

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01J 1/312

H01J 9/02



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02813307.2

[43] 公开日 2004年10月20日

[11] 公开号 CN 1539152A

[22] 申请日 2002.4.16 [21] 申请号 02813307.2

[30] 优先权

[32] 2001.4.30 [33] US [31] 09/846,127

[86] 国际申请 PCT/US2002/012257 2002.4.16

[87] 国际公布 WO2002/089167 英 2002.11.7

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.30

[71] 申请人 惠普公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 Z·陈 M·J·雷甘

B·E·波尔夫 T·诺维特

P·本宁 M·A·约翰斯通

S·拉马莫尔蒂

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

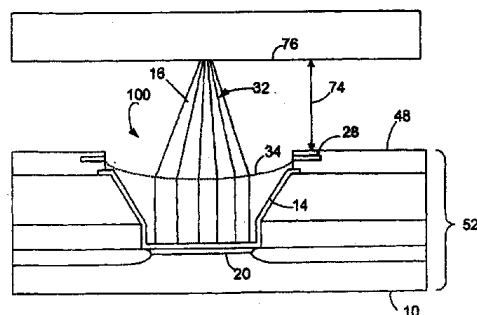
代理人 吴立明 梁永

权利要求书2页 说明书9页 附图12页

[54] 发明名称 隧穿发射器

[57] 摘要

一种发射器(50, 100)具有电子源层(10)和形成在电子源层上的隧穿层(20)。绝缘层(78)可选地形成在电子源层上,并具有确定在其中的窗口,其中形成隧穿层。阴极层(14)被形成在隧穿层上,以便提供电子(16)和/或光子(18)的能量发射(22)的表面。最好对发射器进行退火工艺(120, 122),从而提高从电子源层隧穿到阴极层的电子的供应。



ISSN 1008-4274

1. 一种发射器 (50, 100), 它包含:
电子源 (10);
阴极层 (14); 以及
- 5 排列在电子源与阴极层之间的隧穿层 (20), 其中, 电子源、阴极层、以及隧穿层已经经受了退火工艺 (120, 122).
2. 权利要求 1 的发射器 (50, 100), 其中, 隧穿层 (20) 是金属簇介质。
3. 权利要求 1 的发射器 (50, 100), 其中, 隧穿层 (20) 是选自 TiO_x 、 TaO_x 、 $WSiN$ 、 $TaAlO_xN_y$ 、 $TaAlO_x$ 、和 AlO_xN_y 的金属簇介质。
- 10 4. 权利要求 1 的发射器 (50, 100), 能够提供大于每平方厘米 $1 \times 10^{-2}A$ 的发射电流。
5. 权利要求 1 的发射器 (50, 100), 其中, 隧穿层 (20) 的厚度约为 50-250Å。
- 15 6. 一种集成电路 (52), 它包含:
衬底 (10);
排列在衬底上的权利要求 1 的发射器 (50, 100); 以及
用来使制作在具有发射器的衬底上的发射器工作的电路 (72)。
7. 一种电子器件, 它包含:
- 20 权利要求 1 的能够发射能量 (22) 的发射器 (50, 100); 以及
阳极结构 (76, 40, 58), 它能够接收发射的能量并响应于接收发射的能量而产生至少第一效应且响应于未接收发射的能量而产生第二效应。
8. 权利要求 7 的电子器件, 其中, 此电子器件是一种大规模存储器件 (图 7), 而阳极结构是一种储存媒质 (58), 此电子器件还包含读出电路 (62), 用来探测阳极结构上产生的效应。
- 25 9. 权利要求 7 的电子器件, 其中, 此电子器件是一种显示器件 (图 6), 而阳极结构是一种显示屏 (40), 它响应于接收发射的能量而产生可见的效应。
- 30 10. 权利要求 9 的电子器件, 其中, 显示屏 (40) 包括能够响应于接收发射的能量 (22) 而发射光子 (18) 的一种或多种磷光体 (42)。

21. 一种发射器 (50, 100), 它包含:
电子源层 (10);
制作在电子源层上且其中确定有窗口的绝缘层 (78);
制作在窗口中电子源层上的隧穿层 (20); 以及
5 制作在隧穿层上的阴极层 (14);
其中, 发射器已经经受了退火工艺 (120, 122), 以便增大从电子源层隧穿到用于能量发射 (22) 的阴极层的电子 (10) 的供应。
12. 权利要求 11 的发射器 (50, 100), 除了电子 (16) 发射之外, 还能够发射光子 (18)。
- 10 13. 权利要求 11 的发射器 (50, 100), 其中, 隧穿层 (20) 是金属簇介质。
14. 权利要求 11 的发射器, 其中, 阴极层 (14) 具有大于每平方厘米约为 0.01A 的发射率。
- 15 15. 权利要求 11 的发射器, 其中, 隧穿层 (20) 是选自 TiO_x 、 TaO_x 、 $WSiN$ 、 $TaAlO_xN_y$ 、 $TaAlO_x$ 、和 AlO_xN_y 的金属簇介质。
16. 权利要求 11 的发射器, 其中, 隧穿层 (20) 的厚度约为 50-250Å。
17. 一种在电子源 (10) 上形成发射器 (50, 100) 的方法, 它包含下列步骤:
20 涂敷导电层 (80, 82), 以便粘合到排列在电子源 (10) 上的绝缘层 (78), 此绝缘层确定对电子源的窗口;
在导电层上涂敷图形化层 (104);
在图形化和导电层中形成对电子源的窗口 (108);
在图形化层和窗口上涂敷隧穿层 (20); 以及
25 腐蚀图形化层 (图 11I), 以便从隧穿层下方清除图形化层, 从而用剥离方法从导电层清除不排列在窗口中的隧穿层。
18. 权利要求 17 的方法, 还包含对处理过的发射器进行退火 (120, 122) 以增大隧穿电流的步骤。
- 30 19. 权利要求 17 的方法, 其中, 被涂敷的隧穿层 (20) 的厚度小于大约 500Å。
20. 权利要求 17 的方法, 还包含在隧穿层 (20) 上涂敷阴极层 (14) 的步骤。

隧穿发射器

技术领域

5 本发明的目的是场发射器件。确切地说，本发明的目的是利用直接隧穿的平板场发射发射器及其在电子器件中的用途。

背景技术

已经提出并实现了几种不同的场发射器件，来产生对显示器或诸如存储器件之类的其它电子器件有用的电子发射。诸如电子管之类的具有热电子发射的真空器件，通常要求对阴极表面进行加热以便产生电子发射。这些电子在真空中被拉向处于预定电压电位以吸引电子的阳极结构。对于诸如阳极射线管之类的显示器件，阳极结构涂敷有光体磷，以便当电子碰撞到磷光体上时，产生光子，从而产生可见图象。诸如 spindt 尖端（尖端电极）之类的冷阴极器件已经被用来取代热电子技术。但难以在保持可靠性的情况下减小尺寸和集成几个尖端电极。随着尺寸的减小，这种尖端更容易受到来自电子对其撞击时离化的真空中的沾污物造成的损伤。此离化的沾污物然后被吸引到尖端，并与之碰撞，从而引起损伤。为了提高尖端的寿命，真空区必须具有越来越高的真空。发射表面大的平板发射器能够可靠地工作于较低的真

10
15
20

发明内容

一种发射器具有电子源层和形成在电子源层上的隧穿层。绝缘层可选地形成在电子源层上，并具有确定在其中的窗口，其中形成隧穿层。阴极层被形成在隧穿层上，以便提供电子和/或光子的能量发射表面。最好对发射器进行退火工艺，从而提高从电子源层隧穿到阴极层的电子供应。

25

附图说明

30 图 1 是结合本发明的隧穿发射器的示例图。

图 2 是利用图 1 的隧穿发射器来产生聚焦电子束的示例图。

图 3 是包括几个隧穿发射器和光学透镜来产生显示器件的集成电

路的示例图。

图 4 是组合多个隧穿发射器和控制电路的集成电路的示例方框图。

5 图 5 是包括用来对来自隧穿发射器的能量发射进行聚焦的透镜的集成电路上的隧穿发射器的示例图。

图 6 是由包括多个隧穿发射器和产生或通过光子的阳极结构的集成电路形成的示例显示器。

图 7 是一种组合了包括用来将信息读出和记录到可重新写入的媒质上的多个隧穿发射器的集成电路的示例存储器件。

10 图 8 是示例隧穿发射器的俯视图。

图 9 是图 8 所示隧穿发射器的示例剖面图。

图 10 是组合了结合本发明隧穿发射器的电子器件、显示器、或存储器件中的至少一种的计算机的示例方框图。

15 图 11A-11L 是用于产生本发明隧穿发射器的示例工艺中的各个示例步骤的说明。

图 12A 和 12B 是用来可选地改善本发明的隧穿发射器的示例退火工艺曲线。

具体实施方式

20 本发明的目的是场发射发射器，它利用小于大约 500\AA 的足够薄的隧穿层在电子源和平板阴极表面之间产生大电场，从而提供每平方厘米高量级的发射电流。常规的平板发射器型器件每平方厘米表面面积的发射电流低，因而无法用于某些应用。本发明采用优选在 $50\text{-}250\text{\AA}$ 之间，最好约为 100\AA 的薄的金属簇 (cluster) 介质淀积，来形成其中电子能够在电子源与阴极表面之间隧穿的势垒。利用这种材料，发
25 射电流能够大于每平方厘米 10mA 、 100 mA 、或 1A ，这分别比常规平板发射器技术的发射电流大一个数量级、二个数量级、或三个数量级。实际的发射率依赖于用于隧穿层的材料类型和厚度的设计选择。除了电子发射之外，本发明还能够产生光子发射，从而提供了结合本发明的发射器的其它用途。在本发明及其制造方法和各种用途的下列描述
30 中，本发明的其它优点和特点将变得更为明显。

在本描述中，发射器元件的各个部分未被按比例绘出。为了更清楚描述和理解本发明，某些尺度相对于其它尺度已经被夸大。为

了说明的目的，此处所示的各个实施方案被示于二维图中，各个区域具有深度和宽度。应该理解的是，这些区域仅仅是部分单个器件单元的说明，它可能包括排列在三维结构中的多个这种单元。因此，当制造在实际器件上时，这些区域具有3个尺度，包括长度、宽度、以及深度。

而且，本发明的一种情况是能够用常规的集成电路薄膜技术来加以制造。存在着几种不同的技术来执行几种工艺步骤，并能够由本技术领域的熟练人员互换。例如，除非特别指出，材料的淀积可以举例来说采用诸如蒸发、溅射、化学气相淀积、分子束外延、光化学气相淀积、低温光化学气相淀积、以及等离子体淀积之类的几种工艺之一。此外，存在着几种不同的腐蚀技术，举一些可能的腐蚀技术的例子来说，例如湿法腐蚀、干法腐蚀、离子束腐蚀、反应离子刻蚀、以及诸如桶形等离子体腐蚀和平面等离子体腐蚀之类的等离子体腐蚀。所用实际技术的选择将依赖于所用的材料和成本考虑以及其它各种因素。

图1是发射器器件50的示例图，优选为用于电子发射和光子发射的平板发射器，它包括电子源10。电子源10上是隧穿层20。隧穿层20优选由诸如硝酸硅钨(WSiN)或氧化钽(TaO_x)、氧化钛(TiO_x ，其中 $x=0.5-2.5$)之类的金属簇介质组成。预计氮氧化钽铝(TaAlO_xN_y)、氧化钽铝(TaAlO_x)、氮氧化铝(AlO_xN_y)、或其它的过渡金属(TM)氧化物或氮氧化物($(\text{TM})\text{O}_x$ 或 $(\text{TM})\text{O}_x\text{N}_y$)也能够用作隧穿层20。隧穿层的厚度优选为小于 500\AA ，更优选约为 $50-250\text{\AA}$ ，例如 100\AA 或以下。选择的厚度决定了隧穿层必须能够承受的电场强度和所希望的发射器发射电流。排列在隧穿层20上的是阴极层14，优选为诸如铂、金、钼、铌、钽、钨、或其它难熔金属、或其合金之类的薄膜导体。阴极层的厚度优选为 $30-150\text{\AA}$ 。当具有发射器电压为 V_e (约为 $3-10\text{V}$)的电压源24经由接触12被施加到阴极层14和电子源10时，电子从衬底10(电子源)隧穿到阴极层14。由于隧穿层20很薄，故电子通过其中隧穿的电场非常强，故从阴极层14表面的电子发射16大于常规的设计。光子发射18也同电子发射16一起发生，从而形成从发射器50的能量发射22。

各种厚度的电场如公式

$$\bar{E} = \frac{V_e}{t_{thickness}}$$

计算，其中 $t_{thickness}$ 是隧穿层 20 的厚度。例如，对于 $V_e=10V$ ，对于 100\AA 的隧穿层厚度，电场等于每米 10^7V 。

最好用溅射方法来淀积隧穿层 20。由于金属簇介质承受更高得多的电场而不被电击穿，故利用金属簇介质作为隧穿层，能够将非常高的电场强度施加在电子源 10 与阴极层 14 之间来获得更高的发射。

图 2 是图 1 发射器 50 的使用示例图。在此应用中，利用被示例为设定在预定电压下的导体中孔径的静电聚焦器件即透镜 28，电子发射 16 被聚焦，此预定电压能够被调整以改变其聚焦效果。本技术领域的熟练人员可以理解的是，透镜 28 可以由一个以上的导电层组成以产生所希望的聚焦效果。电子发射 16 被透镜 28 聚焦成阳极结构 30 上的聚焦束 32。阳极结构 30 被设定在阳极电压 V_a 26，其幅度依赖于专门用途以及从阳极结构 30 到发射器 50 的距离而变化。例如，若阳极结构 30 是存储器件的可记录媒质，则 V_a 可以被选择为 $500-1000V$ 。透镜 28 借助于在其孔径中形成电场 34 而聚焦电子发射 16。借助于设定 V_e 在恰当的电压，从发射器 50 发射的电子被引导到孔径中心，并进一步被吸引到阳极结构 30，从而形成聚焦束 32。

图 3 是显示器 40 的示例实施方案，此显示器 40 具有包括多个制作在象素组阵列中的集成发射器 100 的集成电路 52。此集成发射器 100 发射光子发射 18，可见光源被光学透镜 38 聚焦成聚焦束 32，可作为图象被观察到。光学透镜 38 最好涂敷有诸如氧化铟锡之类的透明导电表面，以便捕获从发射器发射的电子，于是在透镜上形成阴极层。

图 4 是集成电路 52 的示例实施方案，此集成电路 52 包括至少一个集成的发射器 100，但最好包括多个排列在阵列中的集成发射器 100。发射器控制电路 72 被集成到集成电路 52 上，并被用来运行此至少一个集成发射器 100。

图 5 是包括集成发射器 100 和透镜阵列 48 的集成电路 52 的示例实施方案。此集成电路 52 被制作在导电衬底 10 上，最好是重掺杂的硅或诸如薄膜导电层之类的导电材料上，以便提供电子源。在衬底 10 上淀积厚度小于 500\AA 的隧穿层 20，优选厚度约为 100\AA ，

虽然对于某些应用 50-250Å 更优选。不同的半导体薄膜材料层被涂敷到衬底 10，并被腐蚀以便形成集成发射器 100。排列在隧穿层 20 上的是阴极层 14，优选是铂、金、钼、铌、钨、钽、铬、或其它难熔金属、或其合金组成的薄膜导电层，但最好主要是铂。阴极层 14 构成阴极表面，能量以电子和光子的形式从这一阴极表面被发射。利用常规薄膜加工方法，透镜阵列 48 被涂敷，且包括确定在导电层中并对准于集成发射器 100 的透镜 28，以便将来自集成发射器 100 的能量聚焦到阳极结构 76 的表面上。阳极结构 76 位于离集成电路 52 的目标距离 74 处。

图 6 是利用本发明的集成发射器 100 的显示器应用的变通实施方案。在本实施方案中，多个发射器 100 被排列并形成在集成电路 52 中。各个发射器 100 以电子发射 16 或光子发射 18 的形式发射能量发射 22（见图 1）。阳极结构即显示器 40 将发射的能量接收在由各个显示子像素 42 构成的显示像素 44 中。显示子像素 42 最好是在被能量发射 22 的电子发射 16 冲击时产生光子的磷光材料。或者，显示子像素 42 可以是半透明的窗口，以便使能量发射 22 的光子发射 18 能够通过显示器 40，以直接看到光子。

图 7 是存储器件中的集成发射器 100 的一种变通应用。在本示例实施方案中，具有多个集成发射器 100 的集成电路（IC）52，具有对准于集成发射器 100 的聚焦机构的透镜阵列 48。此透镜阵列 48 被用来产生聚焦束 32，用来影响记录表面即媒质 58。媒质 58 被涂敷到动子（mover）56，动子 56 使媒质 58 相对于 IC 52 上的集成发射器 100 定位。动子 56 中最好集成有读出器电路 62。读出器 62 被示为一种放大器 68，它对媒质 58 形成第一欧姆接触 64，并对动子 56 形成第二欧姆接触 66，最好是半导体或导体衬底。当聚焦束 32 冲击媒质 58 时，若聚焦束的电流密度足够高，则媒质被相变，从而形成一个受影响的媒质区域 60。当低电流密度的聚焦束 32 被施加到媒质 58 的表面时，不同的电流流速被放大器 68 探测到，从而产生读出器输出 70。于是，借助于用来自发射器 50 的能量影响媒质，就用媒质的结构相变性质将信息储存在媒质中。一种这样的相变材料是 In_2Se_3 。其它的相变材料对本技术领域的熟练人员来说是众所周知的。

图 8 是包括阴极层 14 中的发射器区域 84 的集成发射器 100 的本发明示例实施方案的俯视图。此阴极层 14 被电耦合到并排列在导电层 82 上，导电层 82 被排列在绝缘层 78 上。集成发射器 100 优选被示为圆形，但也可以采用其它形状。由于形状中不存在分立的边沿，故在产生更为均匀的电场方面，圆形是优选的。

图 9 是图 8 所示集成发射器 100 示例实施方案沿 9-9 线的剖面。衬底 10，最好是导电层或重掺杂的半导体，为排列在绝缘层 78 中确定的窗口内的隧穿层 20 提供了电子源。阴极层 14，最好是薄膜导电层，被排列在隧穿层 20 上以及部分地排列在导电层 82 上，从而与导电层形成电接触。依赖于为绝缘层 78 和导电层 82 所选择的特定材料，可以可选地增加粘合层 80，以便提供导电层 82 与绝缘层 78 之间的键合界面。

图 10 是计算机 90 的示例方框图，此计算机 90 包括微处理器 96、耦合到微处理器 96 的存储器 98、以及电子器件即存储器件 94 和显示器件 92。这些电子器件被耦合到微处理器 96。微处理器 96 能够执行来自存储器的指令，以便能够在存储器与诸如存储器件 94 和显示器件 92 之类的电子器件之间传送数据。各个电子器件包括集成电路，此集成电路具有结合本发明的发射器，最好还具有用来聚焦来自发射器的发射的聚焦器件。发射器具有其上排列有绝缘层的电子源层。绝缘层具有窗口，窗口限定隧穿层被制作在其中的电子源层上。在隧穿层上是阴极层。最好但可选地已经对具有发射器的集成电路进行了退火工艺，从而增大能够从电子源层隧穿到阴极层的电子的供应。退火工艺还减小了各个金属层之间的接触电阻，从而提高了电子到发射器的电导率。

图 11A-11L 示出了用来产生结合本发明的发射器的示例工艺步骤。图 11A 中，由介质或光抗蚀剂组成的掩模 102 被用于衬底 10，衬底 10 最好是硅半导体衬底，虽然衬底 10 也可以是导电薄膜层或导电衬底。衬底 10 的薄片电阻最好约为 100-0.0001 欧姆厘米。

在图 11B 中，当衬底 10 是硅衬底时，最好用场氧化物生长方法来形成绝缘层 78。绝缘层 78 能够可选地由用常规半导体工艺单独或组合地淀积或生长的其它氧化物、氮化物、或其它常规的介质组成。绝缘层 78 被形成在除了被掩模 102 覆盖的区域之外的衬底上。

被掩模 102 确定的区域，因而即是得到的空洞即绝缘层 78 中确定的窗口，决定了稍后形成的集成发射器 100 在清除掩模 102 时的位置和形状。

5 在图 11C 中，可选的粘合层 80 被涂敷在衬底 10 和绝缘层 78 上。当稍后涂敷的导电层 82（见图 11D）由金组成时，此粘合层 80 最好是钽。最好用常规的淀积技术来涂敷此粘合层。此粘合层的厚度最好约为 100-200Å，但依赖于所选择的材料而能够是任何厚度。

10 在图 11D 中，导电层 82 被涂敷在衬底 10 上先前涂敷的各个层上，例如若使用了的粘合层 80 上。最好用常规淀积技术来形成导电层。此导电层最好是厚度约为 500-1000Å 的金。

在图 11E 中，图形化层 104 被涂敷在导电层 82 上，并在其中形成窗口，以便确定用来形成集成发射器的腐蚀区域。此图形化层 104 最好是厚度约为 1 微米的正光抗蚀剂层。

15 在图 11F 中，最好用湿法腐蚀工艺来产生图形化层 104 内导电层 82 中的窗口。此腐蚀通常会产生产生如所示的各向同性腐蚀分布，其中部分导电层在图形化层 104 下方被钻蚀。所用的湿法腐蚀工艺最好不同若使用了的粘合层 80 发生反应，以便防止腐蚀材料达及衬底 10。干法腐蚀工艺可以可选地用来腐蚀此导电层 82。

20 在图 11G 中，最好用对粘合层 80 有反应的干法腐蚀工艺来产生各向异性分布 108。

25 在图 11H 中，在图形化层 104 上被处理了的衬底 10 的表面以及绝缘层 78 中的窗口上，涂敷隧穿层 20，此隧穿层 20 优选是诸如金属簇介质、 TiO_x 、 TaO_x 、 $WSiN$ 、 $TaAlO_xN_y$ 、 $TaAlO_x$ 、或 AlO_xN_y 之类但最好是 TiO_x 的高介电强度材料。最好用溅射金属并引入氧和/或氮的方法来淀积隧穿层 20，以便形成厚度小于大约 500Å 的介质，此厚度优选约为 50-250Å，例如约为 100Å。

30 在图 11I 中，剥离工艺被用来清除图形化层 104 和排列在图形化层 104 上的部分隧穿层 20。低温等离子体最好被用来反应腐蚀烧蚀图形化层 104 中的有机材料。在平面等离子体腐蚀工艺中，所用的气体最好是氧。被处理过的衬底 10 被置于工作室中，并引入氧，且氧被能量源激发，从而产生等离子体场。等离子体场将氧激励到高能状态，这又将图形化层 104 组分氧化成气体，被真空泵从工作室清除。由于

其体积比的接近和差异，故图形化层 104 的某些组分在剥离过程中与淀积在图形化层 104 上的薄的隧穿层 20 中的组分发生反应。例如，从图形化层 104 释放的一氧化碳与隧穿层 20 的 TiO_x 层中的氧发生反应，形成二氧化碳气体，然后被清除，在导电层 82 的表面上留下少量的 Ti。这样，排列在图形化层 104 上的隧穿层 20 就在剥离工艺中被基本上清除了。在剥离工艺完成之后，基本上仅仅保留下排列在绝缘层 78 的窗口中的隧穿层 20 部分。

湿法剥离工艺能够被可选地用来代替等离子体剥离工艺。在隧穿层 20 被涂敷到处理过的衬底 10 之后，衬底 10 被浸入到溶剂中，泡胀并清除图形化层 104，从而保留排列在绝缘层 78 的窗口内的隧穿层 20。

图 11J 示出了在处理过的衬底 10 的表面上涂敷阴极层 14。阴极层 14 最好是诸如铂的薄膜金属层，且厚度最好约为 50-250Å。诸如金、钼、铌、钨、钽、铬、或其它难熔金属、或其合金之类的其它金属，能够被用于阴极层 14。排列在隧穿层 20 上的阴极层 14 构成了发射器腔 114 中的发射器表面 86。

图 11K 示出了阴极抗蚀剂层 116 的涂敷，它已经涂敷并图形化以确定阴极层 14 待要被腐蚀处的窗口以便隔离衬底 10 上的多个发射器。

图 11L 示出了已经被腐蚀过的阴极层 14 以及被清除的阴极抗蚀剂 116。在发射器腔 114 内是发射器表面 86。图 8 示出了得到的结构的示例俯视图。发射器表面 86 具有第一面积。发射器腔 114 具有与发射器表面 86 接界的第一腔区，具有在粘合层 80 中基本上平行的侧壁。发射器腔 114 具有形成在导电层 82 中的第二腔区，其侧壁偏斜到具有第二面积的窗口。此第二面积大于第一面积。阴极层 14 被排列在发射器表面 86 和发射器腔 114 的第一和第二区的侧壁上。利用集成电路薄膜工艺来制造发射器，能够与常规集成电路中的传统有源电路一起被集成。如上所述，具有发射器的集成电路能够被用于显示器件或存储器件。在制造之后，最好对发射器进行退火工艺，以便增大从发射器的发射量。

图 12A 和 12B 是用来增大体现本发明的发射器的发射电流容量的示例退火工艺的曲线。此退火工艺还提高了器件成品率和质量，使发

射器寿命更长。在其它的好处中，此退火工艺有助于减小不同金属的接触电阻，从而增大流到发射器的电流。

5 在图 12A 中，第一热分布 120 示出了包括结合本发明的发射器的处理过的衬底首先在 10 分钟之内被升温到大约 400℃，然后在此温度下保持 30 分钟。处理过的衬底然后在大约 55 分钟内被缓慢冷却回到室温（大约 25℃）。

10 在图 12B 中，第二热分布 122 示出了包括结合本发明的发射器的处理过的衬底在 10 分钟之内被加热到大约 600℃的温度，并在此温度下保持大约 30 分钟。处理过的衬底然后在大约 100 分钟内被逐渐冷却到室温。本技术领域熟练人员可以理解的是，提升的温度与冷却的速率能够从所述的示例工艺进行修正而仍然符合本发明的构思与范围。借助于对包括至少一个结合本发明的发射器的衬底进行退火，改善了发射器的一些特性。

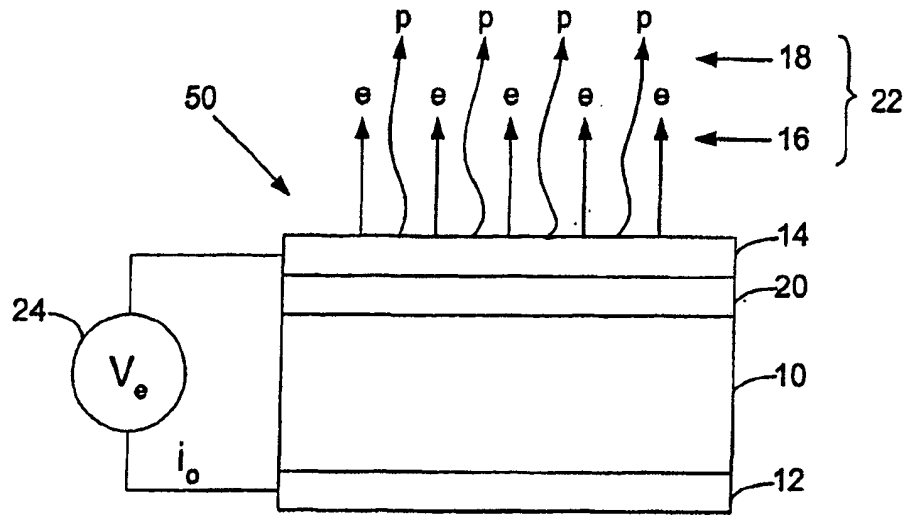


图 1

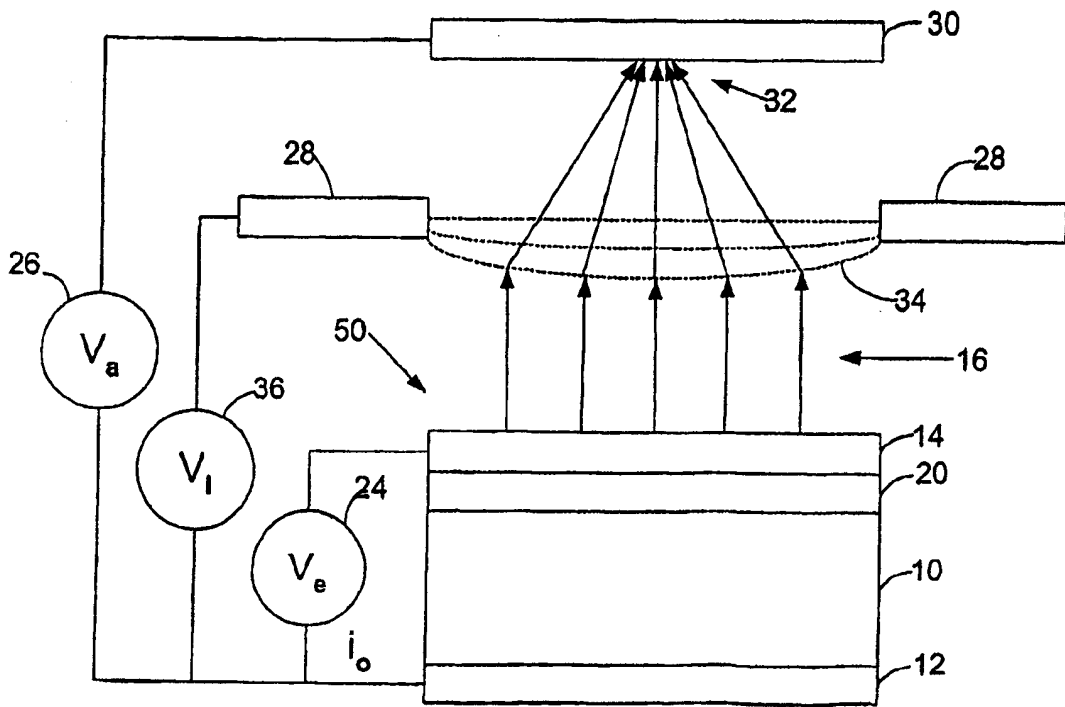


图 2

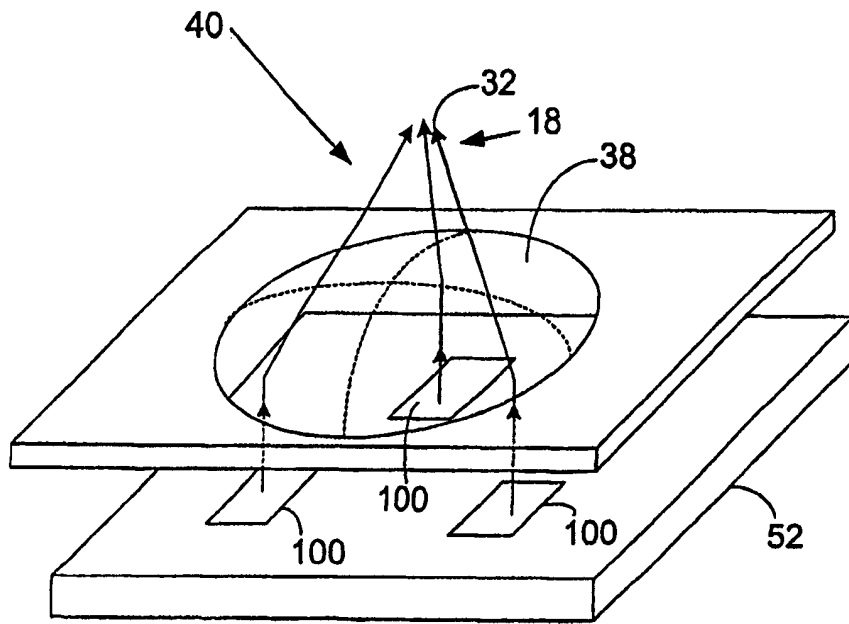


图 3

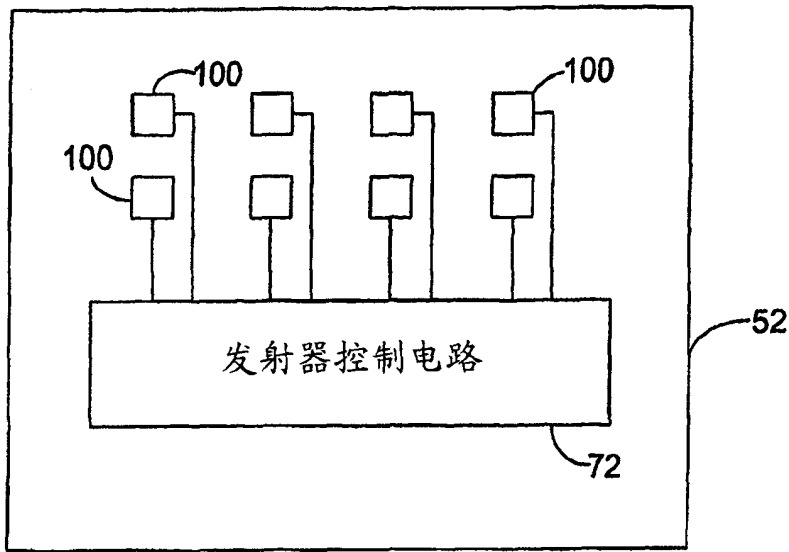


图 4

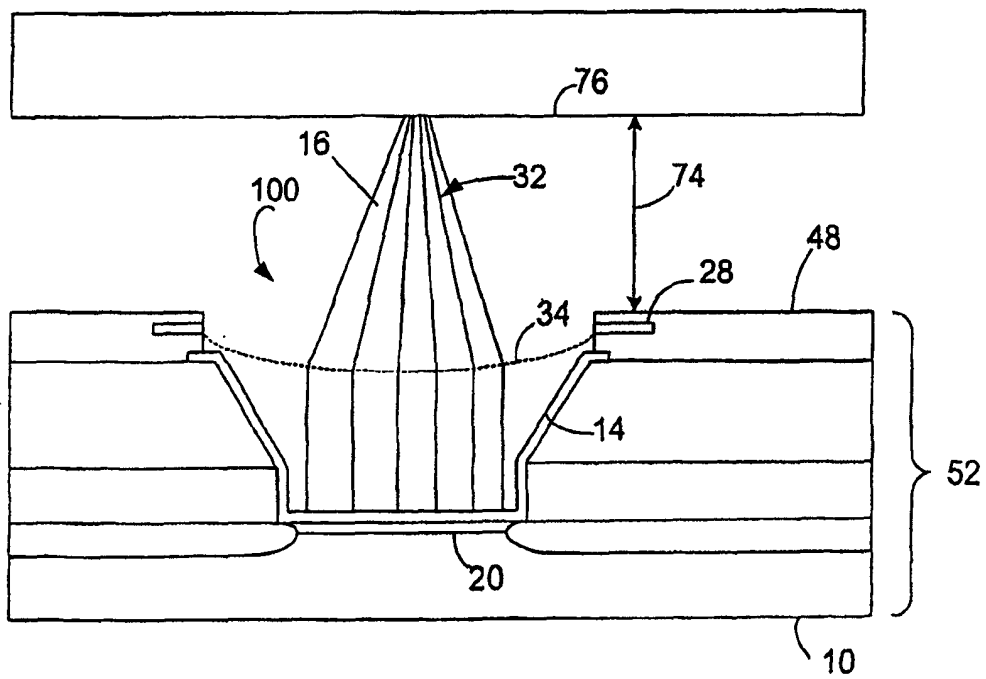


图 5

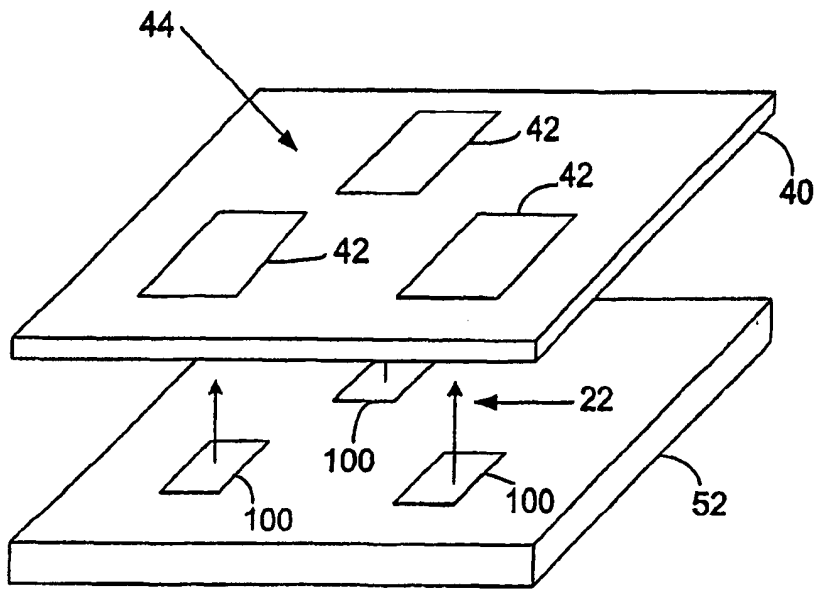


图 6

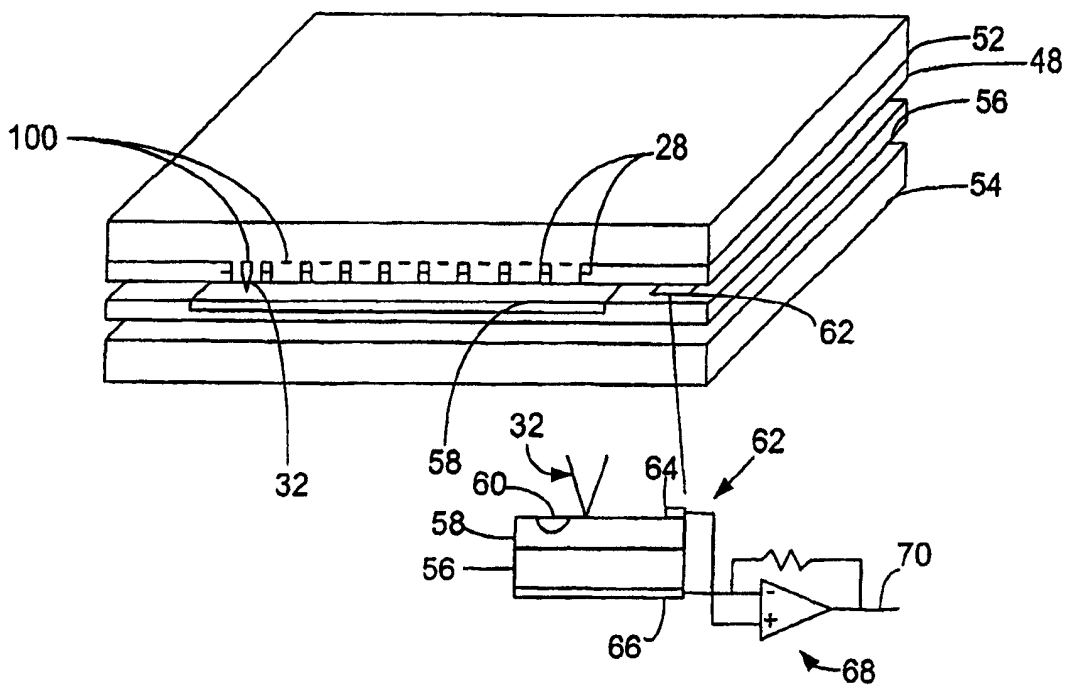


图 7

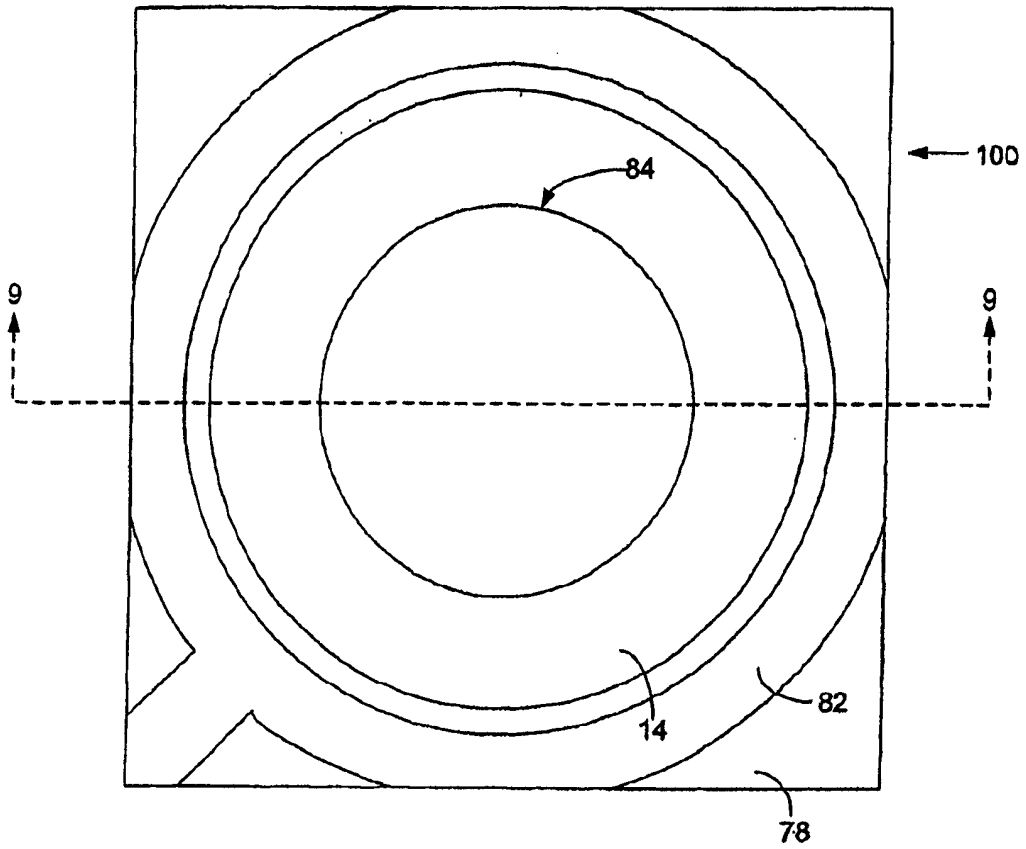


图 8

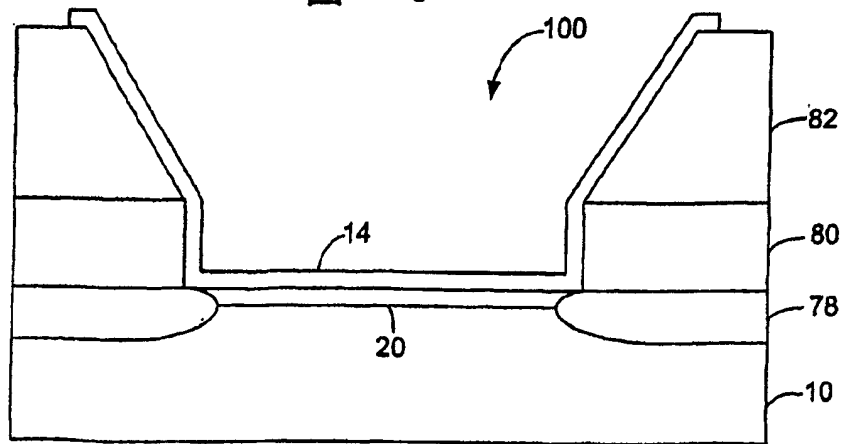


图 9

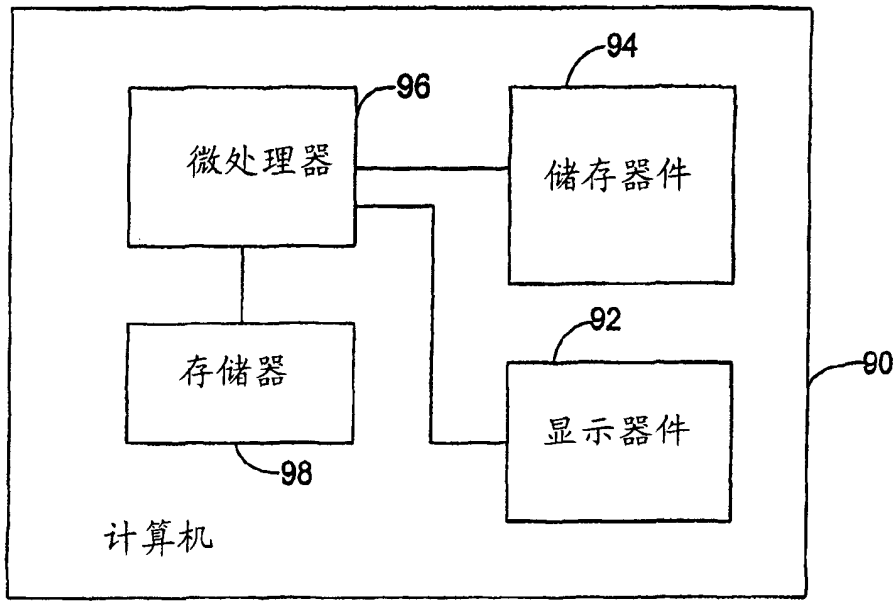


图 10

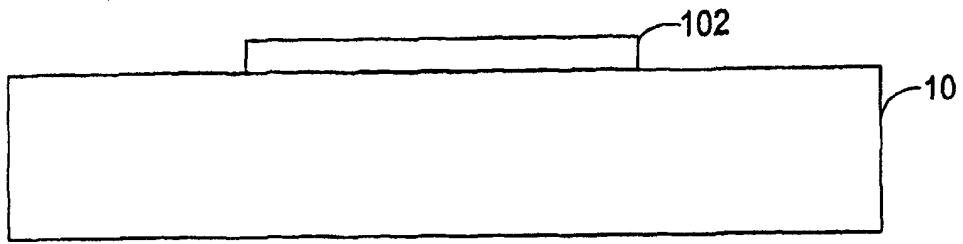


图 11A

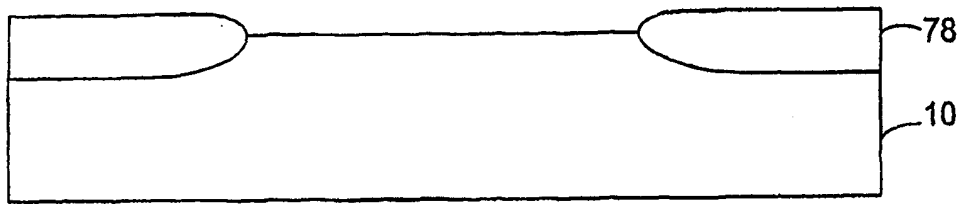


图 11B

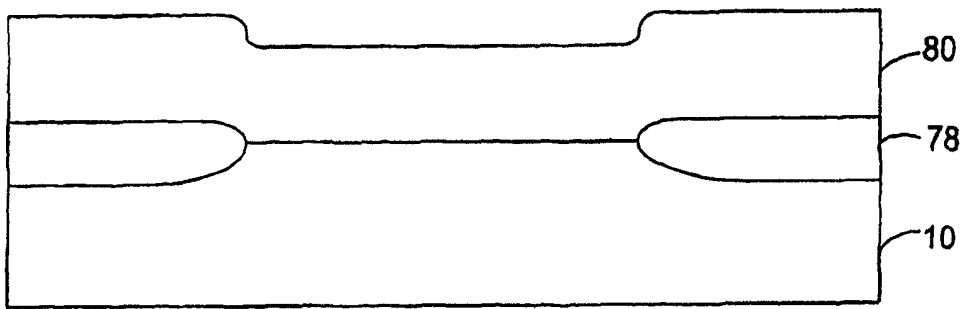


图 11C

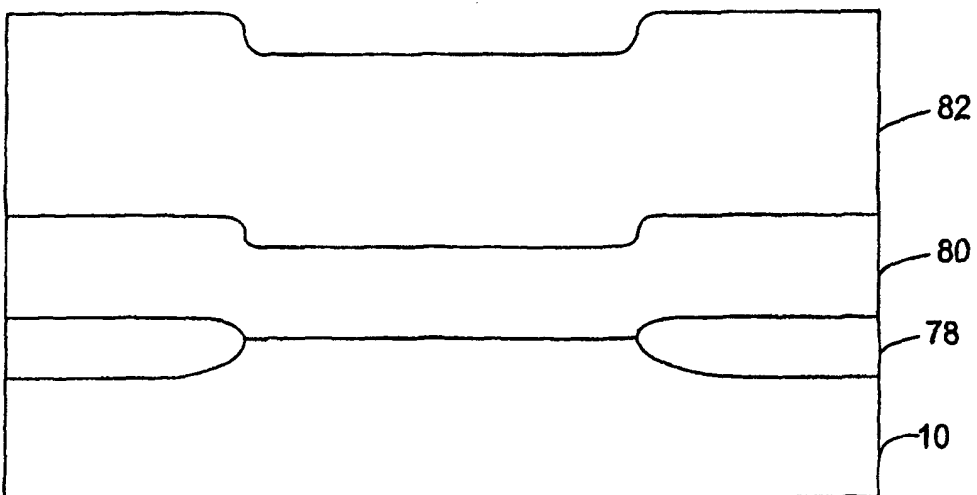


图 11D

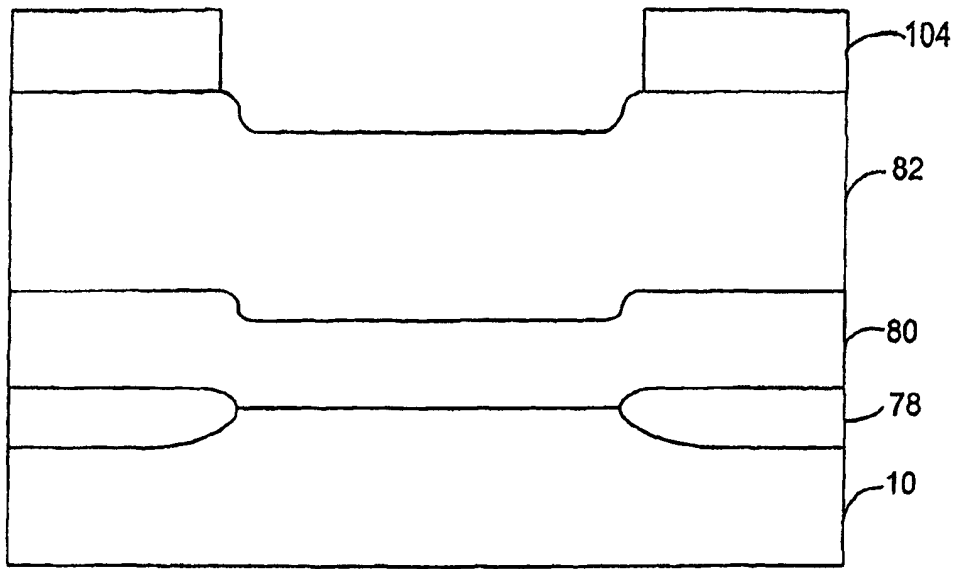


图 11E

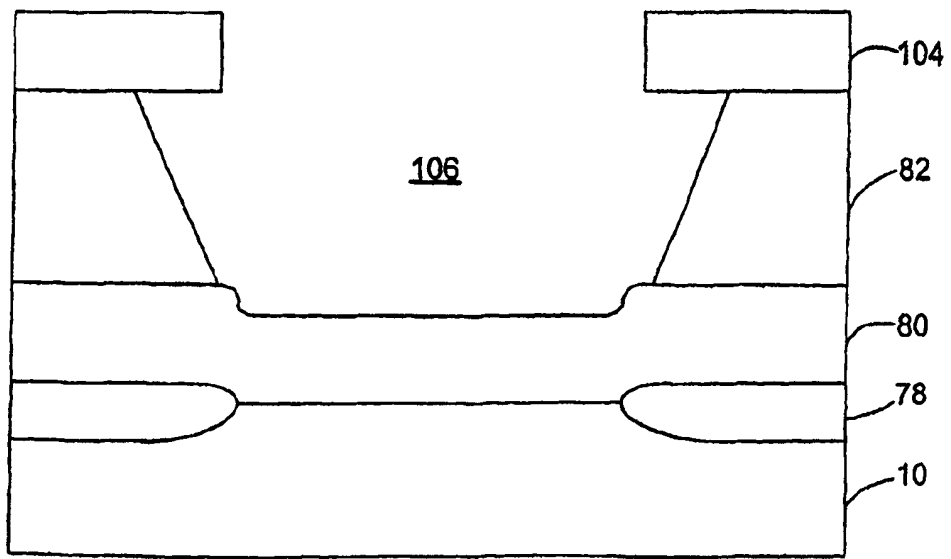


图 11F

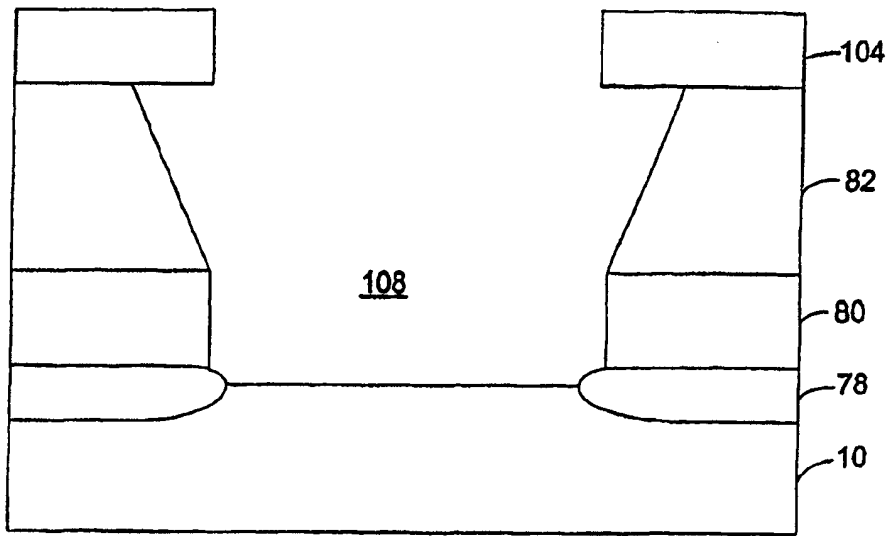


图 11G

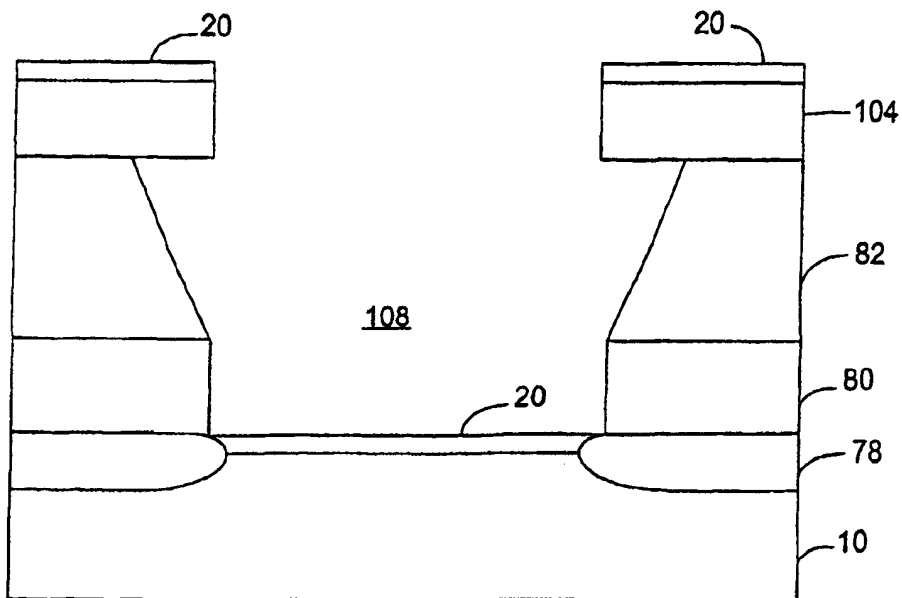


图 11H

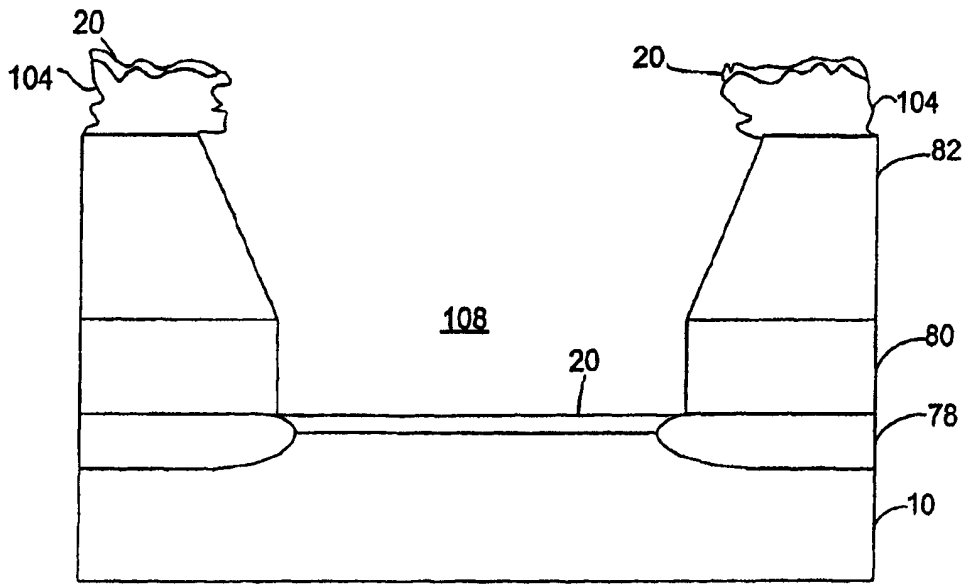


图 11I

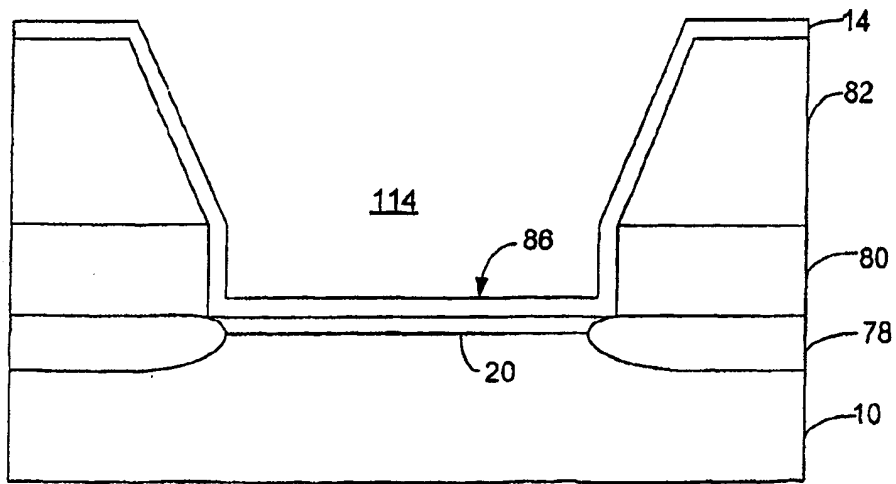


图 11J

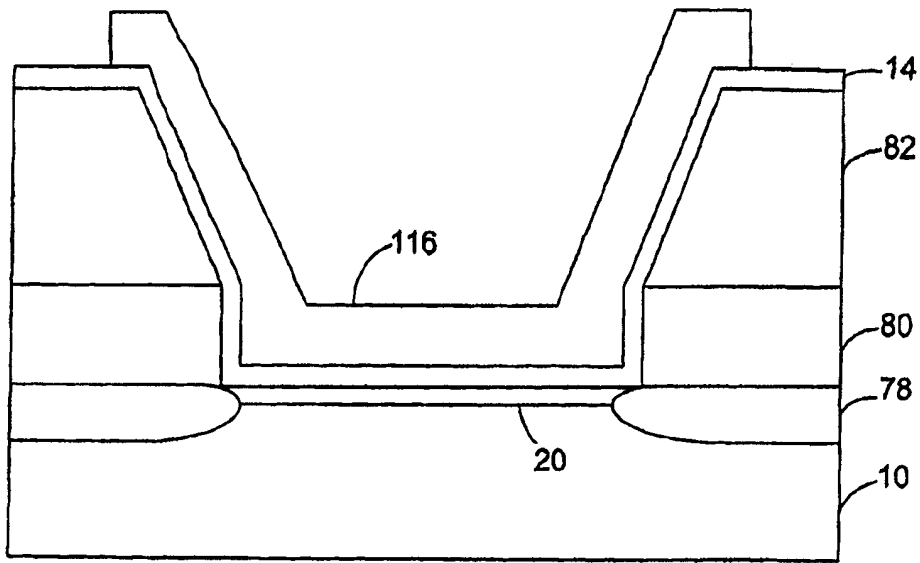


图 11K

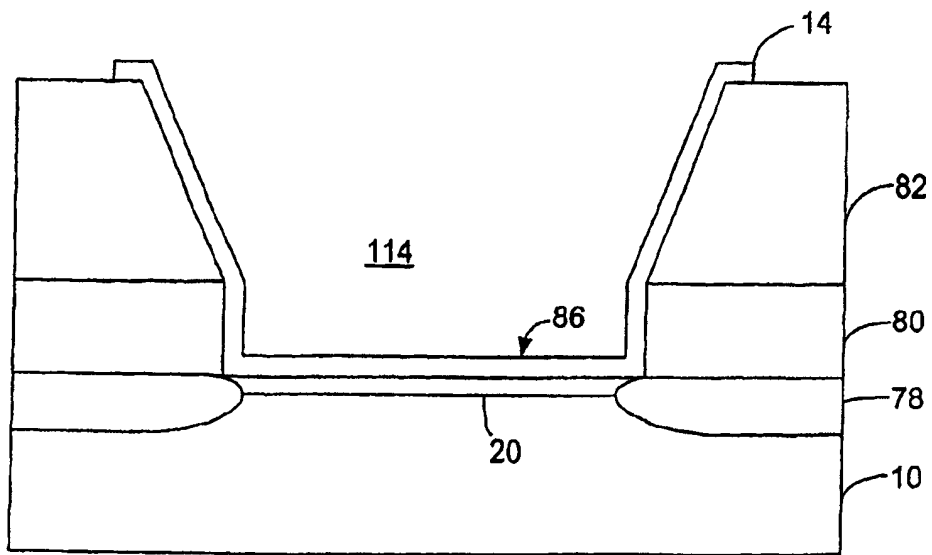


图 11L

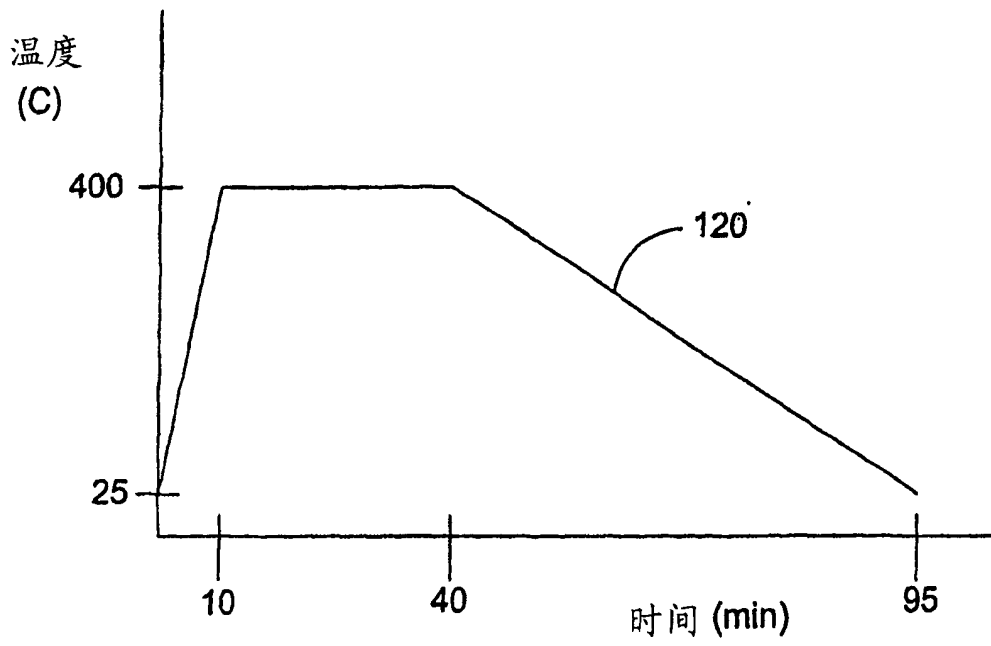


图 12A

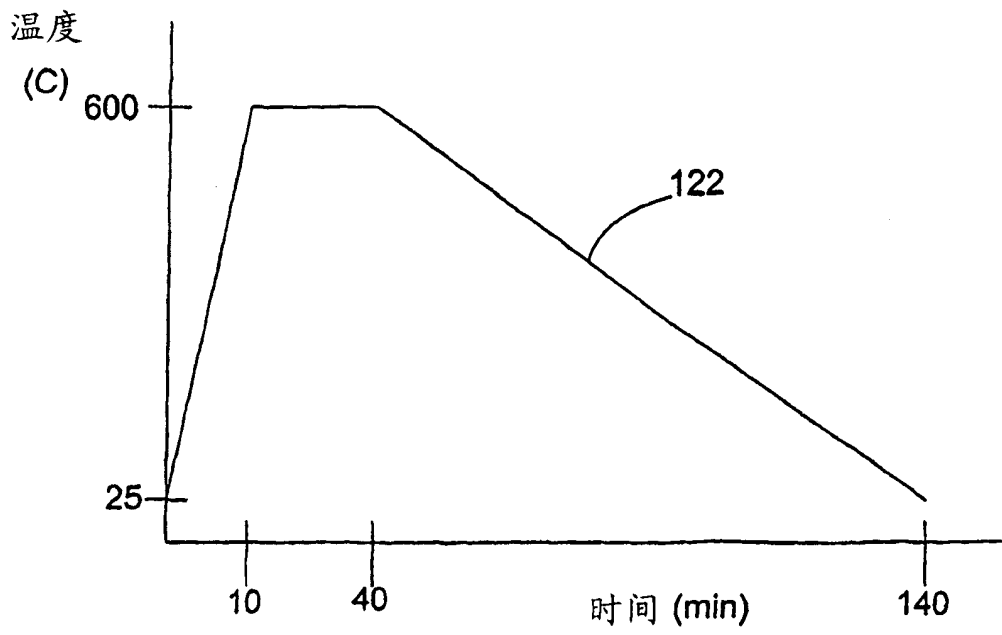


图 12B