

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98813440.3

[43] 公开日 2001 年 2 月 21 日

[11] 公开号 CN 1284901A

[22] 申请日 1998.12.29 [21] 申请号 98813440.3  
 [30] 优先权  
     [32] 1997.12.29 [33] IL [31] 122794  
 [86] 国际申请 PCT/IL98/00629 1998.12.29  
 [87] 国际公布 WO99/33591 英 1999.7.8  
 [85] 进入国家阶段日期 2000.8.1  
 [71] 申请人 普尔萨焊接有限公司  
     地址 以色列亚夫内  
 [72] 发明人 奥伦·加福里 尤里·利夫希茨

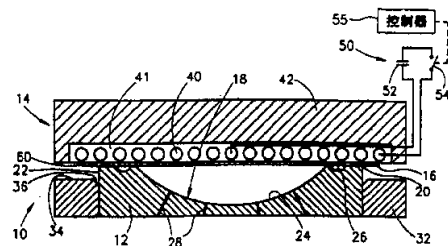
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
 务所  
 代理人 何腾云

权利要求书 5 页 说明书 10 页 附图页数 8 页

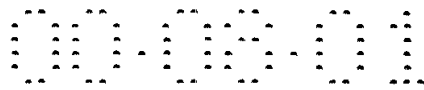
[54] 发明名称 利用脉冲式磁力将平板制成碟的设备和  
方法

[57] 摘要

本发明提供了一套电磁成形设备,可使基本上为平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟。该设备的组成包括模具,其成形表面的轮廓和所述三维模具形状相同;成形线圈装置;放电回路,放电产生短的强电流脉冲,通过成形线圈形成脉冲式磁性成形(PMF)力使所述平板变形。



ISSN 1008-4274



## 权利要求书

---

1. 一种电磁成形设备，可使基本上为平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，其组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同，其边缘和碟的边界相对应，边缘是通过本来垂直于成形表面的侧壁来确定的；

成形线圈装置，与所述成形表面相对并且最接近成形表面，并且延伸到所述边界之外；平板界于成形线圈和所述成形表面之间；

放电回路，放电产生短的强大电流脉冲，通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

2. 如权利要求 1 的设备，其中，所述成形表面的构成包括一个或更多与所述三维模型形状相对应的凹陷。

3. 如权利要求 2 的设备，其中，所述模具的成形表面有一个中心凹陷位置，确定出碟的中心凹陷部分，并起到了模板作用。

4. 如权利要求 3 的设备，其中，所述中心凹陷拥有排放气体的导管。

5. 如权利要求 4 的设备，其中，所述导管与用于去除凹陷处的气体的真空源相连。

6. 如权利要求 1 的设备，其中，所述成形表面的构成包括确定所述三维模型形状的凸起。

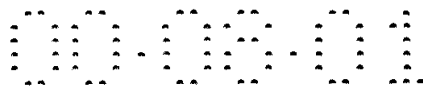
7. 如权利要求 1 的设备，其中，所述成形表面的构成包括至少一个凹陷和至少一个凸出，确定所述三维模型形状。

8. 如上述任一权利要求中的设备，具有中心凹陷部分和外缘的裙部。

9. 如权利要求 8 的设备，其中，成形表面轮廓包括形成碟边缘裙部所需的周边环形凹槽。

10. 如权利要求 9 的设备，其中，成形线圈装置的构成包括两个或更多的线圈构件，每个均与单独的放电回路相连。

11. 如上述任一权利要求中所述的设备，其中，线圈装置有一个或



更多的成形线圈构件，均可沿着基本上垂直于金属平板所确定的平面的轴线移动。

12. 如权利要求 11 的设备，其中，线圈装置的构成包括两个或更多的构件，可分别沿着所述轴线移动。

13. 如权利要求 12 的设备，其中，在平板变形后，线圈构件被移动到与变形后的平板的形状相对应的位置。

14. 如权利要求 12 或 13 的设备，其中，线圈构件是同心的。

15. 如上述任意一条权利要求的设备，其中，成形线圈装置的组成包括由组装在一起的两个或更多的线圈形成的线圈构件。

16. 一种电磁成形设备，使本来为平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，其组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

成形线圈装置，与所述成形表面相对并且最接近成形表面，其组成包括两个或更多的线圈构件；平板介于成形线圈和所述成形表面之间；以及

放电回路，由两个或两个以上的回路组成，每个回路各与一个线圈构件相连，放电产生短的强大电流脉冲，通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

17. 如权利要求 16 的设备，其中，经相关装置通过每个线圈构件的放电是依照事先确定的放电顺序进行的。

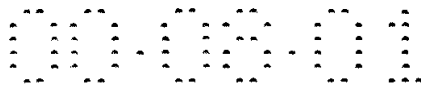
18. 如权利要求 16 或 17 的设备，其中，每个构件都可以沿着基本上垂直于金属平板所确定的平面的轴线移动。

19. 如权利要求 18 的设备，其中，每一个所述构件都可以单独沿着所述轴线移动。

20. 如权利要求 19 的设备，其中，在平板变形后，移动线圈构件到一个对应于变形后的平板形状的位置。

21. 如权利要求 16-20 中任一项中的设备，其中，线圈构件是同心的。

22. 如权利要求 16—21 中任一项中的设备，其中，所述装置的构成



包括由组装在一起的两个或更多的线圈构成的线圈构件。

23. 一种电磁成形设备，使本来为平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，其组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模具形状相同；

成形线圈装置，由一个或更多的线圈构件组成，可沿着基本上垂直于金属平板所确定平面的轴线移动；

放电回路，由两个或两个以上的回路组成，该回路与每个线圈构件相连，放电产生短的强大电流脉冲，通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

24. 如权利要求 23 的设备，其中，成形线圈的构成包括一组两个或更多可以单独沿着所述轴线移动的线圈构件。

25. 如权利要求 23 的设备，其中，经连接装置通过每个线圈构件的放电是依照事先确定的放电顺序进行的。

26. 如权利要求 23 或 24 的设备，其中，在平板变形后，移动线圈构件到一个对应于变形后的平板形状的位置。

27. 如权利要求 23—25 中任一项中所述的设备，其中线圈构件是同心的。

28. 一种电磁成形设备，使本来为平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，其组成包括：

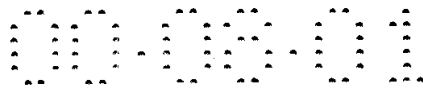
模具，其成形表面的轮廓和所述三维模具形状相同；

成形线圈装置，与所述成形表面相对立并且最接近成形表面，其组成包括一个或更多的线圈构件，其大小仅覆盖了要加工的平板的一部分，而这一个或更多的线圈构件可在与平板所确定的平面相平行的平面上移动；

放电回路，放电产生短的强大电流脉冲，通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

29. 一种电磁成形方法，可使大致为平面的金属平板变形为具有三维模型的碟，其组成包括：

(a) 提供模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同，其边



缘和碟的边界相对应，边缘是通过本来垂直于成形表面的侧壁来确定的；

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上；

(c) 提供一套与放电回路相连的成形线圈装置，把它放置在金属平板之上，成形线圈外伸超过所述成形表面的边界；

(d) 放电产生强电流短脉冲，通过所述线圈沿着所述边界来剪切平板并且对所述平板的其他部分产生力作用以确保形成所述模具所确定的形状，从而得到所述碟。

30. 如权利要求 29 的方法，其中，模具的成形表面中心凹陷，确定出碟的中心凹陷的部分，并作为碟的模板。

31. 如权利要求 30 的方法，包括排除所述凹陷处的气体。

32. 如权利要求 31 的方法，包括采用真空源的方式来排除所述凹陷处的气体。

33. 如权利要求 31 或 32 中任一项中的方法，其中，碟成形后具有大致是平面的边缘部分。

34. 如权利要求 33 的方法，其中，边缘部分是利用环形凹槽形成的。

35. 一种电磁成形方法，可使一般平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，包括：

(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上；

(c) 提供一套成形线圈装置，其构成包括两个或更多的成形线圈构件，每个构件均与一个放电回路相连，并把它放置在金属平板的上方；

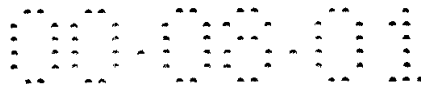
(d) 放电产生强电流短脉冲，通过所述两个或更多的线圈构件使所述金属平板变形；

(e) 沿着所述轴线移动所述线圈构件到一个与变形后的平板的形状相对应的位置，重复步骤(d)；

(f) 重复步骤(e)，直至形成所述三维模型形状。

36. 一种电磁成形方法，可使一般平面的金属平板变形为有着三维模型形状的碟，其组成包括：

(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；



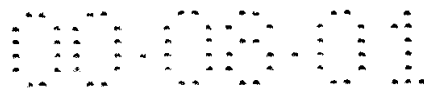
(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上;

(c) 提供一套成形线圈装置, 其构成包括一个或更多的成形线圈构件, 其大小仅覆盖了要加工的平板的一个部分, 而这一个或更多的线圈构件可在与平板所确定的平面相平行的平面上移动, 把成形线圈装置放置在金属平板的上方;

(d) 放电产生强电流短脉冲, 通过所述线圈使所述金属平板对立于所述成形表面的部分变形;

(e) 横向移动所述成形线圈装置, 并重复步骤(d);

(f) 重复步骤(e), 直至得到所述三维模型形状。



# 说明书

## 利用脉冲式磁力将平板制成碟的设备和方法

### 发明领域

本发明一般属于脉冲式磁力成形 (PMF) 领域, 并为此种成形提供了一套设备和方法。特别是, 本发明涉及将平板制成碟形的 PMF 工艺。

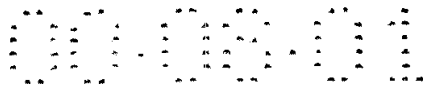
### 背景技术

有许多加工方法都能够使金属物体形成人们想要的形状。例如, 采用铸造的方法可以将液体状态的金属加工成所想得到的最终形状。但是, 此类加工方法只能应用于某些特定情况, 此外, 它需要消耗大量的能源, 复杂而且昂贵的加热和冷却设备。

金属具有一定的柔韧性, 相应的, 有时金属工件也能由一种形状变成另一种形状。例如, 利用机械冲压机, 可对金属板进行加工和切割使之形成各种各样的想要的形状。为了得到必需的压力以形成想要的最终物品, 该冲压法要求有一套非常昂贵的大型设备。

PMF 是这样一种加工方法, 受脉冲式磁场作用, 金属工件或者其中的某一部分快速运动, 使工件变形。PMF 加工方法的一个优点, 就是加工过程中能量损失最小, 从而不需要加热金属制品, 或者加热量很小。此外, 采用其他成形技术往往会留下工具的痕迹, 而该加工方法就没有这个缺点。PMF 加工方法采用一个或者一组放电电容器, 一个成形线圈, 常常还会有一个磁场成形器来形成瞬变的强磁场。PMF 加工方法中所形成的强度非常大的磁场, 是储存在电容器中的电能通过成形线圈快速放出的结果。在工件中感应产生的涡流在金属制品和成形线圈之间形成了一种磁性排斥作用, 使金属制品变形。

有关以前利用 PMF 加工方法加工金属制品的技术设备和方法的背景可以在 U. S. Patent 3, 654, 787, 3, 961, 739, 4, 170, 887, 4, 531, 393, 4, 807, 731, 5, 353, 617 和 5, 442, 846 以及 PCT 申请公开 No. W097/22426



中找到。

将一块平面的金属平板加工成特定形状的金属物体，有时既有必要为了获得一个想要的三维模型来加工一块平板，也有必要修整其边缘从而确定加工后的金属件的边界。

本发明的一个目的就在于提供一种将金属平板变形为有着想得到的三维模型和形状的碟的 PMF 成形设备和方法。

## 发明内容

本发明的第一个方面就是，提供一套电磁成形设备，可将原本为平面的金属平板变形成为有着想得到的三维形状的碟。它在利用平板来制作人造卫星的碟形天线的加工过程中的应用就是一个非限制性的典型例子。

依照一个实施方案，该设备包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同，其边缘和碟的边界相对应，而边缘是通过基本上垂直于成形表面的侧壁来确定的；

成形线圈装置，与所述成形表面相对立并且最接近成形表面，并且周边延伸到所述边界；

平板，界于成形线圈和所述成形表面之间；以及

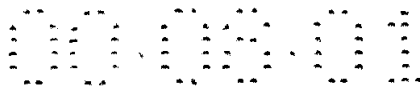
放电回路，放电产生一个短的强大电流脉冲通过成形线圈形成脉冲磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

依照本发明的一个实施方案，成形线圈由单一线圈构件组成。而依照本发明的另一个实施方案，成形线圈可包括一组有两个或两个以上的构件阵列。由两个或两个以上的线圈构件组成的成形线圈中的构件一般是同心的。根据该实施方案设备的组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

成形线圈装置，与所述成形表面相对立并且最接近所述成形表面，其组成包括两个或更多的线圈构件；平板界于成形线圈和所述成形表面之间；以及

放电回路，由两个或两个以上的放电回路组成，每个线圈构件与一



个回路相连，放电所产生短的强大电流脉冲通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

在由两个或两个以上的线圈构件组成的成形线圈的场合，放电回路可以定时发出电流脉冲同时通过所有的线圈构件；或者更优越地，可以根据事先决定的放电顺序来安排放电时间。例如，在由几个同心的线圈构件组成的成形线圈的例子中，放电的顺序可以是这样的，由中心线圈向外围线圈扩展；或是反方向，即从外围线圈向中心扩展；或者依据某个想得到的三维模型设计的其他放电顺序。

依照本发明的另一个实施方案，成形线圈的组成包括一个或更多的线圈构件，这些构件能够沿着基本上垂直于金属平板所确定平面的轴线移动。此实施方案的设备的组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

成形线圈装置，由一个或更多的线圈构件组成，可以沿着基本上垂直于金属平板所确定平面的轴线移动；

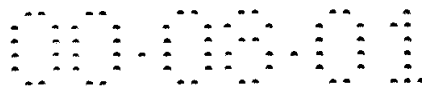
放电回路，由两个或两个以上的放电回路组成，每个回路与一个线圈构件相连，放电所产生短的强大电流脉冲通过成形线圈形成脉冲磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

依照本实施方案的设备中的成形线圈的特点，就是由可分别沿着所述轴线移动的两个或更多的线圈构件组成。平板的变形过程可能由两个或更多的步骤组成。首先定位于初始位置，利用 PMF 力使平板发生部分变形，然后移动线圈构件到与经过初步变形的平板的移动相对应的轴线位置。接着，再次发出 PMF 脉冲使平板进一步变形，本步骤可以重复进行直至形成最后的形状。

依照本发明的另一个实施方案，成形线圈装置的构成可以包括一个或更多的线圈构件，其大小仅覆盖要进行成形加工的平板的一部分。依照该实施方案的设备的组成包括：

模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

成形线圈装置，与所述成形表面相对立并且最接近成形表面，其组成包括一个或更多的线圈构件，其大小仅覆盖了要进行成形加工的平板



的一部分，而这一个或更多的线圈构件可在平行于平板所确定的平面的平面移动；

放电回路，放电产生短的强大电流脉冲通过成形线圈形成脉冲式磁力成形（PMF）力使所述平板变形。

依照该实施方案，首先将成形线圈构件放置在一个起始位置，产生 PMF 脉冲使平板对着构件的部分发生局部变形，然后将成形线圈构件移动到另一个位置和下一个 PMF 脉冲加工的平板的另一个部分相对。重复这些步骤直至整个平板变形形成所述三维模型。

模具，按照一个实施方案，其组成包括一个或更多的与所述三维模型形状相对应的凹窝。通常，依照该实施方案，模具有一个中心凹陷部分，确定碟的中心凹陷部分，并作为其模板。在变形过程中，平板的各部分将快速移动到凹陷部分，而模具中保留的气体，如空气，会阻碍移动，从而无法形成想得到的三维模型。因此，在一个实施方案中，设置气体排放导管使成形过程中凹陷处的气体能够排出。为了排除凹陷处的气体，这些导管可以与一个真空源相连。

依照另一个实施方案，成形表面的构成包括确定所述三维模型的凸出。依照本发明的一个另外的实施方案，成形表面的构成包括至少一个凹陷和至少一个凸出，它们共同确定所述三维模型。

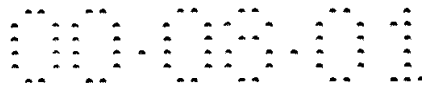
依照本发明的另一个方面，提供了一种电磁成形方法，可使一般平面的金属平板变形为有着一个三维模型形状的碟。依照其中的一个实施方案，该方法的组成包括：

(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同，其边缘和碟的边界相对应，该边缘是通过基本上垂直于成形表面的侧壁来确定的。

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面上方；

(c) 提供一套与放电回路相连的成形线圈装置，把它放置在金属平板的上方，成形线圈延伸超过所述成形表面的边界；

(d) 放电产生一个强电流短脉冲通过所述线圈沿着所述边界来剪切平板并且对所述平板的其他部分产生力作用以确保形成所述模具所确定



的形状，从而得到所述碟。

依照另一个实施方案，方法的组成包括：

(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同，其边缘和碟的边界相对应，该边缘是通过基本上垂直于成形表面的侧壁来确定的。

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上；

(c) 提供一套与放电回路相连的成形线圈装置，把它放置在金属平板之上；

(d) 通过所述两个或多个线圈放电产生强电流短脉冲使平板变形。

依照另一个实施方案，方法的组成包括：

(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上；

(c) 提供一套成形线圈装置，其构成包括两个或更多的成形线圈构件，每个构件均与一个放电回路相连，并把它放置在金属平板之上；

(d) 放电产生一个强电流短脉冲通过所述两个或更多的线圈构件，使所述金属平板变形；

(e) 沿着所述轴线移动所述线圈构件到一个与变形后的平板的形状相对应的位置，重复步骤(d)；

(f) 重复步骤(e)，直至形成所述三维模型形状。

依照本发明的一个进一步的实施方案，方法的组成包括：

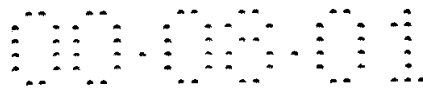
(a) 提供一个模具，其成形表面的轮廓和所述三维模型形状相同；

(b) 把金属平板放置在模具的成形表面之上；

(c) 提供一套成形线圈装置，其构成包括一个或更多的成形线圈构件，其大小仅覆盖要进行成形加工的平板的一部分，而这一个或更多的线圈构件可在平行于平板所确定的平面的平面移动，把成形线圈装置放置在金属平板之上；

(d) 放电产生一个强电流短脉冲通过所述线圈使所述金属平板对着所述成形表面的部分变形；

(e) 横向移动所述成形线圈装置，并重复步骤(d)；



(f) 重复步骤(e), 直至得到所述三维模型。

下面将通过介绍附图中所描述的一些非限制性具体实施方案来对本专利进行说明。

### 附图简介

图 1 是依照本发明的一个实施方案, 在加工金属平板之前, 通过成形设备的一个横截面的示意图。

图 2 是图 1 中设备的线圈的顶视图。

图 3 是成形过程的示意图。

图 4 是经过采用图 1 中设备利用所述技术加工成形后的碟的横截面示意图。

图 5A 是依照本发明的另一个实施方案的成形设备的一个横截面示意图。

图 5B 显示了图 5A 中的设备在碟成形后的情况。

图 6 是依照本发明的另一个实施方案中的成形线圈装置的顶视图, 该装置的组成包括一组三个成形线圈构件。

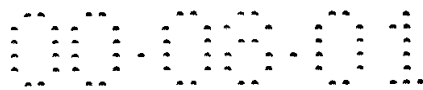
图 7 是依照本发明的另一个实施方案中的成形线圈装置的顶视图, 该装置的组成包括三个线圈构件, 每个构件分别由若干个绕组构成。

图 8A—8C 是依照本发明的另一个实施方案, 是成形线圈装置的横截面示意图, 该装置的线圈构件数目较多 (在该具体实施方案中有 3 个), 每个构件分别与不同的放电回路相连。图 8A—8C 说明了设备在变形过程中各步骤中的情况。

图 9A—9C 是依照本发明的另一个实施方案, 是成形线圈装置的横截面示意图, 该装置的线圈构件数目较多 (在该具体实施方案中有 3 个), 每个构件均可单独沿着垂直于平板所确定的平面的轴线移动。图 9A—9C 说明了设备在变形过程中各步骤中的情况。

图 10A 和图 10B 是依照本发明的另一个实施方案中的设备在碟成形过程中的起始阶段 (图 10A) 和最终阶段 (图 10B) 的情况。

图 11 示出本发明另一个实施方案中的设备, 其中模具的形状是不对



称的。

图 12A—12B 是通过本发明的一套设备的横截面示意图，其中的线圈构件可在平行于平板所确定的平面的平面移动。图 12A—12C 显示了在碟成形过程中三个连续步骤中设备的情况。

### 具体实施方案的详细说明

首先参考图 1 进行说明，图 1 示出的是一套总的以 10 标出的设备，其组成包括模具 12，成形线圈组件 14，金属平板 16 夹装在两者之间。

模具 12 有成形表面 18，一般为圆形，有边缘 20，其边缘由右上侧壁 22 来确定。侧壁上有穹顶状的中心凹陷 24 和环形凹槽 26。可以理解，模具的形状确定出将在设备中加工成形的碟的形状，其具体形状只是个例子，它也可以采用许多其他形状。举例来说，模具的形状也可以完全是矩形，可以有不同种类的凹陷以形成具有不同三维模型的碟，等等。因此，所列举的具体实施方案不会破坏在此确定的本发明的一般性。

模具 12 中还装有许多导管 28，将凹陷 24 与真空源（未画出）相连，导管将气体从凹陷中吸出（图 3 中用箭头 30 表示）。

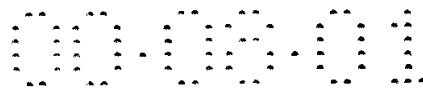
模具 12 被一个环形构件 32 所环绕，构件的上表面 34，下边缘 20，还有经过倒角的内缘部分 36，用来接收和容纳剪切下来的废料（见下文）。

线圈组件 14 由线圈 40 组成，嵌在支撑块 42 底部所形成的空间 41 里。支撑块 42 适宜用非金属材料制成。线圈 40 应该与周围的金属物体绝缘，特别是金属板 16，为此，空间 41 将填满电绝缘材料，或者是线圈 40 可以覆盖上一层电绝缘材料。

线圈 40 与放电回路 50 电连接，回路中包括电容器组 52 和大电流快速放电开关 54，两者本身都是公知的。此类放电开关的一个例子就是可控真空放电器，如以色列专利申请 No. 119826 及其在 PCT 申请 No. PCT/IL97/00383 的相应部分公布的那样，开关 54 由控制回路 55 控制。

金属平板 16 大致是平面，而且有边缘，这样它可以延伸超过模具 12 的边缘 20。

在操作过程中，如图 3 所示，开关 54 闭合，籍此电流快速放出通过



线圈 40 产生脉冲式磁力，迫使平板 16 各部分快速地移动：叠置在凹陷 24 和环形凹槽 26 上的各部分发生形变，从而呈现由此而确定的三维模型形状，平板 16 的外围边缘部分 60 被剪切下来落在模具 12 的外围边缘 20 上。因此，碟 62，如图 4 所示，有一个中心凹陷 64，带环形凹槽 68 的边裙 66 就形成了。这种碟可用作，例如，天线，特别是用于卫星通讯方面。环形构件 32 可以向上推以便将被剪切下来的部分 60 处理掉。

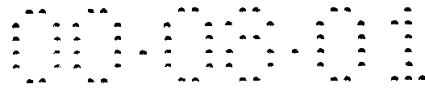
现在对图 5A—5B 进行说明，这些图说明的是依照本发明的另一个实施方案的设备，总的以 80 标记。设备的组成包括模具 82 和成形线圈组件 84，金属平板 86 装在它们之间，还有放电回路 88。图 5A 和 5B 中的设备 80 和图 1 中的设备 10 的主要差别在于模具，而不在于是凹还是凸。另外，设备的操作在本质上和图 1 和 3 的说明中介绍的一样。图 5B，表示的是平板 86 经过成形加工之变成碟 90 后的设备。因为从本质上来说，工序和图 1-3 说明中所描述的相同，所以不再重复介绍，读者可以参考上文中的描述。

图 6 表示的是依照本发明的另一个实施方案的设备。在这个实施方案中，成形线圈装置 100 由一组 3 个成形线圈构件 102，104 和 106 组成的。放电回路 110 的组成包括电容器组 112，在控制器 120 控制下的 3 个大电流快速放电开关 114，116 和 118，每个开关分别与线圈构件 102，104 和 106 中的一个相连，还有电阻器 122，124 和 126。这样一个回路允许快速电流脉冲以所需的操作顺序分别独立地通过线圈构件 102，104 和 106 中的每一个构件放电。例如，在由 3 个同心线圈构件构成线圈装置的例子中，放电的模式可以从电流放电通过中心线圈 102 开始，接着通过线圈 104，最后通过线圈构件 106。

应该理解，图 6 中所介绍的 3 个线圈构件组合只是一个例子，而这个组合可以由任意想得到的数目的线圈构件组成，例如 2 到 10 个。

还应该理解，图 6 中所示的放电回路只是一个例子，并且有序放电可以采用多种不同回路通过不同线圈构件实现。

图 7 中，简单说明了本发明的另一个实施方案的成形线圈装置 130。成形线圈装置 130 的组成包括 3 个线圈构件 132，134 和 136，每个构件



均由若干个线圈绕组组成。在这个例子中，每个线圈构件有两个线圈绕组，尽管这只是个例子，而每个线圈构件中的绕组的数目可以是任意决定的，特别是在 2 到 20 之间。每个线圈构件的线圈和放电/控制回路 138 相连。

图 8A—8C 介绍的是本发明的另一个实施方案的设备。在本质上，该设备和图 1 中所介绍的设备是相似的，主要的差别在于成形线圈装置 150，它由多个线圈构件（3 个—152，154，156，如图所示，尽管应该理解到成形线圈装置可以由任意其他数目的独立线圈构件组成）。成形线圈装置 150 由支撑板 160 支撑。每一个构件 152，154 及 156 和相应的放电回路 162，164 和 166 相连，全部都在控制器 168 的控制之下。

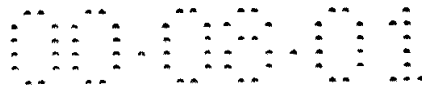
在这个具体实施方案中，放电回路 162，164 和 166 定时顺序地放电产生快速的强电流脉冲，从中心构件 156（图 8A）开始，横向扩展（如箭头 170 所示），放电通过线圈构件 154（图 8B），最后是线圈构件 152（图 8C）形成具有模具 174 所确定的三维模型形状的碟 172。

图 9A—9C 介绍的是本发明的另一个实施方案的设备 180。该设备的组成包括，模具 182，其凹陷 184 确定了平板 186 变形所形成的碟的三维模型形状，平板 186 和外围支撑壁 188 相连。

成形线圈 190，由多个线圈构件组成，这个具体实施方案中有 3 个—192，194 和 196。每个线圈构件都可以沿着垂直于平板所确定平面的轴线移动，分别由相连的可移动的支撑块 202，204 和 206 支撑。与图 8A—8C 所示实施方案相似，每个线圈构件与不同的放电回路 212，214 和 216 相连，受控制器 218 的控制。

图 9A 说明的是，伴随着 PMF 电流放电通过线圈构件 192，然后通过线圈构件 194 和 196 使平板发生最初的变形后的设备，藉此得到部分变形的平板 186，如图 9B 所示。然后线圈构件可沿着轴线朝着变形的平板移动，以使每个构件到达一个更接近于平板的位置，接着 PMF 又一次有序地放电通过不同线圈构件，和前文所述相似。如此重复，平板完全变形而形成碟 224（图 9C）。

图 10A 和图 10B 介绍的是本发明的另一个实施方案的设备，总体以



230 标记。该设备的组成包括模具 232，上有凹陷 234，和支撑板 236。成形线圈装置，总体标记为 240，由若干线圈构件组成，共有 3 个 - 242，244 和 246，如本具体实施方案所示，由支撑块 250 支撑。不同的构件是这样进行空间排列的，它们通常会遵循对应于凹陷 234 的轮廓。该例子中的变形过程是通过 PMF 电流依一定顺序放电通过一个或更多的线圈组件，然后沿着如箭头 252 所示的轴线方向移动整块线圈构件，直至平板 236 最终变形为碟 254。

图 11 解释了一套本质上和图 10A 所示实施方案相似的设备 260，但是，与对称的凹陷 264 不同的是，模具 262 中的凹陷 264 是不对称的。相应的，在支撑块 280 的支撑下，每个线圈构件 272，274 和 276 的空间位置，有一个与凹陷 264 的轮廓相对应的一般空间位置。

图 10A，10B 和 11，为了描述的简洁性，都省略了电子回路。

现在将介绍图 12A - 21C，其中说明的是依照本发明的另一个实施方案的设备 290。这套设备的组成包括模具 292，上有凹陷 294，支撑块 296 与成形线圈装置 298 相连。成形线圈装置 298 包含线圈 300，可以水平移动，如箭头 302 所示。应该注意的是，原则上，成形线圈装置 298 也可以沿着垂直于金属平板所在平面的轴线移动。

成形线圈装置设置在平板 304 的一个部分的上方，PMF 电流流过线圈（放电回路没有画出），然后线圈装置被移到另一个位置，再放电产生 PMF 电流，再移动，如此反复直至整个平板变形成为碟 306。

说明书附图

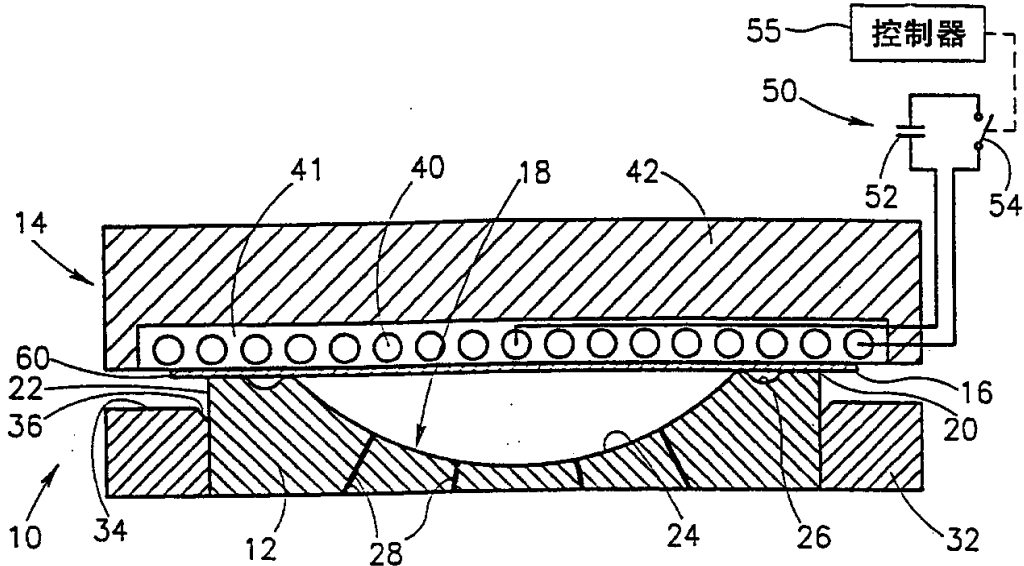


图 1

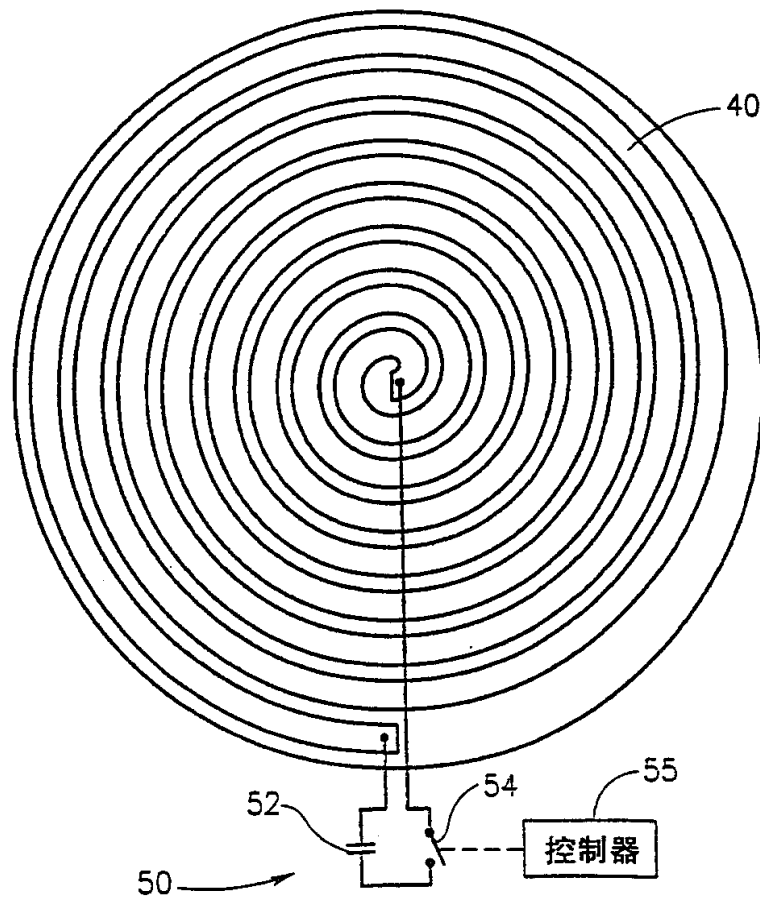


图 2

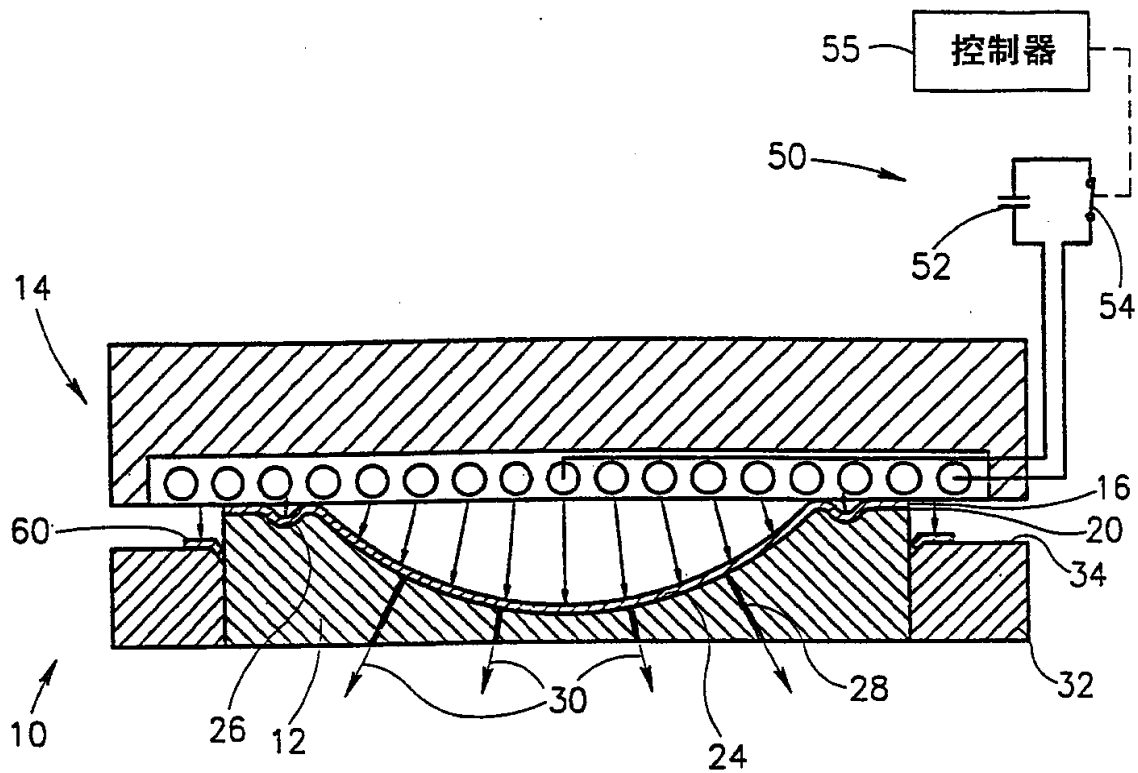


图 3

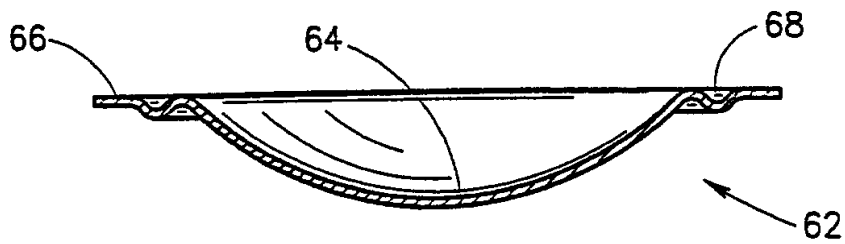
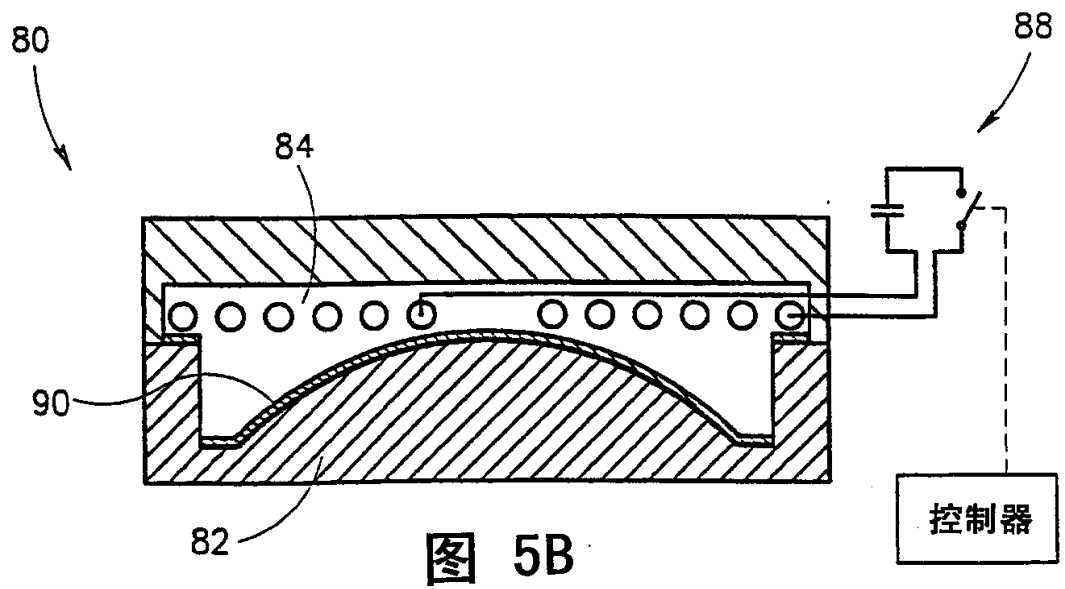
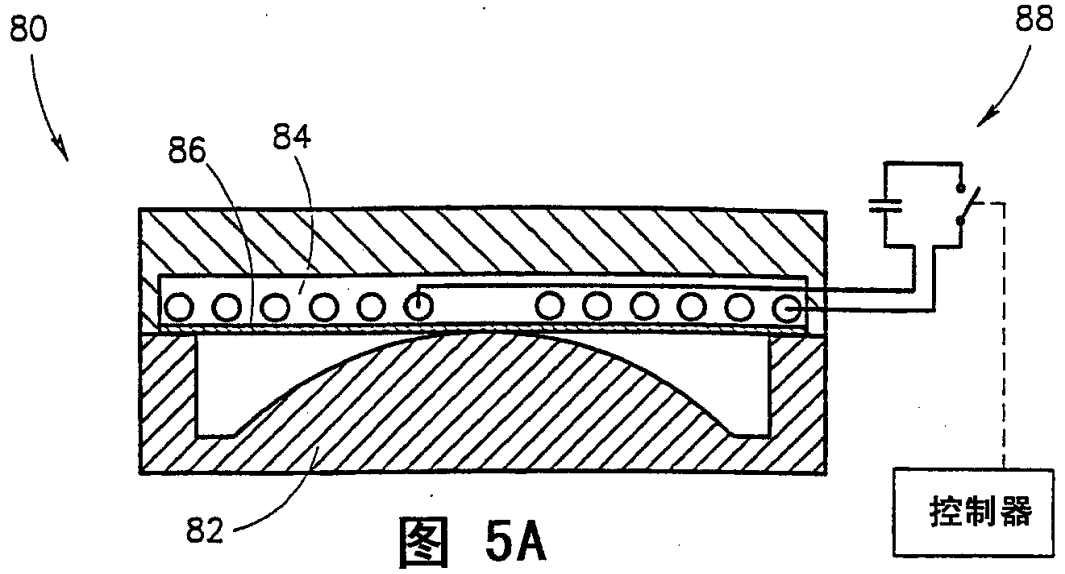


图 4



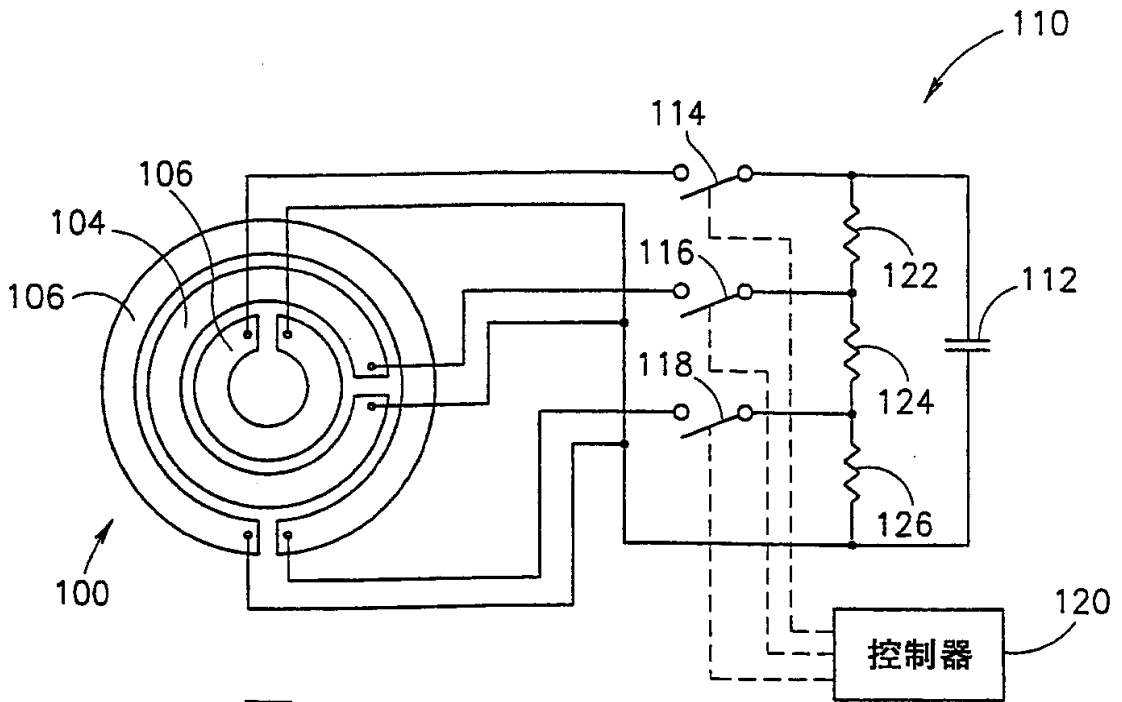


图 6

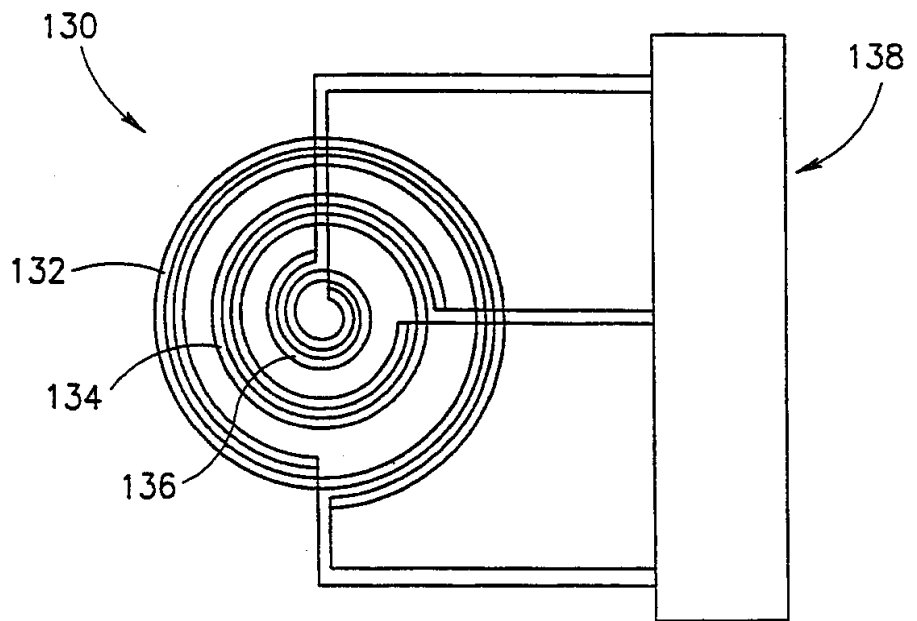


图 7

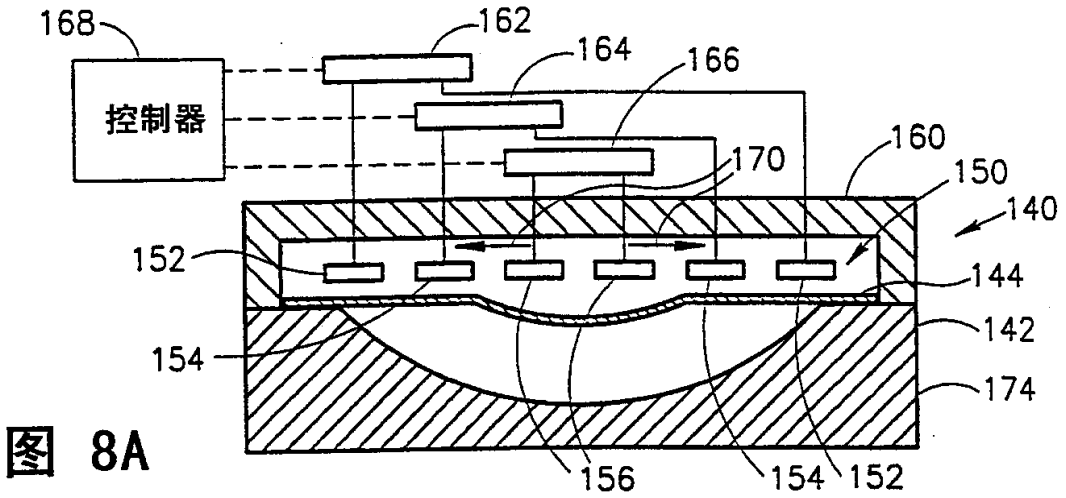


图 8A

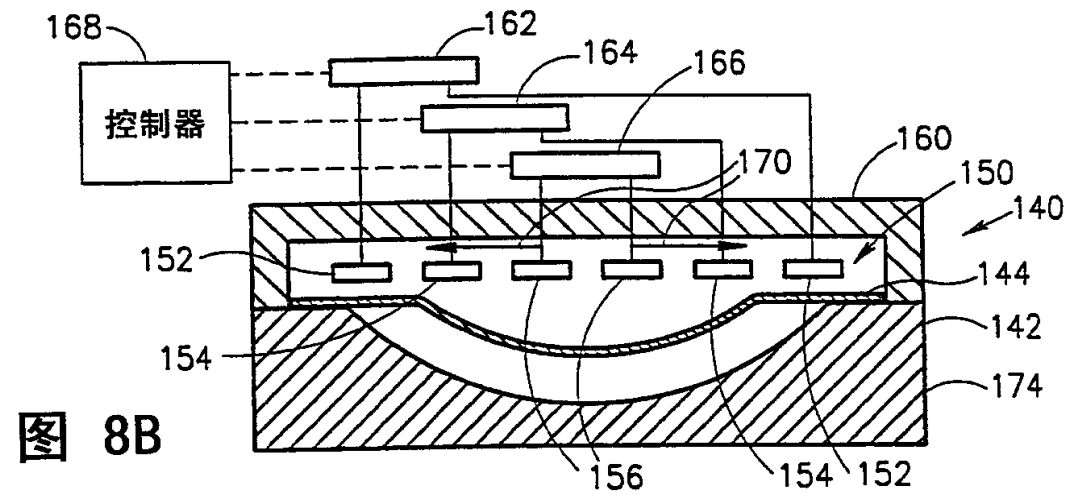


图 8B

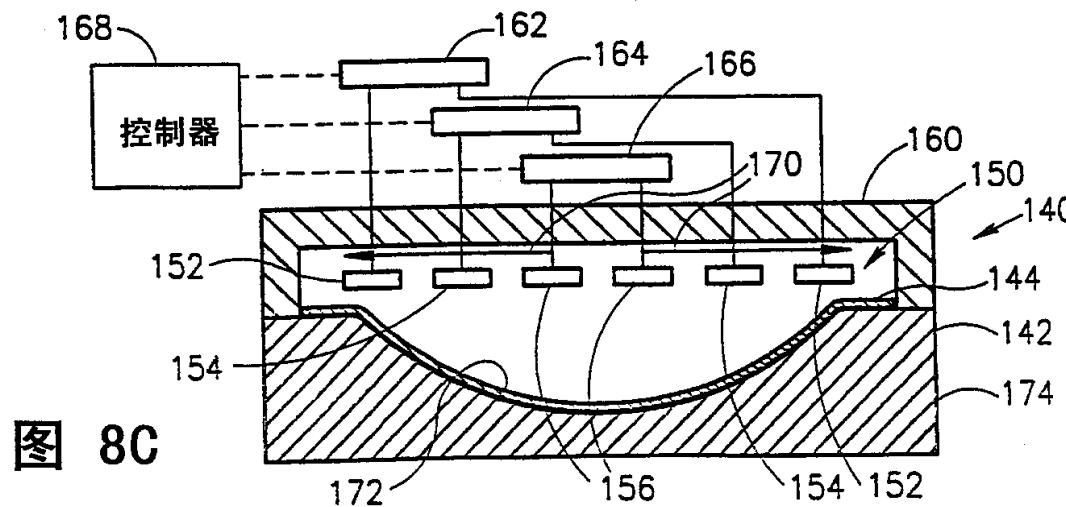


图 8C

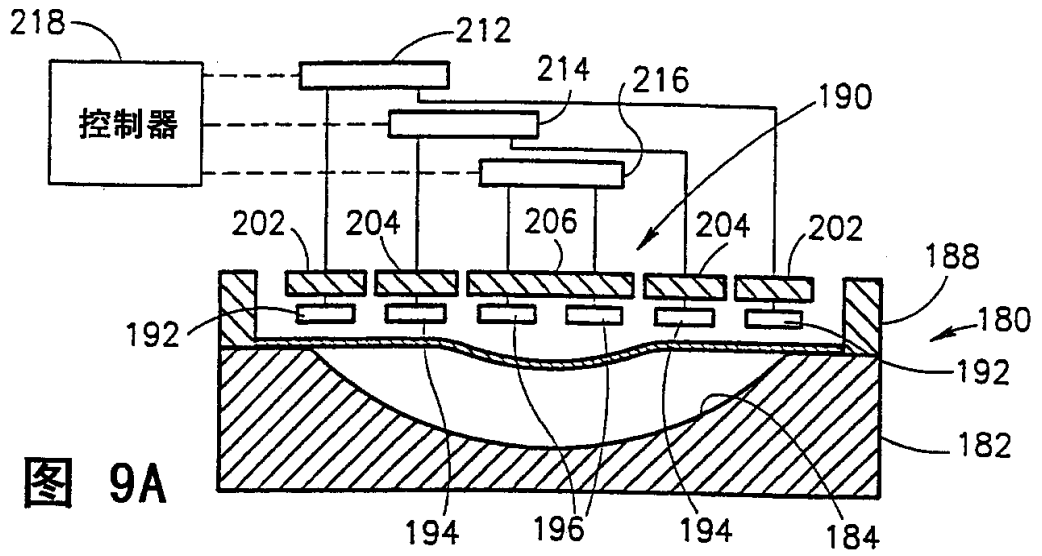


图 9A

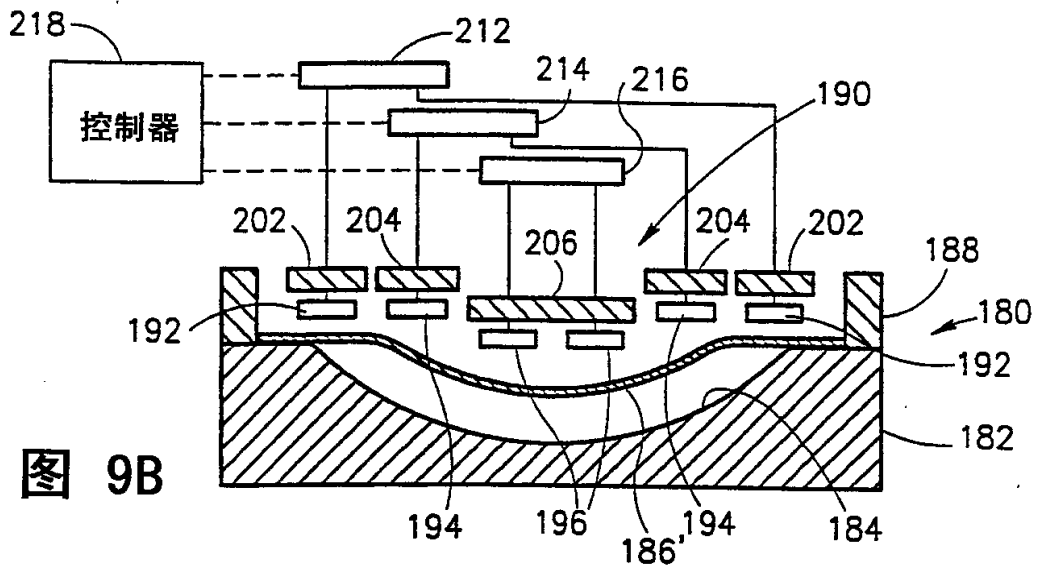


图 9B

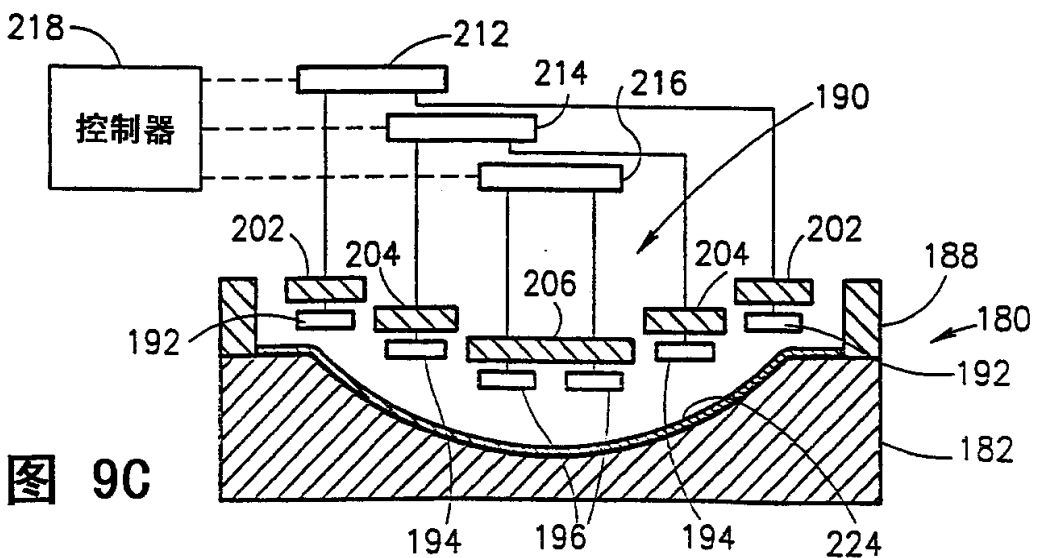


图 9C

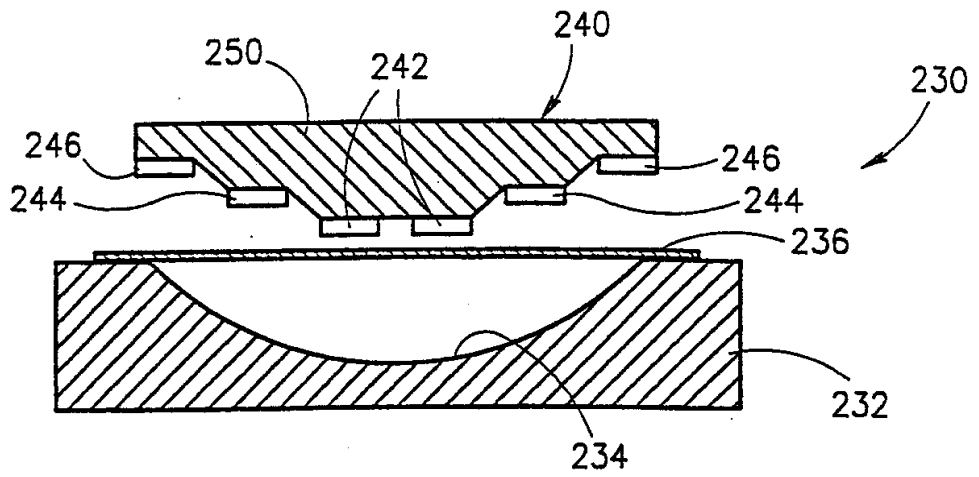


图 10A

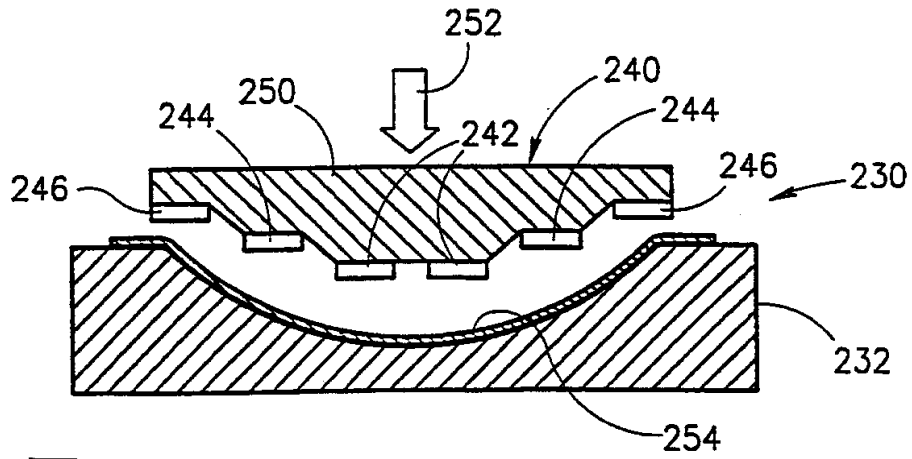


图 10B

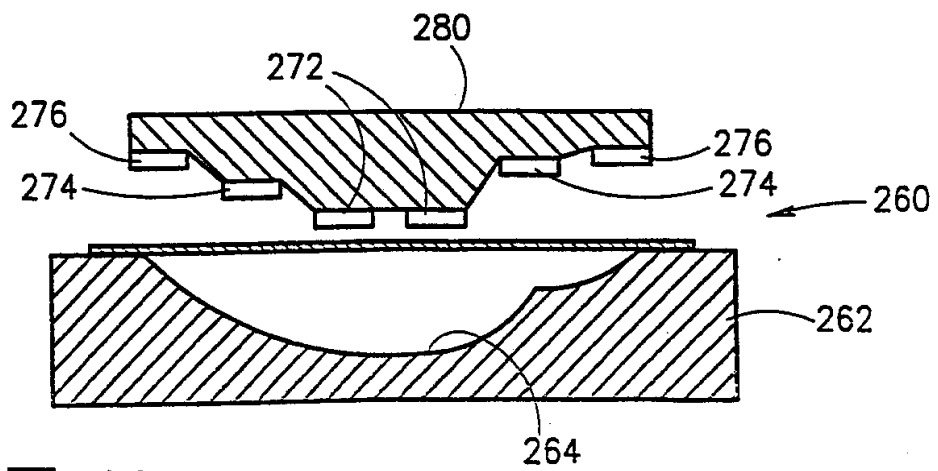


图 11

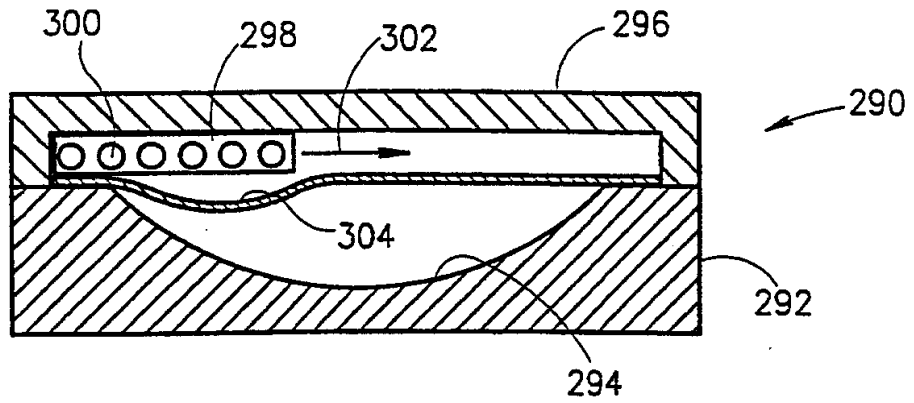


图 12A

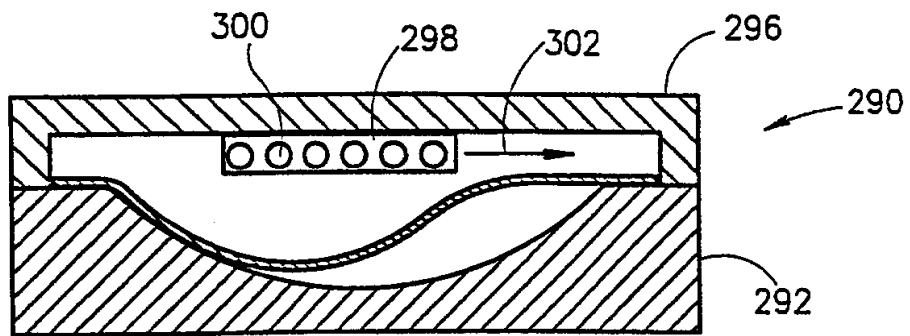


图 12B

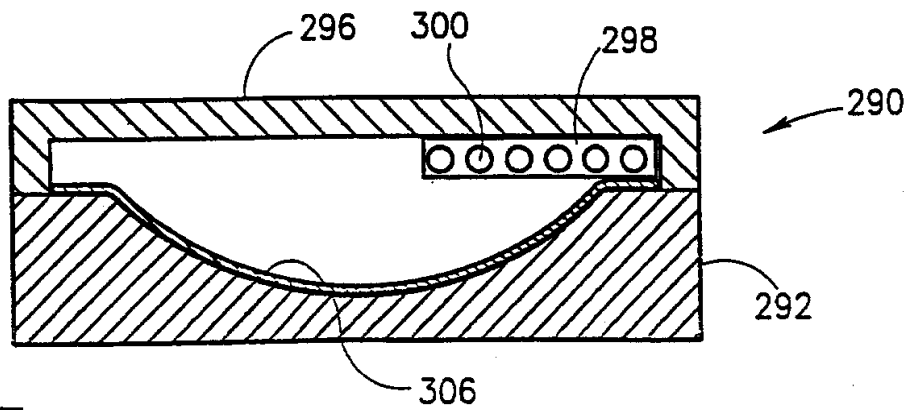


图 12C