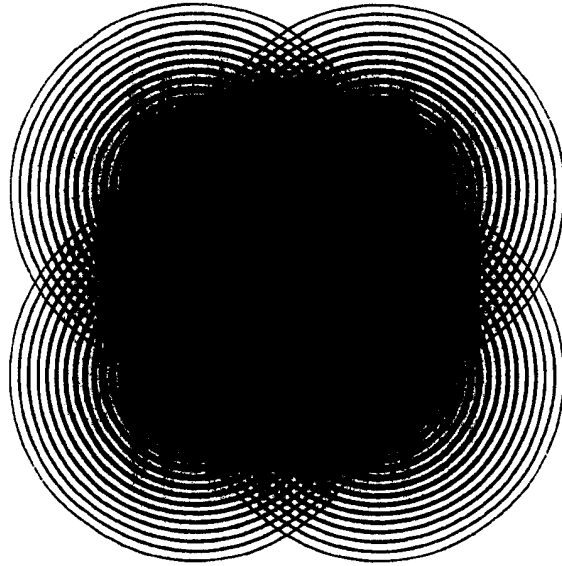


图 4B

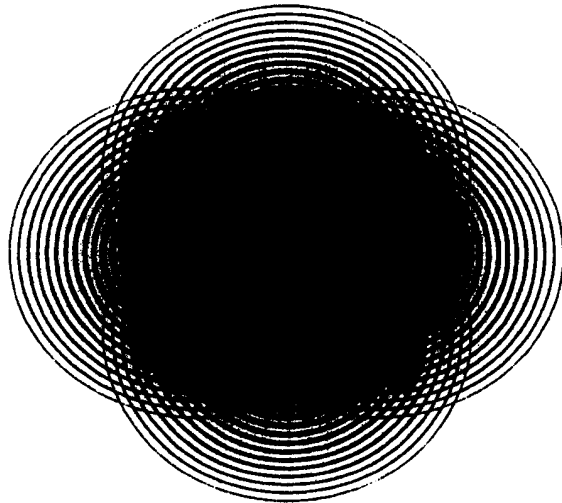


图 4C

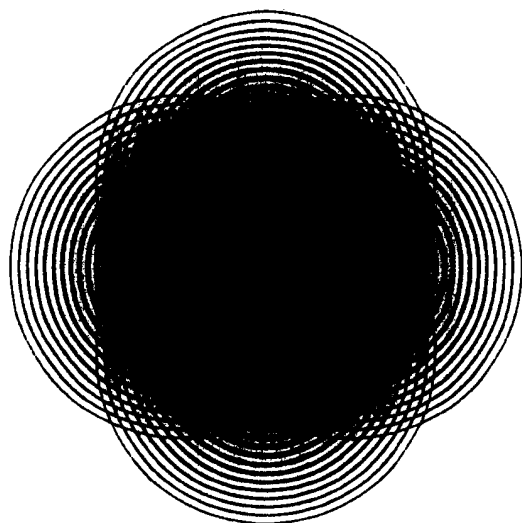


图 4D

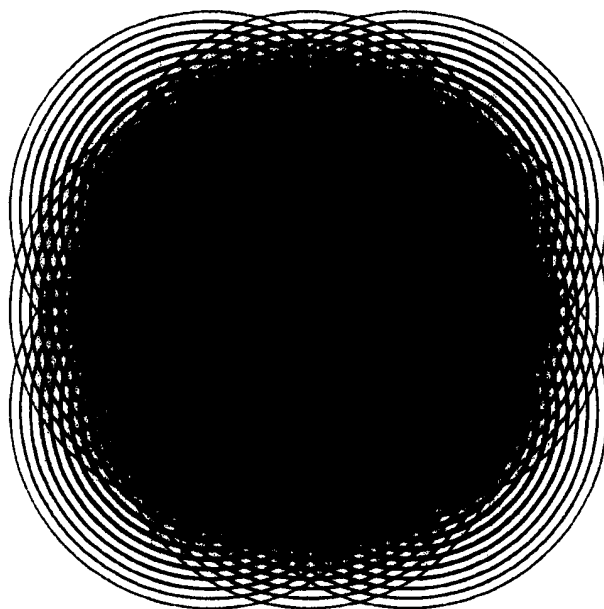


图 4E

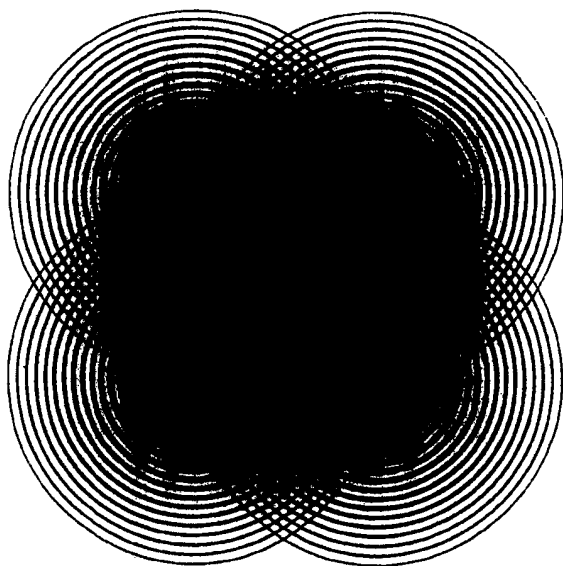


图 5A

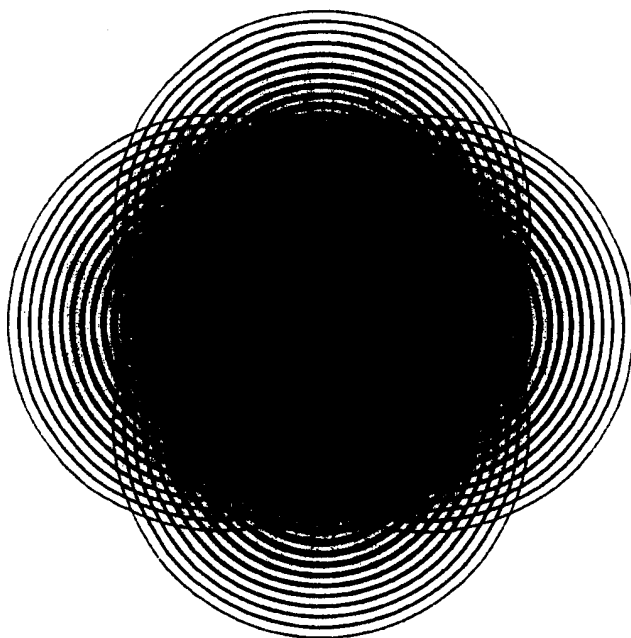


图 5B



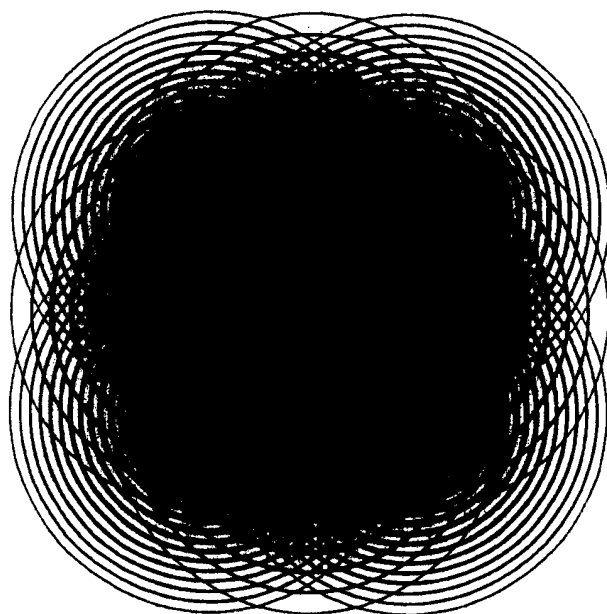


图 5C

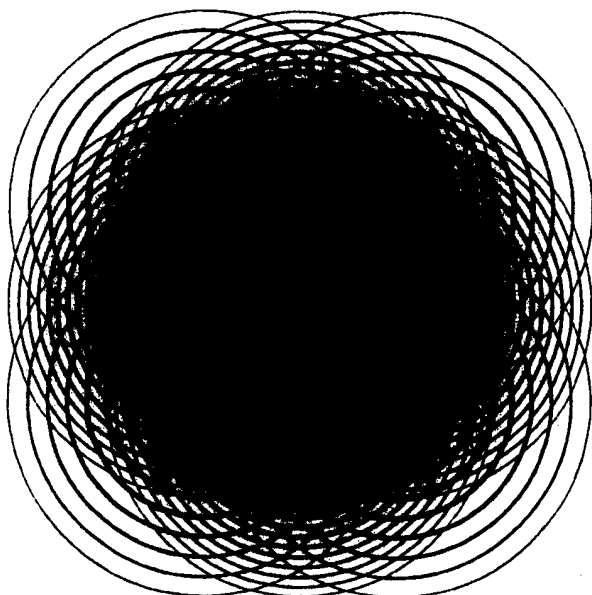


图 5D

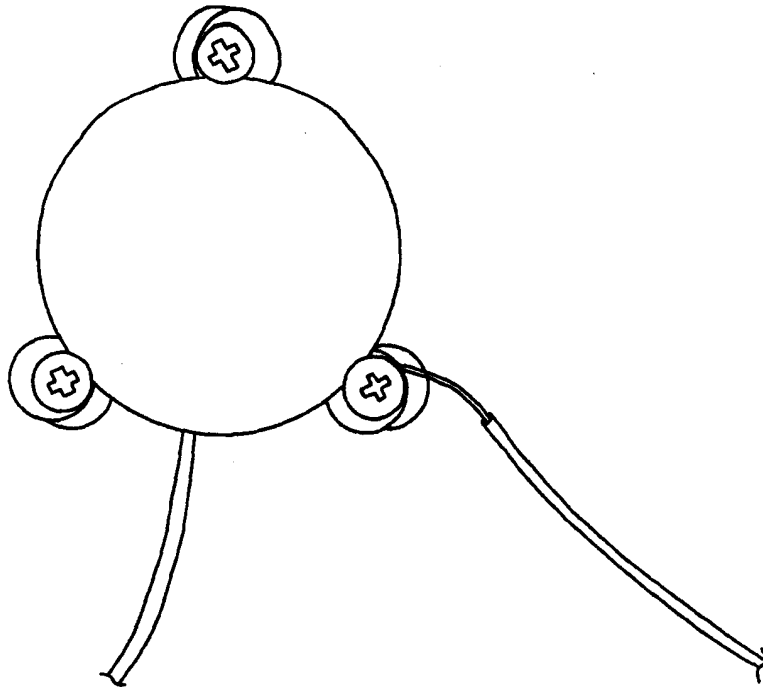


图 6

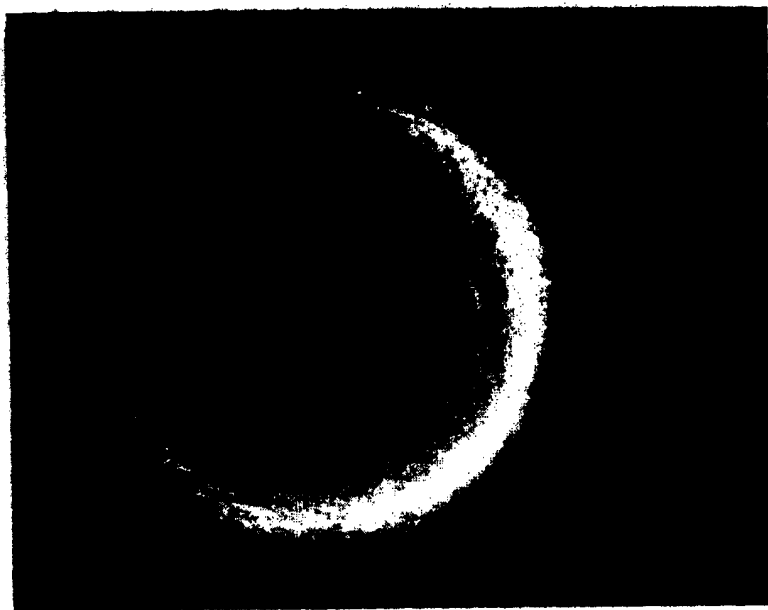


图 6A

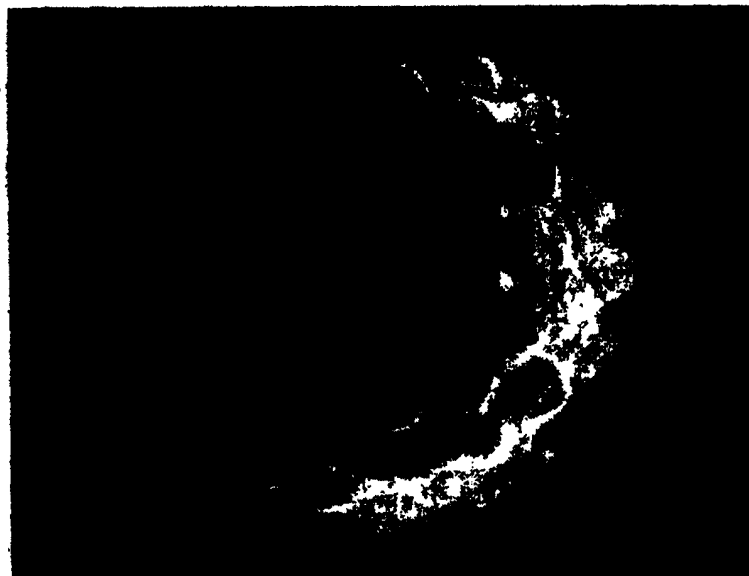


图 6B

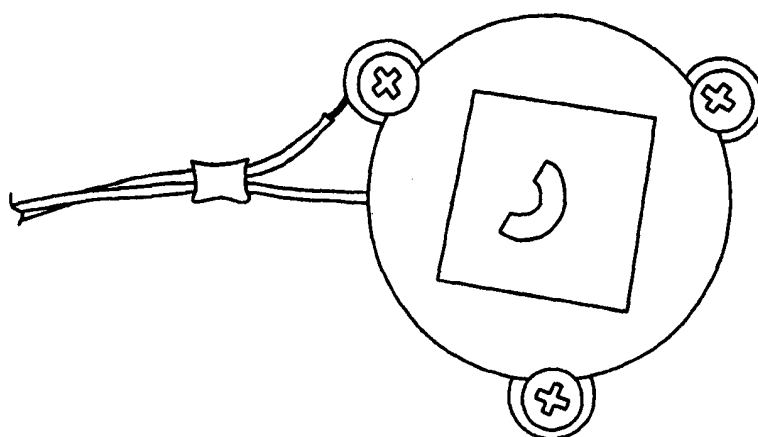


图 7

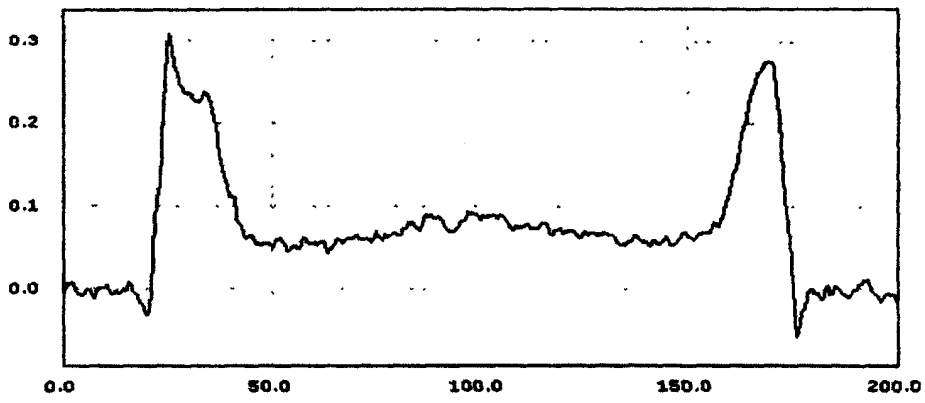


图 7A

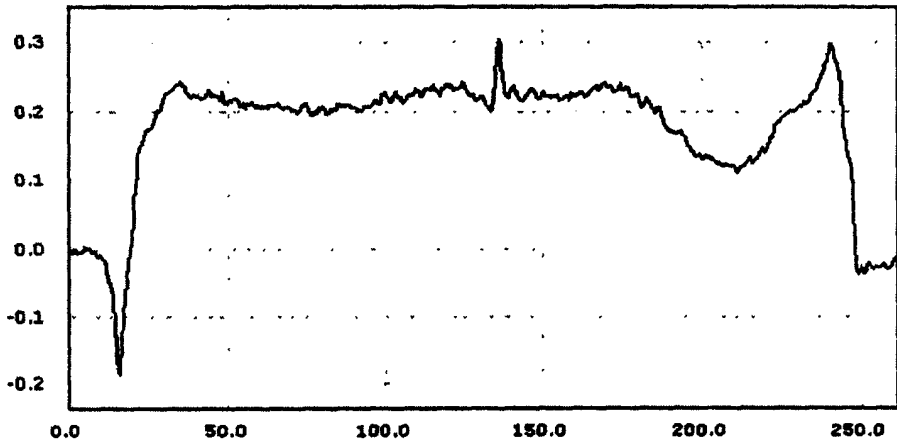


图 7B

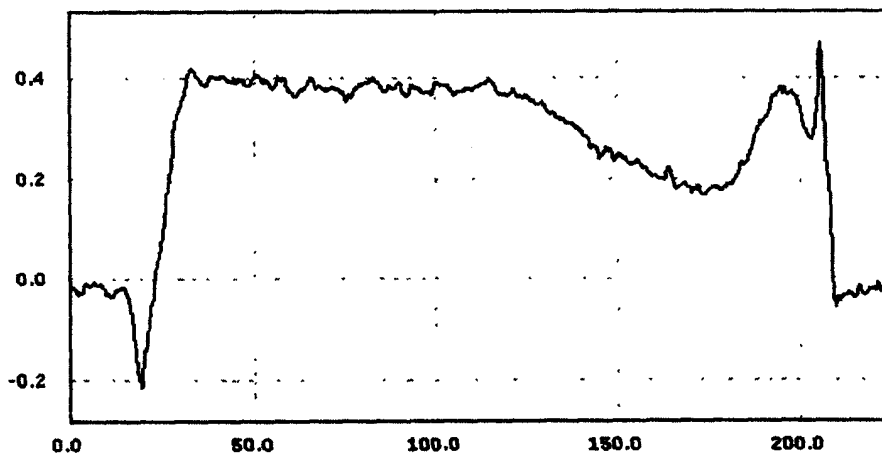


图 7C

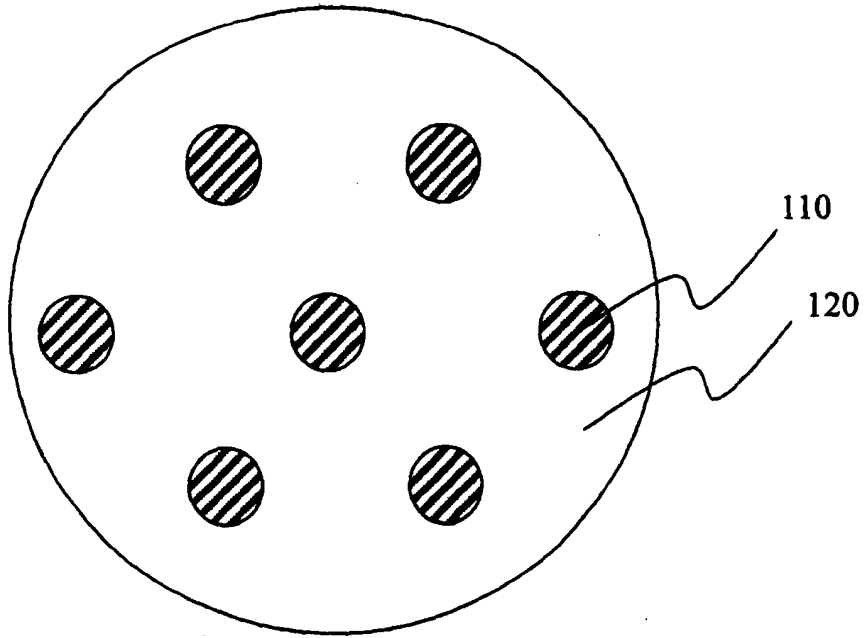


图 8

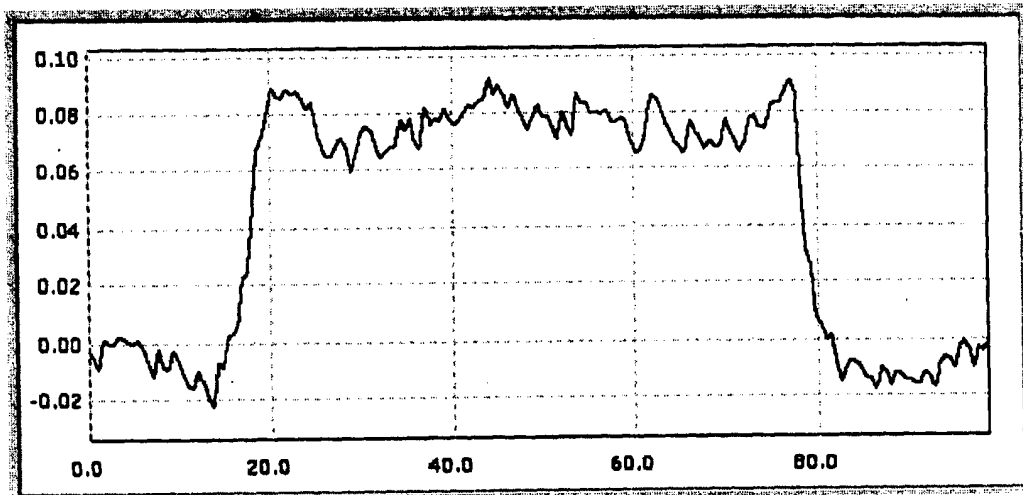


图 8A

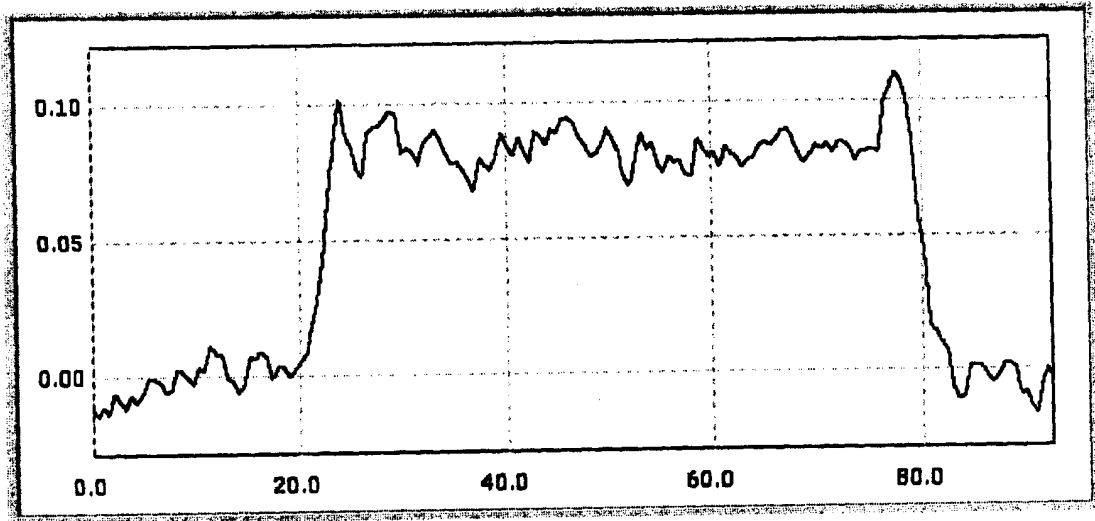


图 8B

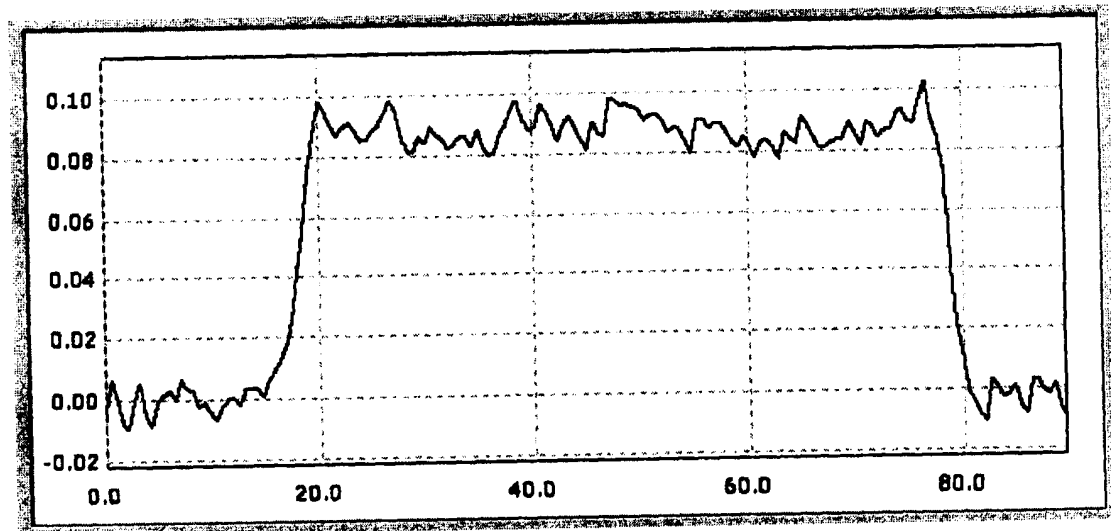


图 8C