



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109244230 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(21)申请号 201811329748.0

(22)申请日 2018.11.09

(71)申请人 江阴长电先进封装有限公司
地址 214431 江苏省无锡市江阴市高新技术
产业开发园区(澄江东路99号)

(72)发明人 张黎 赖志明 陈锦辉 陈栋

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 赵华

(51)Int.Cl.

H01L 41/053(2006.01)

H01L 41/23(2013.01)

H01L 23/498(2006.01)

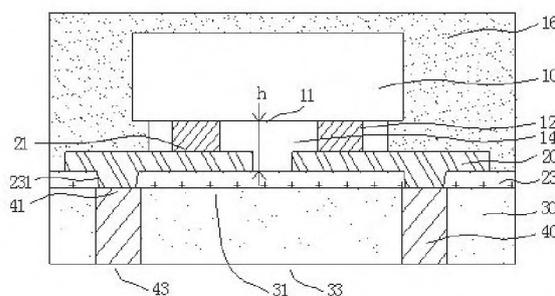
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法

(57)摘要

本发明公开了一种声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法,属于半导体芯片封装技术领域。其所述金属柱上下贯穿包封料层;所述包封料层的上表面设置多层再布线层,并与金属柱连接,并在多层再布线层的上表面设置若干个金属连接块;所述声表面波滤波器芯片通过金属连接块与多层再布线层多点倒装固连,所述多层再布线层与金属柱连接将声表面波滤波器芯片的电信号向下传导;包封膜包封在多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片的下方形成空腔,芯片功能区置于空腔内。本发明降低了制作时的工艺难度,提高了声表面波滤波器的成品率。



1. 一种声表面滤波芯片的封装结构,其包括声表面波滤波器芯片,其正面设有芯片功能区,

其特征在于,其还包括金属连接块、多层再布线层、金属柱和包封料层,所述金属连接块设置在所述芯片功能区的外围,所述金属柱有若干个,按预先设计的方案分布于包封料层内,所述金属柱上下贯穿包封料层;

所述多层再布线层包括至少一层介电层和至少一层再布线金属图形层,其相互交错设置,所述介电层包裹再布线金属图形层和/或填充于相邻的再布线金属图形层之间,所述再布线金属图形层彼此之间存在选择性电性连接,并在最下层介电层处开设多层再布线层开口,所述多层再布线层的最下层的再布线金属图形层通过多层再布线层开口与金属柱固连;

所述声表面波滤波器芯片通过金属连接块与所述多层再布线层的最上层的再布线金属图形层倒装固连,所述多层再布线层与金属柱固连将声表面波滤波器芯片的电信号向下传导;

采用膜片状的包封膜,经层压工艺,将所述声表面波滤波器芯片和多层再布线层的裸露面包封,同时,在多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片的下方形成空腔,所述芯片功能区置于空腔内。

2. 根据权利要求1所述的声表面滤波芯片的封装结构,其特征在于,所述金属连接块的厚度范围为6~12微米。

3. 根据权利要求2所述的声表面滤波芯片的封装结构,其特征在于,所述金属连接块的材质为铜、金、银的一种或几种,其顶端设有焊料层。

4. 根据权利要求1所述的声表面滤波芯片的封装结构,其特征在于,所述金属柱的厚度与包封料层的厚度相等且齐平。

5. 一种声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其实施步骤如下:

步骤一、提供一载体圆片,并在载体圆片上方设置粘合层;

步骤二、通过物理气相沉积(PVD),在粘合层上形成金属导电层,再在所述金属导电层上贴上或涂覆掩膜材料,通过光刻或者激光的方式在掩膜材料上形成掩膜图形开口,利用电镀的方式在掩膜图形开口内填充金属,形成金属柱,剥离掩膜材料,上述载体圆片表面形成金属柱阵列;

步骤三、利用包封的方式将包封材料填满整个载体圆片的金属柱,形成带有金属柱的包封料层;

步骤四、在包封料层上方形成多层再布线层和多层再布线层开口,所述多层再布线层通过多层再布线层开口向下与金属柱固连;

步骤五、在多层再布线层的上表面依次通过溅射、光刻、电镀方式形成若干个金属连接块,所述金属连接块预先设置于声表面波滤波器芯片的芯片功能区的外围;

步骤六、所述声表面波滤波器芯片通过金属连接块与所述多层再布线层的最上层的再布线金属图形层倒装固连;

步骤七、清洗滤波芯片功能区域的金属表面氧化物和污染物;

步骤八、用包封料通过层压方式包封声表面波滤波器芯片和多层再布线层的裸露部分,形成包封层,再经高温烘烤后固化成形;同时,所述多层再布线层的上方、声表面波滤波

器芯片的下方形成空腔,所述芯片功能区置于空腔内;

步骤九、通过在粘合层上照射UV光或激光,使载体与晶圆级封装件分离;

步骤十、采用激光或刀片方式将晶圆级封装件切割成单个声表面波滤波器的封装件。

6. 根据权利要求5所述的声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其特征在于,步骤三中,还包括如下工艺:通过执行化学机械抛光(CMP)步骤或研磨步骤的平坦化工艺,使所述包封料层露出金属柱上表面,并使金属柱上表面与包封料层上表面齐平;再对上述圆片平面进行等离子体处理,所述等离子体处理采用的气体为氩气、氧气、四氟化碳中的一种或几种。

7. 根据权利要求5所述的声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其特征在于,所述金属连接块的厚度范围为6~12微米。

8. 根据权利要求7所述的声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其特征在于,在步骤八中,对包封料实施层压方式的条件如下:工艺环境为温度80℃、湿度20%,在压力的作用下,使包封料塑型变化控制在每分钟的形变量为1~3微米。

9. 根据权利要求7所述的声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其特征在于,在步骤八中,所述空腔的高度 h 不大于22微米,包封膜被挤进声表面波滤波器芯片下方的概率不超过20%。

一种声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法,属于半导体芯片封装技术领域。

背景技术

[0002] 声表面波滤波器是移动通讯终端产品的重要部件,原材料是采用压电晶体制作而成。随着移动终端的小型化、低成本化,对声表面波滤波器的封装要求也相应的提高了。同时因声表面波滤波器产品性能和设计功能需求,需要保证滤波芯片功能区域不能接触任何物质,即空腔结构设计。基于声表面波滤波器对封装结构中空腔结构的需求,以及空腔表面平整度和洁净度的要求,传统的声表面波滤波器大多采用陶瓷基板封装结合热压超声焊接的方式进行封装。如图1所示,在陶瓷基板2上设有镀金焊盘3,在焊盘3上设有锡膏层4,在焊盘3周围的陶瓷基板2上设有绝缘层5;在芯片1的焊接面植有金球6,芯片1通过金球6与锡膏层4相焊接的方式与陶瓷基板2紧固连接在一起。现有的这类声表面波滤波器封装结构存在以下缺陷:一、陶瓷基板必须采用金球的热压超声焊接,导致材料和工艺成本居高不下;二、陶瓷基板本身厚度和重量都较大,使得封装结构体积大、工艺复杂同时性价比低,和移动终端需求的薄、小、轻背道而驰;三、器件安装的准确性、信号导线的影响、焊接的角度等这一系列的不确定性便造成了器件性能的不一致性,甚至对声表面波滤波器造成破坏。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的不足,提供一种不需采用陶瓷基板封装的声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法,以降低制作时的工艺难度,降低成本,以及提高声表面波滤波器的成品率。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:

本发明一种声表面滤波芯片的封装结构,其包括正面设有芯片功能区的声表面波滤波器芯片,其还包括金属连接块、多层再布线层、金属柱和包封料层,所述金属连接块设置在所述芯片功能区的外围,所述金属柱有若干个,按预先设计的方案分布于包封料层内,所述金属柱上下贯穿包封料层;

所述多层再布线层包括至少一层介电层和至少一层再布线金属图形层,其相互交错设置,所述介电层包裹再布线金属图形层和/或填充于相邻的再布线金属图形层之间,所述再布线金属图形层彼此之间存在选择性电性连接,并在最下层介电层处开设多层再布线层开口,所述多层再布线层的最下层的再布线金属图形层通过多层再布线层开口与金属柱固连;

所述声表面波滤波器芯片通过金属连接块与所述多层再布线层的最上层的再布线金属图形层倒装固连,所述多层再布线层与金属柱固连将声表面波滤波器芯片的电信号向下传导;

采用膜片状的包封膜,经层压工艺,将所述声表面波滤波器芯片和多层再布线层的裸

露面包封,同时,在多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片的下方形成空腔,所述芯片功能区置于空腔内。

[0005] 本发明所述金属连接块的厚度范围为6~12微米。

[0006] 本发明所述金属连接块的材质为铜、金、银的一种或几种,其顶端设有焊料层。

[0007] 本发明所述金属柱的厚度与包封料层的厚度相等且齐平。

[0008] 本发明一种声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其实施步骤如下:

步骤一、提供一载体圆片,并在载体圆片上方设置粘合层;

步骤二、通过物理气相沉积(PVD),在粘合层上形成金属导电层,再在所述金属导电层上贴上或涂覆掩膜材料,通过光刻或者激光的方式在掩膜材料上形成掩膜图形开口,利用电镀的方式在掩膜图形开口内填充金属,形成金属柱,剥离掩膜材料,上述载体圆片表面形成金属柱阵列;

步骤三、利用包封的方式将包封材料填满整个载体圆片的金属柱,形成带有金属柱的包封料层;

步骤四、在包封料层上方形成多层再布线层和多层再布线层开口,所述多层再布线层通过多层再布线层开口向下与金属柱固连;

步骤五、在多层再布线层的上表面依次通过溅射、光刻、电镀方式形成若干个金属连接块,所述金属连接块预先设置于声表面波滤波器芯片的芯片功能区的外围;

步骤六、所述声表面波滤波器芯片通过金属连接块与所述多层再布线层的最上层的再布线金属图形层倒装固连;

步骤七、清洗滤波芯片功能区域的金属表面氧化物和污染物;

步骤八、用包封料通过层压方式包封声表面波滤波器芯片和多层再布线层的裸露部分,形成包封层,再经高温烘烤后固化成形;同时,所述多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片的下方形成空腔,所述芯片功能区置于空腔内;

步骤九、通过在粘合层上照射UV光或激光,使载体与晶圆级封装件分离;

步骤十、采用激光或刀片方式将晶圆级封装件切割成单个声表面波滤波器的封装件。

[0009] 本发明步骤三中,还包括如下工艺:通过执行化学机械抛光(CMP)步骤或研磨步骤的平坦化工艺,使所述包封料层露出金属柱上表面,并使金属柱上表面与包封料层上表面齐平;再对上述圆片平面进行等离子体处理,所述等离子体处理采用的气体为氩气、氧气、四氟化碳中的一种或几种。

[0010] 本发明所述金属连接块的厚度范围为6~12微米。

[0011] 本发明在步骤八中,对包封料实施层压方式的条件如下:工艺环境为温度80℃、湿度20%,在压力的作用下,使包封料塑型变化控制在每分钟的形变量为1~3微米。

[0012] 本发明在步骤八中,所述空腔的高度h不大于22微米,包封膜被挤进声表面波滤波器芯片下方的概率不超过20%。

[0013] 因此,在应对下一代声表面波滤波器的封装中,本发明提供声表面滤波芯片的封装结构及其封装方法被认为是最有可能解决当前封装问题的手段。

[0014] 有益效果

本发明巧妙利用晶圆级封装的概念和再布线金属工艺,通过重构晶圆的方式实现声表面波滤波器的封装,其声表面波滤波器所需的空腔利用倒装焊接的方式形成,降低了工

艺难度,并使空腔厚度不到22微米,从而大大降低了封装体的整体厚度,进而降低了整体重量,实现了体积小、成本低的声表面波滤波器的封装结构,并提高了封装可靠性,是下一代声表面波滤波器封装的重要解决方案。

附图说明

[0015] 图1为传统声表面滤波芯片的封装结构的剖面示意图;

图2A为本发明一种声表面滤波芯片的封装结构的实施例的剖面示意图;

图2B、2C为图2A的实施例中声表面滤波芯片的芯片功能区与金属块的位置关系示意图;

图3A-图3K为本发明一种声表面滤波芯片的封装结构的封装方法的工艺流程的示意图;

图中:

声表面波滤波器芯片10

芯片功能区11

金属连接块12

空腔14

包封膜16

再布线金属图形层20

介电层23

介电层开口231

包封料层30

包封料层上表面31

包封料层下表面33

金属柱40

金属柱上表面41

金属柱下表面43

载体圆片50

粘合层53。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。为了易于说明,可以使用空间相对术语(诸如“在…下方”、“之下”、“下部”、“在…上方”、“上部”等)以描述图中所示一个元件或部件与另一个元件或部件的关系。除图中所示的定向之外,空间相对术语还包括使用或操作中设备的不同定向。装置可以以其他方式定向(旋转90度或处于其他定向),本文所使用的空间相对描述可因此进行类似的解释。

实施例

[0017] 本发明一种声表面滤波芯片的封装结构,如图2A、2B和2C所示,其中,图2A为本发明实施例的剖面示意图;图2B、2C为图2A的实施例中声表面滤波芯片的芯片功能区11与金

属连接块12的位置关系示意图。声表面波滤波器芯片10是声表面滤波器芯片,其厚度范围为200-250微米,其正面设有芯片功能区11。声表面波滤波器芯片10的芯片功能区11的外围设置金属连接块12,金属连接块12至少两个,围绕芯片功能区11设置,如图2B、2C所示。金属连接块12主要起支撑声表面波滤波器芯片10的作用,其可以设置在芯片功能区13的短边侧,也可以设置在芯片功能区13的长边侧,或根据实际需要设置。声表面波滤波器芯片10通过金属连接块12与多层再布线层倒装固连,多层再布线层再通过多层再布线层开口向下与金属柱40连接将声表面波滤波器芯片10的电信号向下传导。

[0018] 具体地,本发明一种声表面滤波芯片的封装结构,由上而下包括声表面波滤波器芯片10、多层再布线层、金属连接块12和金属柱40。若干个金属柱40按预先设计的方案分布于包封料层30内,金属柱上下贯穿包封料层30,金属柱上表面41和金属柱下表面43分别与包封料层上表面31和包封料层下表面33齐平,金属柱下表面43为整个封装结构的输入/输出端II。一般地,金属柱40的厚度范围为30~50微米,包封料层30的厚度与金属柱40的厚度相等。

[0019] 包封料层30的上表面设置多层再布线层并开设向下的多层再布线层开口与其下的金属柱40连接,多层再布线层包括至少一层介电层和至少一层再布线金属图形层。介电层和再布线金属图形层交错设置,可以形成两层或两层以上的多层再布线金属图形层,再布线金属图形层彼此之间存在选择性电性连接,以增强整个封装结构的输入输出功能。再布线金属图形层的材料包括但不限于铜、镍、锡、银。介电材料包裹再布线金属图形层和/或填充于相邻的再布线金属图形层之间形成介电层,起绝缘作用。图示2A中,仅展示包封料层30上表面的一层再布线金属图形层20和一层介电层23,以及介电层开口231。再布线金属图形层20通过介电层开口231与金属柱上表面41连接,并在再布线金属图形层20的上表面形成若干个输入/输出端I21,在输入/输出端I21上设置金属连接块12,金属连接块12的厚度范围为6~12微米。金属连接块12预先设计在声表面波滤波器芯片10的芯片功能区11的外围,其材质包括但不限于铜、金、银,一般地,其横截面呈圆形或矩形,或者与声表面波滤波器芯片10的焊盘形状一致。

[0020] 采用膜片状的包封膜16,经层压工艺,将声表面波滤波器芯片10和多层再布线层的裸露面包封,同时,在多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片10的下方形成空腔14,所述芯片功能区11置于空腔14内。为了保证空腔14的实现,在相同的温湿度条件(如:温度80℃、湿度20%)和机械施压的情况下,通过大量实验获得如下数据:

空腔的高度h(微米)	包封膜挤进声表面波滤波器芯片下方的概率	评估
3-8	30%-40%	空腔高度过小,因毛细管效应,导致包封膜胶体易溢至腔体的芯片功能区域
8-15	3%-12%	空腔空间足够,金属凸块易成形,空腔表面平整度好,空腔成形一致性好
15-22	10%-20%	空腔空间足够,金属凸块易成形,空腔表面平整度好,空腔成形一致性稍差
22-30	40%-60%	机械挤压包封膜胶体易溢至腔体的芯片功能区域
30以上	100%	无意义

根据以上实验数据,结合焊料厚度和多层再布线层的再布线金属图形层的厚度,以金属连接块12的厚度范围在6~12微米为佳,此时空腔14的高度h不大于22微米,包封膜被挤进声表面波滤波器芯片下方的概率不超过20%,空腔的成形性、空腔表面平整度和成形一致性都可以接受,使声表面波滤波器芯片10的芯片功能区13达到设计要求。

[0021] 针对上述声表面滤波芯片的封装结构,本发明提供一种声表面滤波芯片的封装结构的封装方法,其实施步骤如下:

步骤一、如图3A所示,提供一载体圆片50,并在载体圆片50上方设置粘合层53。该载体圆片50的材质为空白玻璃载体,并且可以具有半导体晶圆的形状。

[0022] 粘合层53例如可由光热转换(如:LTHC)材料形成,但是还可以使用其他类型的粘合剂。根据本发明的一些实施例,粘合层53能够在光热的作用下分解,因此可以将载体圆片50与其上形成的结构分离。

[0023] 步骤二、如图3B所示,通过物理气相沉积(PVD),在粘合层53上形成金属导电层,金属导电层可以是金属晶种层,包括铜、铝、钛的一种或者为它们的合金或者为它们的多层。本发明中,金属导电层包括诸如钛层的第一金属层(未示出)和位于第一金属层上方的诸如铜层的第二金属层(未示出),也可以包括诸如铜层的单个金属层,其可以由基本纯的铜或铜合金形成。

[0024] 再在金属导电层上贴上或涂覆掩膜材料,掩膜材料采用厚干膜或厚胶体物质,通过光刻或者激光的方式在掩膜材料上形成掩膜图形开口;利用电镀的方式在掩膜图形开口内填充金属,通常填充金属为铜、银或其合金材料;在掩膜图形开口内形成金属柱40;剥离掩膜材料,上述载体圆片50表面形成金属柱阵列(例如,2*2阵列、2*3阵列或3*3阵列);

步骤三、如图3C所示,利用包封的方式将包封材料填满整个载体圆片的金属柱40,形成带有金属柱40的包封料层30,为保持电绝缘性,包封材料需要考虑较好的介电性能,同时应有良好的材料强度,与金属柱40相匹配的热膨胀系数,如具有介电功能的塑封料,或玻璃介电质;

上述晶圆用包封料包封金属柱40,形成的包封料层30表面不平整,通过执行诸如化学机械抛光(CMP)步骤或研磨步骤的平坦化工艺,使包封料层30露出金属柱上表面41,并使金属柱上表面41与包封料层上表面31齐平;再对上述圆片平面进行等离子体处理,与等离子体处理前相比,经等离子体处理后得到金属柱的上表面粗糙度增加,利于后续工艺的进行。所述等离子体处理采用的气体为氩气、氧气、四氟化碳中的一种或几种。

[0025] 步骤四、如图3D和3E所示,在包封料层30上方形成多层再布线层和多层再布线层开口。具体地,在包封料层30上方涂布介电层23,并通过光刻工艺形成介电层开口231露出金属柱上表面41。介电层23是由聚合物形成的聚合物层,其可以是光敏聚合物之类的有机材料形成,其可以是诸如聚苯并恶唑(PBO)、聚酰亚胺、聚苯环丁烯(BCB)等的聚合物,也可以是无机材料,其可以是诸如氮化硅的氮化物、诸如氧化硅的氧化物、磷硅酸玻璃(PSG)、硼硅酸玻璃(BSG)、掺硼磷硅酸玻璃(BPSG)等形成。介电层23可以涂覆为流体,然后固化。也可以由预形成膜形成并且被层压。

[0026] 再在上述介电层23的上方,依次通过溅射、光刻、电镀等工艺制作再布线金属图形层20,如图3E所示。该金属再布线图形20的一端与所述金属柱40互连,金属再布线图形20的另一端的裸露面采用电镀、或溅射、或印刷工艺制作输入/输出端I21,其材料为金属;根据封装件的布线要求,可以多次布线,包封料多次覆盖或填充布线间隙,形成多层再布线和多个输入/输出端。金属再布线图形20彼此之间留有间隙,不连续。金属再布线图形20的材料可以是铜、镍、锡、银等。

[0027] 步骤五、如图3F所示,在多层再布线层的上表面依次通过溅射、光刻、电镀方式形成一定高度的金属连接块12,所述金属连接块12与输入/输出端I21固连,金属连接块12的材质为铜、金、银的一种或几种,其顶端设有焊料层(图中未示出)。金属连接块12预先设计

在声表面波滤波器芯片10的芯片功能区11的外围。金属连接块12的厚度范围为6~12微米，其可以支撑声表面波滤波器芯片10。

[0028] 步骤六、如图3G所示，声表面波滤波器芯片10通过金属连接块12倒装，再回流焊与金属连接块12固连；本实施例中各图仅仅显示了晶圆中一个声表面波滤波器单元，实际上，一块晶圆上同时可以制作许多的声表面波滤波器单元，可以想象的是，整块晶圆上的截面结构为各图单个声表面波滤波器单元截面结构向一侧或两侧的重复。

[0029] 步骤七、清洗。依次用化学药水、去离子水进行清洗上述封装产品，确保将回流焊产生颗粒、残渣清洗干净，并经等离子清洗去除金属表面氧化物和污染物，经等离子清洗之后是干燥的，不需要再经干燥处理即可送往下一道工序。保证了去除滤波芯片功能区域的任何物质，为后续形成的空腔表面平整度和洁净度提供了保障。

[0030] 步骤八、如图3H和3I所示，晶圆包封。用包封料通过层压方式包封声表面波滤波器芯片10和多层再布线层，形成包封层16。同时，多层再布线层的上方、声表面波滤波器芯片10的下方形成空腔14。为有利于空腔14的形成，使膜片状的包封膜16不被挤压进去，上述步骤四中的金属连接块12的厚度以6~12微米为佳，并通过控制温度和湿度（如：温度80℃、湿度20%），使包封膜16受热融溶后，在压力的作用下，其塑型变化控制在每分钟的形变量为1~3微米，使包封膜被挤进声表面波滤波器芯片下方的概率不超过20%。包封层16再经高温烘烤后固化成形。

[0031] 为保持电绝缘性，包封层16材料需要考虑较好的介电性能，同时应有良好的材料强度，如具有介电功能的塑封料，或玻璃介电质，在互连金属柱连接处无需外加介电层。

[0032] 将声表面波滤波器芯片10上方的包封料通过研磨的方法适当减薄，以整体减薄厚度，如图3I所示。

[0033] 步骤九、如图3J所示，封装件与载体分离。根据示例性剥离工艺，通过在粘合层53上照射UV光或激光来执行剥离。例如，当粘合层53由LTHC形成时，由光或激光所生成的热量使得LTHC分解，因此，载体与晶圆级封装件分离，露出金属柱下表面43为整个封装结构的输入/输出端II。

[0034] 步骤十、如图3K所示，最后采用激光或刀片方式将晶圆级封装件切割成单个声表面波滤波器的封装件。

[0035] 以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步地详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

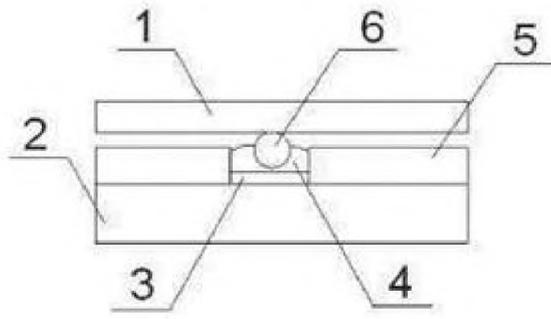


图 1

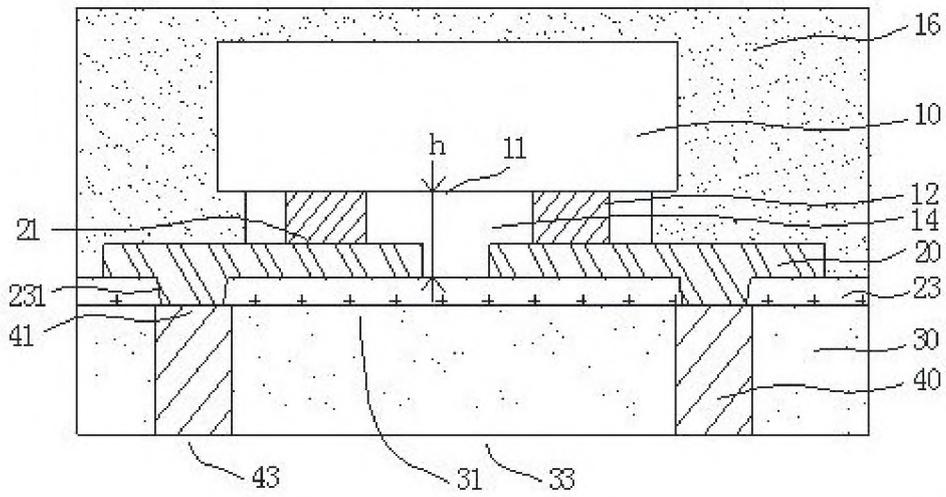


图 2A

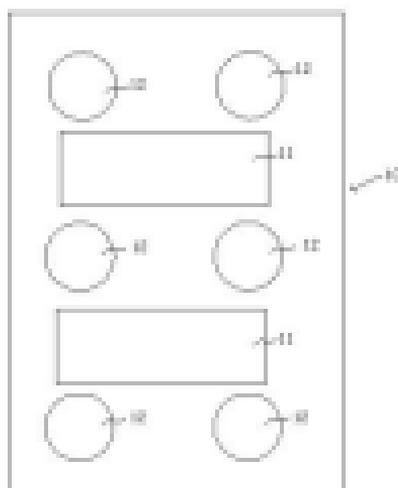


图 28

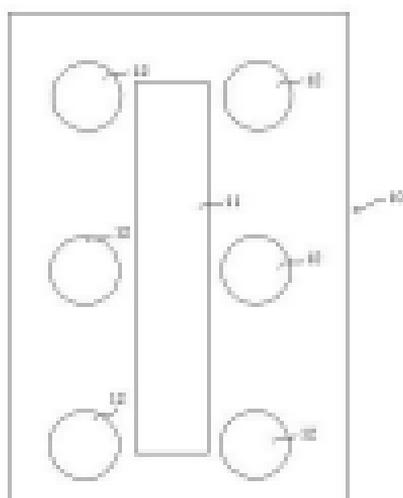


图 29

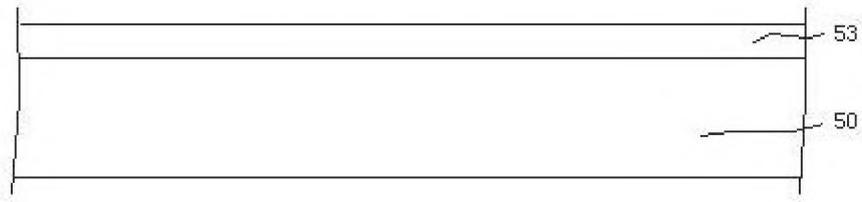


图 3A

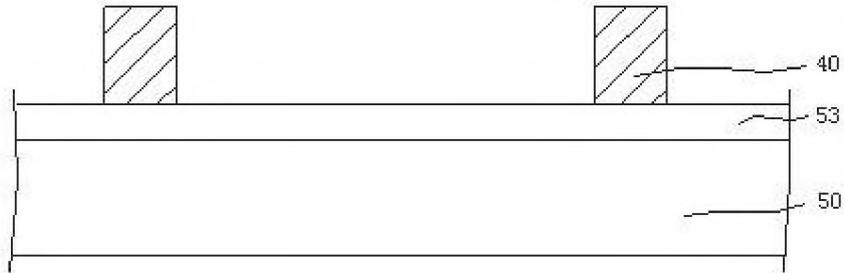


图 3B

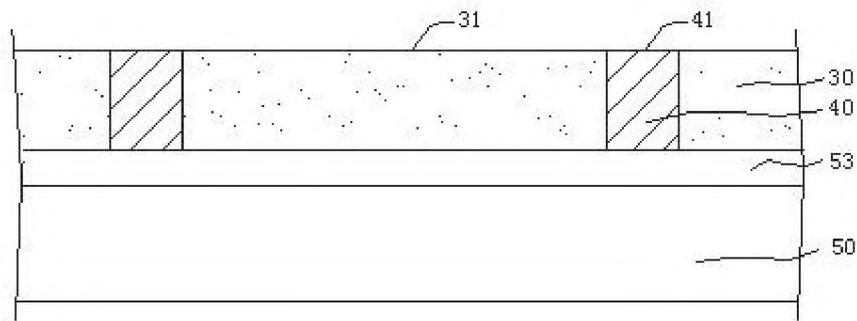


图 3C

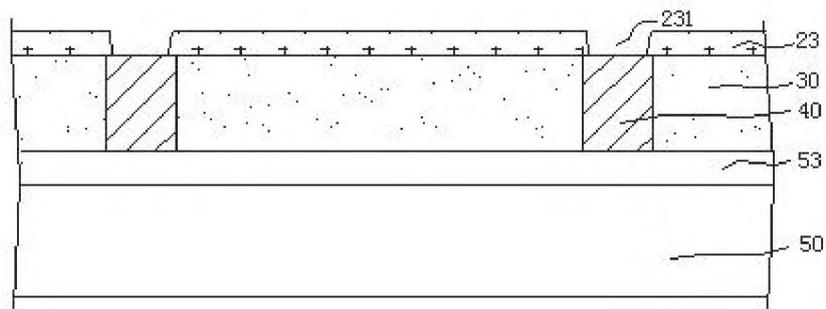


图 3D

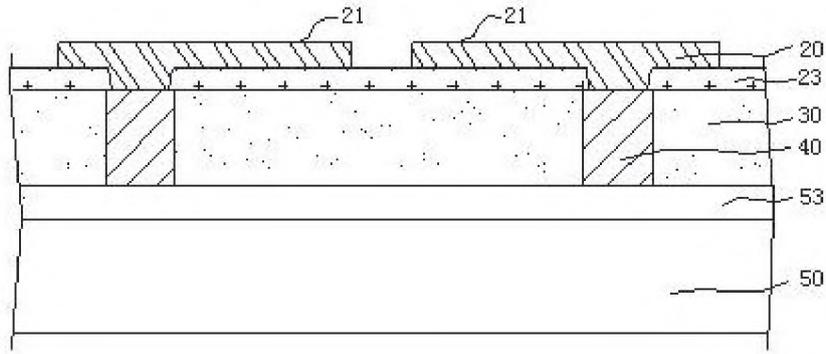


图 3E

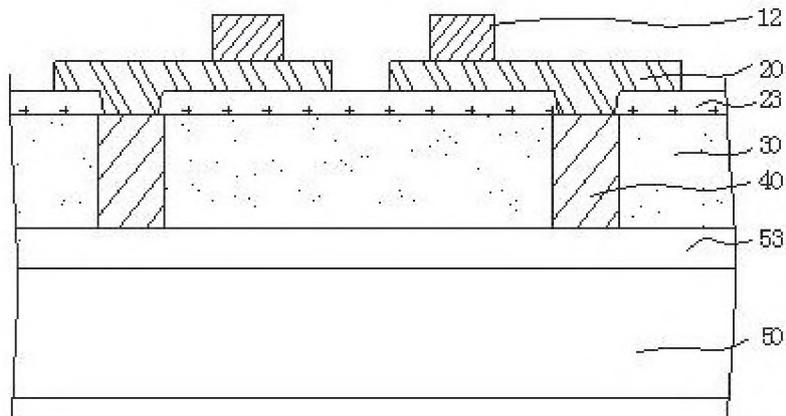


图 3F

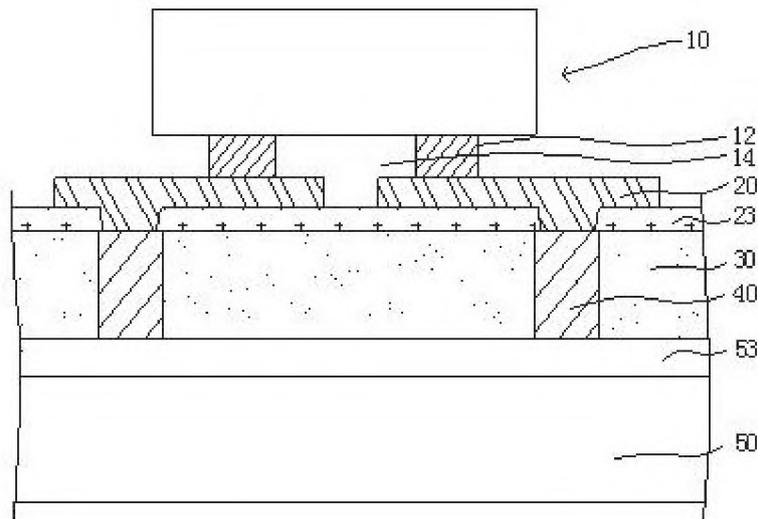


图 3G

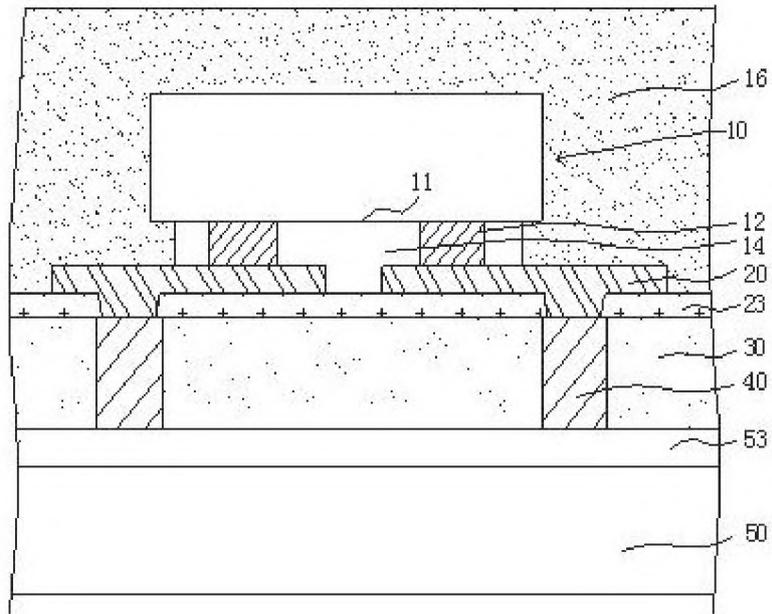


图 3H

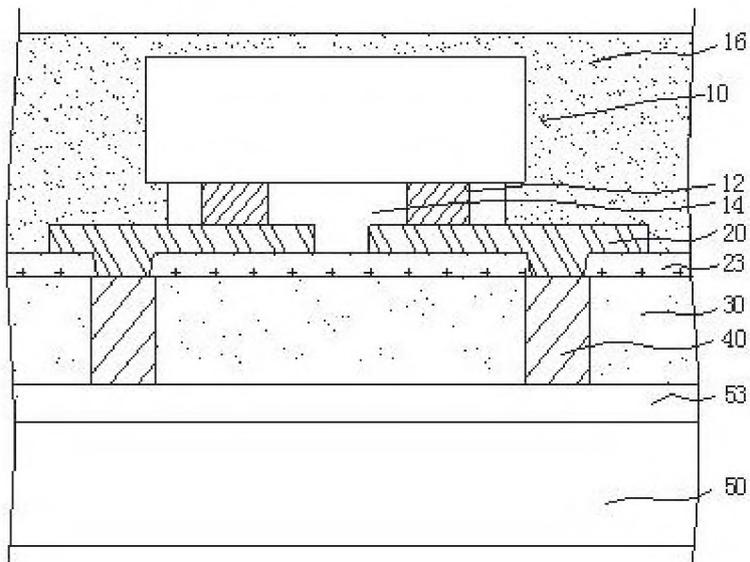


图 3I

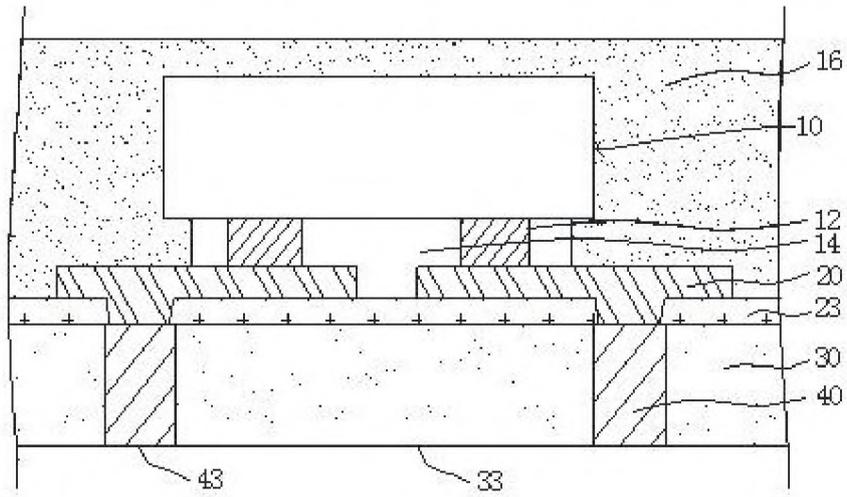


图 3J

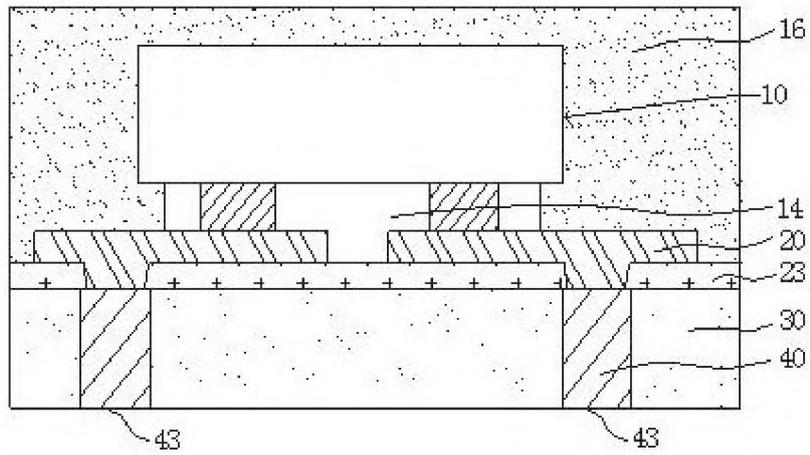


图 3K