



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102569251 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 02

(21) 申请号 201210041014. 9

(22) 申请日 2012. 02. 22

(73) 专利权人 华进半导体封装先导技术研发中心有限公司

地址 214135 江苏省无锡市无锡国家高新技术产业开发区菱湖大道 200 号中国传感网国际创新园 D1 栋

(72) 发明人 于大全

(74) 专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所 (普通合伙) 32104

代理人 曹祖良

(51) Int. Cl.

H01L 23/522(2006. 01)

H01L 21/768(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101853804 A, 2010. 10. 06,

CN 101217118 A, 2008. 07. 09,

CN 102318041 A, 2012. 01. 11,

US 2011318917 A1, 2011. 12. 29,

审查员 王毅冰

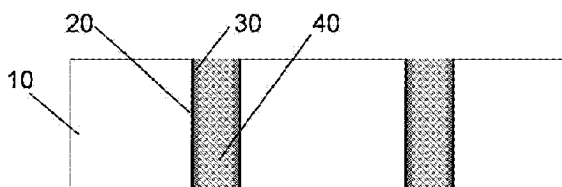
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构及制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构及制备方法,其包括衬底,所述衬底内设有至少一个垂直贯通穿透衬底的通孔;所述通孔的内壁生长有绝缘层,并在所述生长绝缘层的通孔内填充有金属间化合物层,所述金属间化合物层与绝缘层间设有粘附层。本发明衬底内设有至少一个垂直贯通的通孔,通孔的内壁上生长有绝缘层,并在通孔内填充金属间化合物层,金属间化合物层与绝缘层间具有粘附层;通过金属间化合物层能够完成三维堆叠中所需的电连接,整个形成制作过程方便,降低了工艺复杂度及制作成本;从而能够在集成电路上制作垂直互连结构,也能够无源基板上制作转接板,提高合格率,安全可靠。



1. 一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,包括衬底(10),所述衬底(10)内设有至少一个垂直贯通穿透衬底(10)的通孔(12);其特征是:所述通孔(12)内由垂直方向连续的金属间化合物(40)填充,所述金属间化合物层(40)与衬底(10)间设有粘附层(30);

所述金属间化合物层(40)通过填充在通孔(12)内的高温金属层(24)与低熔点钎料填充体(26)热扩散形成;

所述高温金属层(24)为 Cu、Ni、Ag、Pd、Au 或 Fe 中材料的一种或几种;低熔点钎料填充体(26)为 Sn、In、SnAg、SnIn、SnBi、SnPb、SnAgCu、InAg、InSn 中材料的一种或几种。

2. 根据权利要求 1 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,其特征是:所述衬底(10)与粘附层(30)包括绝缘层(20),粘附层(30)通过绝缘层(20)粘附于通孔(12)的内壁上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,其特征是:所述金属间化合物层(40)与粘附层(30)间还包括残余金属层(32),金属间化合物层(40)通过残余金属层(32)与粘附层(30)相连。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,其特征是:所述金属间化合物层(40)为 Cu-Sn、Ni-Sn、Cu-In、Ni-In、Ag-Sn、Au-Sn、Ag-In、Au-In 等中的一种或几种。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,其特征是:所述金属间化合物层(40)内包括高温金属相(36),高温金属相(36)的熔点高于 300 度。

6. 根据权利要求 2 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,其特征是:所述绝缘层(20)的材料为 SiO_2 、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 中的一种或几种。

7. 一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是,所述垂直互连结构制备方法包括如下步骤:

(a)、提供衬底(10),并在衬底(10)内形成所需垂直贯通穿透衬底(10)的通孔(12);

(b)、在上述衬底(10)的表面上淀积粘附层(30),所述粘附层(30)覆盖于衬底(10)的表面并覆盖于通孔(12)的内壁表面;

(c)、在上述衬底(10)的表面设置与衬底(10)绝缘的高温金属层(24),所述高温金属层(24)覆盖衬底(10)的表面并覆盖于通孔(12)内对应粘附层(30)的表面;

(d)、在上述通孔(12)内填充低熔点钎料,以在通孔(12)内形成低熔点钎料填充体(26);

(e)、对上述形成低熔点钎料填充体(26)的衬底(10)表面平整化,抛光衬底(10)对应的表面,以使得通孔(12)内的低熔点钎料填充体(26)与抛光后衬底(10)的表面平齐;

(f)、在所需的温度下,对低熔点钎料填充体(26)及高温金属层(24)进行热扩散处理,直至低熔点钎料填充体(26)全部融化后与高温金属层(24)形成金属间化合物层(40);

所述高温金属层(24)为 Cu、Ni、Ag、Pd、Au 或 Fe 中材料的一种或几种;

低熔点钎料填充体(26)为 Sn、In、SnAg、SnIn、SnBi、SnPb、SnAgCu、InAg、InSn 中材料的一种或几种。

8. 根据权利要求 7 所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方

法,其特征是:所述步骤(d)中,通过将衬底(10)插入熔融的低熔点钎料熔池或在真空环境下灌封熔融的低熔点钎料,以在通孔(12)内形成所需的低熔点钎料填充体(26)。

9. 根据权利要求7所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述衬底(10)的材料包括硅、砷化镓,氮化镓或玻璃。

10. 根据权利要求8所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述步骤(f)中,通孔(12)内包括残余金属层(32)或高温金属相(36)。

11. 根据权利要求10所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述高温金属相(36)的熔点高于300度,高温金属相(36)包括 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 、富Pb相或富Bi相。

12. 根据权利要求7所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述步骤(b)中,衬底(10)为导体或半导体衬底时,在衬底(10)表面淀积绝缘层(20),所述绝缘层(20)覆盖于衬底(10)的表面并覆盖通孔(12)的内壁表面;当衬底(10)及通孔(12)内形成绝缘层(20)后,粘附层(30)覆盖衬底(10)及通孔(12)内绝缘层(20)的表面。

13. 根据权利要求12所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述绝缘层(20)的材料为 SiO_2 、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 中的一种或几种。

14. 根据权利要求7所述的三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法,其特征是:所述粘附层(30)的材料为Ti、TiN或Ta。

三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种垂直互连结构及制备方法,尤其是一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构及制备方法,属于微电子封装三维集成技术领域。

背景技术

[0002] 系统级封装 (SiP) 是微电子关键技术之一,满足了电子器件的高频高速、多功能、高性能、小体积和高可靠性的要求,是电子技术发展的方向。随着集成电路特征尺寸达到纳米级,晶体管向更高密度、更高的时钟频率发展,封装也向更高密度的方向发展,集成电路产品也从二维向三维发展。

[0003] 硅通孔 (TSV) 的三维集成技术是实现 3D-SiP 的关键技术之一,是具有极大影响的新核心技术,具有极其广阔的应用前景;因此受到各工业国家、重要企业和学术界的极大关注,现在已经并持续投入大量资源进行研发。硅通孔技术具有很多技术挑战,特别是其工艺制程复杂,包括硅孔刻蚀、绝缘层/阻挡层/种子层沉积、通孔填充、化学机械研磨、晶圆键合、拆键合、晶圆减薄、金属再布线制作、凸点制备等。

[0004] TSV 技术在应用方面存在的主要问题仍是工艺复杂,成本高。对于硅通孔的填充材料和方式,大致有如下几种:(1)、电镀填孔;(2)、化学气象沉积 (CVD);(3)、液态钎料填充;(4)、导电胶填充。利用电镀填孔,主要是以铜电镀为主,其优点是铜具有良好的导电性,缺点是电镀需要良好的种子层制作,电镀时间较长,电镀工艺复杂,成本高;而且对于孔径小于 5 微米的孔,电镀填孔难以实现。化学气相沉积的主要材料是钨,可以实现小孔径通孔的填充,主要问题是工艺复杂,填充时间长,成本高,导电性稍差。钎料填充,是利用低熔点钎料在液态下填充微孔,具有快速,低成本等优点。(参考文献 Ko Y.-K., Fujii H. T., Sato Y. S., Lee C.-W., and Yoo S. Microelectron Eng 2012 ;89 :62-64.) 但缺点是钎料导电性较差,与硅材料的 CTE (Coefficient of thermal expansion, 热膨胀系数) 相差较大,带来应力问题,而且钎料熔点低,在后续工艺制程过程中会带来很多问题。利用导电胶填充,也可以简化填充工艺,但导电性很差,难以填充直径较小的孔。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术中存在的不足,提供一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构及制备方法,其能有效降低制作成本,简化工艺步骤,提高合格率,安全可靠。

[0006] 按照本发明提供的技术方案,所述三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构,包括衬底,所述衬底内设有至少一个垂直贯通穿透衬底的通孔;所述通孔内由垂直方向连续的金属间化合物填充,所述金属间化合物层与衬底间设有粘附层。

[0007] 所述衬底与粘附层包括绝缘层,粘附层通过绝缘层粘附于通孔的内壁上。

[0008] 所述金属间化合物层与粘附层间还包括残余金属层,金属间化合物层通过残余金

属层与粘附层相连。

[0009] 所述金属间化合物层通过填充在通孔内的高温金属层与低熔点钎料填充体热扩散形成。

[0010] 所述高温金属层为 Cu、Ni、Ag、Pd、Au 或 Fe 中材料的一种或几种；低熔点钎料填充体为 Sn、In、SnAg、SnIn、SnBi、SnPb、SnAgCu、InAg、InSn 中材料的一种或几种。

[0011] 所述金属间化合物层为 Cu-Sn、Ni-Sn、Cu-In、Ni-In、Ag-Sn、Au-Sn、Ag-In、Au-In 等中的一种或几种。

[0012] 所述金属间化合物层内包括高温金属相，高温金属相的熔点高于 300 度。

[0013] 所述绝缘层的材料为 SiO_2 、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 中的一种或几种。

[0014] 一种三维封装用金属间化合物填充的垂直通孔互连结构制备方法，所述垂直互连结构制备方法包括如下步骤：

[0015] a、提供衬底，并在衬底内形成所需垂直贯通穿透衬底的通孔；

[0016] b、在上述衬底的表面上淀积粘附层，所述粘附层覆盖于衬底的表面并覆盖于通孔的内壁表面；

[0017] c、在上述衬底的表面设置与衬底绝缘的高温金属层，所述高温金属层覆盖衬底的表面并覆盖于通孔内对应粘附层的表面；

[0018] d、在上述通孔内填充低熔点钎料，以在通孔内形成低熔点钎料填充体；

[0019] e、对上述形成低熔点钎料填充体的衬底表面平整化，抛光衬底对应的表面，以使得通孔内的低熔点钎料填充体与抛光后衬底的表面平齐；

[0020] f、在所需的温度下，对低熔点钎料填充体及高温金属层进行热扩散处理，直至低熔点钎料填充体全部融化后与高温金属层形成金属间化合物层。

[0021] 所述步骤 d 中，通过将衬底插入熔融的低熔点钎料熔池或在真空环境下灌封熔融的低熔点钎料，以在通孔内形成所需的低熔点钎料填充体。

[0022] 所述衬底的材料包括硅、砷化镓、氮化镓或玻璃。

[0023] 所述步骤 f 中，通孔内包括残余金属层或高温金属相，

[0024] 所述高温金属相的熔点高于 300 度，高温金属相包括 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 、富 Pb 相或富 Bi 相。

[0025] 所述步骤 b 中，衬底为导体或半导体衬底时，在衬底表面淀积绝缘层，所述绝缘层覆盖于衬底的表面并覆盖通孔的内壁表面；当衬底及通孔内形成绝缘层后，粘附层覆盖衬底及通孔内绝缘层的表面。

[0026] 所述绝缘层的材料为 SiO_2 、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 中的一种或几种。

[0027] 所述高温金属层为 Cu、Ni、Ag、Pd、Au 或 Fe 中材料的一种或几种。

[0028] 低熔点钎料填充体为 Sn、In、SnAg、SnIn、SnBi、SnPb、SnAgCu、InAg、InSn 中材料的一种或几种。

[0029] 所述粘附层的材料为 Ti、TiN 或 Ta。

[0030] 本发明的优点：衬底内设有至少一个垂直贯通的通孔，通孔的内壁上生长有绝缘层，并在通孔内填充金属间化合物层，金属间化合物层与绝缘层间具有粘附层；通过金属间化合物层能够完成三维堆叠中所需的电连接，整个形成制作过程方便，降低了工艺复杂度及制作成本；从而能够在集成电路上制作垂直互连结构，也能够无源基板上制作转接板，

提高合格率,安全可靠。

附图说明

- [0031] 图 1 为本发明的结构示意图。
- [0032] 图 2 为本发明具有残留金属层与残留金属相的结构示意图。
- [0033] 图 3 为本发明制作转接板后的使用状态图。
- [0034] 图 4 ~ 图 10 为本发明的具体工艺步骤剖视图,其中:
- [0035] 图 4 为在通孔内生长得到绝缘层后的剖视图。
- [0036] 图 5 为在通孔内淀积得到粘附层后的剖视图。
- [0037] 图 6 为在通孔内得到高温金属层后的剖视图。
- [0038] 图 7 为在通孔内填充得到低熔点钎料填充体后的剖视图。
- [0039] 图 8 为平整抛光后的结构示意图。
- [0040] 图 9 为高温金属与低熔点钎料填充体热扩散后形成金属间化合物后的剖视图。
- [0041] 图 10 为高温金属与低熔点钎料填充体热扩散后具有残余金属层后的剖视图。
- [0042] 附图标记说明:10- 衬底、12- 通孔、20- 绝缘层、24- 高温金属层、26- 低熔点钎料填充体、30- 粘附层、32- 残余金属层、36- 高温金属相及 40- 金属间化合物层。

具体实施方式

- [0043] 下面结合具体附图和实施例对本发明作进一步说明。
- [0044] 如图 1、图 2、图 9 和图 10 所示:本发明中的垂直互连结构包括衬底 10,所述衬底 10 的材料为硅、砷化镓,氮化镓或玻璃,衬底 10 内设有至少一个垂直贯通穿透衬底 10 的通孔 12。为了实现互连封装,当衬底 10 为导体或半导体材料时,通孔 12 的内壁上生长有绝缘层 20,所述绝缘层 20 为 SiO_2 , $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 中的一种或几种。在内壁生长有绝缘层 20 的通孔 12 内填充有金属间化合物层 40,所述金属间化合物层 40 与绝缘层 20 间设有粘附层 30,通过粘附层 30 能够使得金属间化合物层 40 在形成过程中能有效填充在通孔 12 内,金属间化合物层 40 填满整个通孔 12。粘附层 30 的材料为 Ti、TiN 或 Ta。当衬底 10 为绝缘材料时,通孔 12 内可以不设置绝缘层 20,在通孔 12 内直接设置粘附层 30。
- [0045] 金属间化合物层 40 为通孔 12 内的高温金属层 24 与低熔点钎料填充体 26 在经过所需的热扩散后形成;形成金属间化合物层 40 的过程中,由于高温金属层 24 的厚度等不同,在粘附层 30 与金属间化合物层 40 间还残留有残余金属层 32;由于低熔点钎料填充体 26 的设置不同,在金属间化合物层 40 内可能有高温金属相 36;例如高温金属层 24 为 Cu,低熔点钎料填充体 26 采用 SnBi,当 Sn 与 Cu 扩散反应,Sn 耗尽后富 Bi 相会剩余下来,即在金属间化合物层 40 内得到富 Bi 相。所述高温金属层 24 为 Cu、Ni、Ag、Pd、Au 或 Fe 中的一种或几种;低熔点钎料填充体 26 为 Sn、In、SnAg、SnIn、SnBi、SnPb、SnAgCu、InAg、InSn 中的一种或几种。所述金属间化合物层 40 为 Cu-Sn、Ni-Sn、Cu-In、Ni-In、Ag-Sn、Au-Sn、Ag-In、Au-In 中的一种或几种。所述高温金属相 36 包括 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 、富 Pb 相或富 Bi 相。
- [0046] 如图 4 ~ 图 10 所示:上述垂直的互连结构可以通过下述具体工艺步骤实现,具体地为:
- [0047] a、提供衬底 10,并在衬底 10 内形成所需垂直贯通穿透衬底 10 的通孔 12;

[0048] 本发明实施例中,衬底 10 选择 8 寸硅晶圆,并将所述硅晶圆的厚度减薄至 300 微米;通过常规工艺在硅晶圆内形成通孔 12,所述通孔 12 的孔径一般为 30 微米;

[0049] b、在上述衬底 10 的表面上淀积粘附层 30,所述粘附层 30 覆盖于衬底 10 的表面并覆盖于通孔 12 的内壁表面;

[0050] 如图 4 所示衬底 10 为导体或半导体衬底时,在衬底 10 表面淀积绝缘层 20,所述绝缘层 20 覆盖于衬底 10 的表面并覆盖通孔 12 的内壁表面;当衬底 10 及通孔 12 内形成绝缘层 20 后,粘附层 30 覆盖衬底 10 及通孔 12 内绝缘层 20 的表面;在硅晶圆的表面热氧化生长氧化层,得到位于衬底 10 表面及通孔 12 内壁上的绝缘层 20;

[0051] 如图 5 所示:本发明实施例中,通过在衬底 10 表面上淀积 Ti,所述 Ti 层的厚度在几十到几百微米之间,可以根据需要进行设定,以此作为粘附层 30 和阻挡层;淀积 Ti 的过程中,会同时覆盖通孔 12 内对应绝缘层 20;

[0052] c、在上述衬底 10 的表面设置与衬底 10 绝缘隔离的高温金属层 24,所述高温金属层 24 覆盖衬底 10 的表面并覆盖于通孔 12 内对应粘附层 30 的表面;

[0053] 如图 6 所示:所述高温金属层 24 的形成过程可以先在上述粘附层 30 上沉积金属,然后在电镀或化学镀至所需的厚度;本发明具体实施时,高温金属层 24 采用 Cu,先通过物理气相沉积 Cu,然后在电镀至 6 微米;当通孔 12 内有绝缘层 20 时,高温金属层 24 通过绝缘层 24 与衬底 10 相绝缘隔离;

[0054] d、在上述通孔 12 内填充低熔点钎料,以在通孔 12 内形成低熔点钎料填充体 26;

[0055] 如图 7 所示:在通孔 12 内填充低熔点钎料时,可以将衬底 10 插入熔融的低熔点钎料熔池内,或者在真空环境下灌封熔融低熔点钎料;由于表面张力的作用,在短时间内,就可以完成填充;本发明的具体实施中,低熔点钎料为 Sn,填充过程中的温度高于 Sn 的熔点,比如可以在 260 度;

[0056] e、对上述形成低熔点钎料填充体 26 的衬底 10 表面平整化,抛光衬底 10 对应的表面,以使得通孔 12 内的低熔点钎料填充体 26 与抛光后衬底 10 的表面平齐;

[0057] 如图 8 所示:在通孔 12 内通过填充低熔点钎料形成低熔点钎料填充体 26 后,低熔点钎料填充体 26 的两端会形成凸点,所述凸点的高度高于衬底 10 的表面;因此通过平整化抛光操作将凸点及衬底 10 表面的一些材料层去除;所述平整化可以采用机械化学抛光(CMP)或其他平整化工艺;

[0058] f、在所需的温度下,对低熔点钎料填充体 26 及高温金属层 24 进行热扩散处理,直至低熔点钎料填充体 26 全部融化后与高温金属层 24 形成金属间化合物层 40。

[0059] 为了形成所需的金属间化合物层 40,需要在所需的温度下进行热扩散处理;热扩散处理的时间以能够使低熔点钎料填充体 26 扩散融化完为止;当采用那个本发明中前述的材料时,金属间化合物层 40 为 Cu_6Sn_5 、 Cu_3Sn 或 Cu_6Sn_5 、 Cu_3Sn 两者的混合。当高温金属层 24 超过一定厚度,在热扩散后就会有残余,如图 2 和图 10 中的残余金属层 32。

[0060] 图 3 为当形成本发明的垂直互连结构后制作转接板的结构示意图。在转接板的正面具具有两层布线以及微凸点,在背面具有一层布线及微凸点,通过转接板能够完成集成电路的封装。

[0061] 本发明衬底 10 内设有至少一个垂直贯通的通孔 12,在通孔 12 内由垂直方向上连续的金属间化合物层 40 填充,金属间化合物层 40 与衬底 10 间具有粘附层 30;通过金属间

化合物层 40 能够完成三维堆叠中所需的电连接, 整个形成制作过程方便, 降低了工艺复杂度及制作成本; 从而能够在集成电路上制作垂直互连结构, 也能够无源基板上制作转接板, 提高合格率, 安全可靠。

[0062] 以上所述仅为本发明的具体实施例, 并不用以限制本发明, 本实施例中所用材料和工艺条件仅限于本实施例, 凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

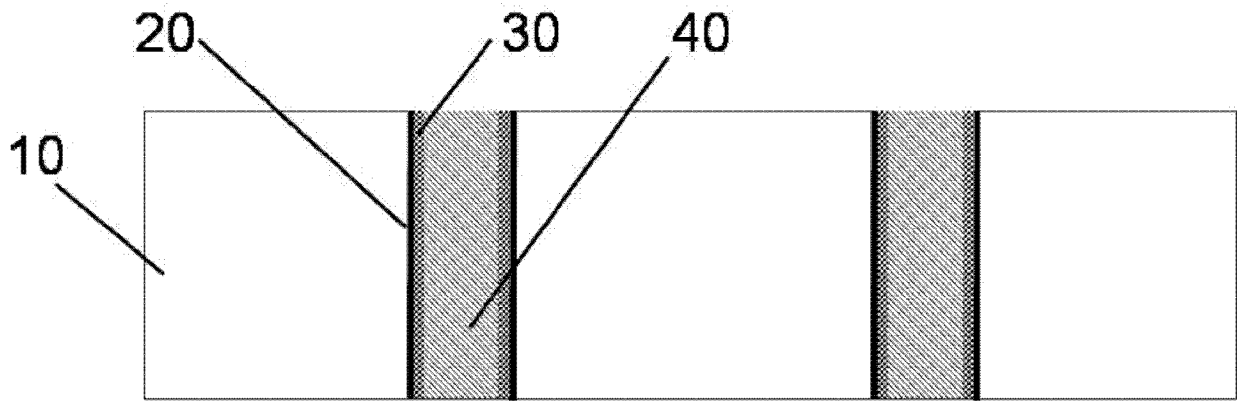


图 1

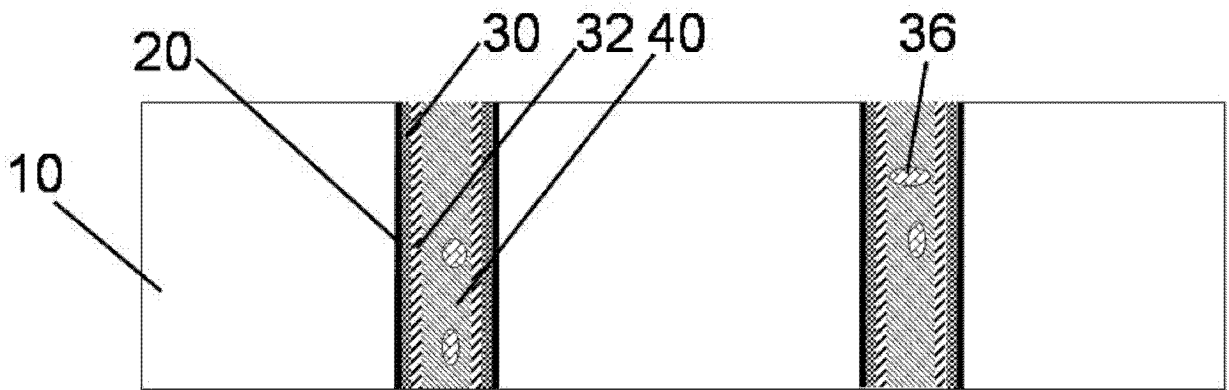


图 2

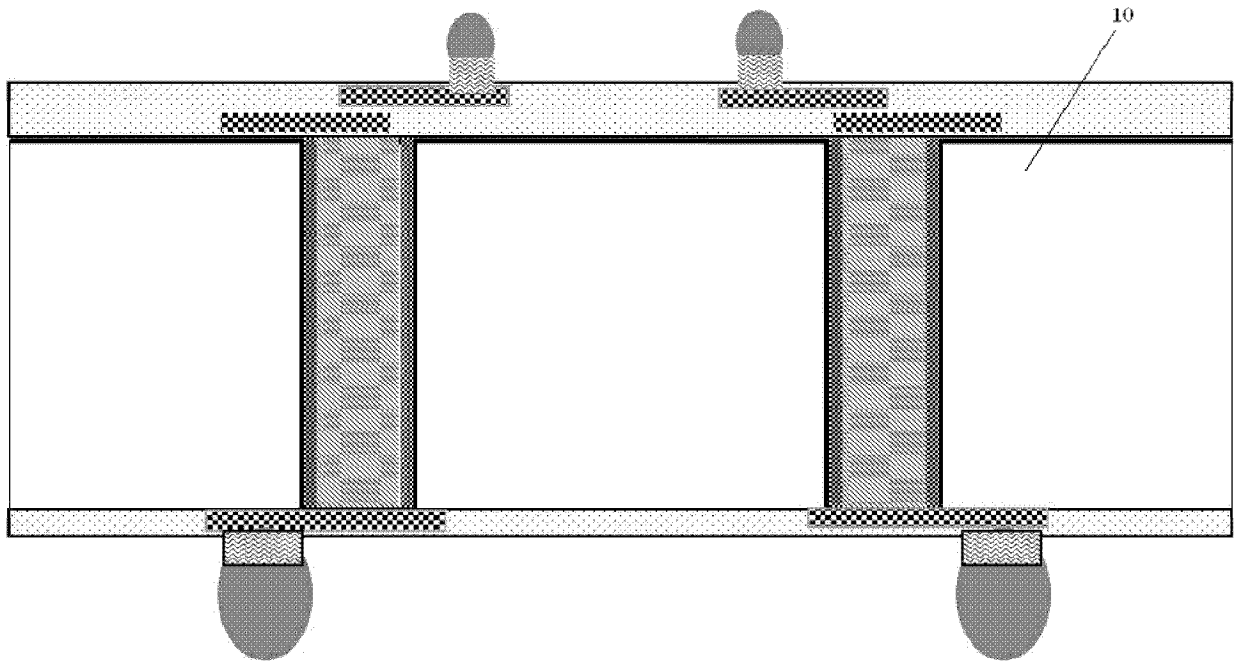


图 3

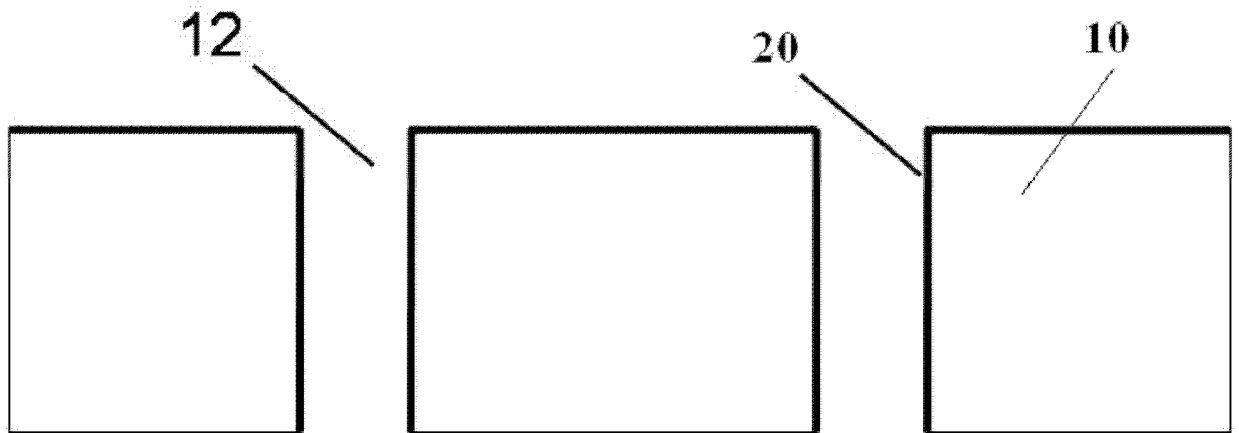


图 4

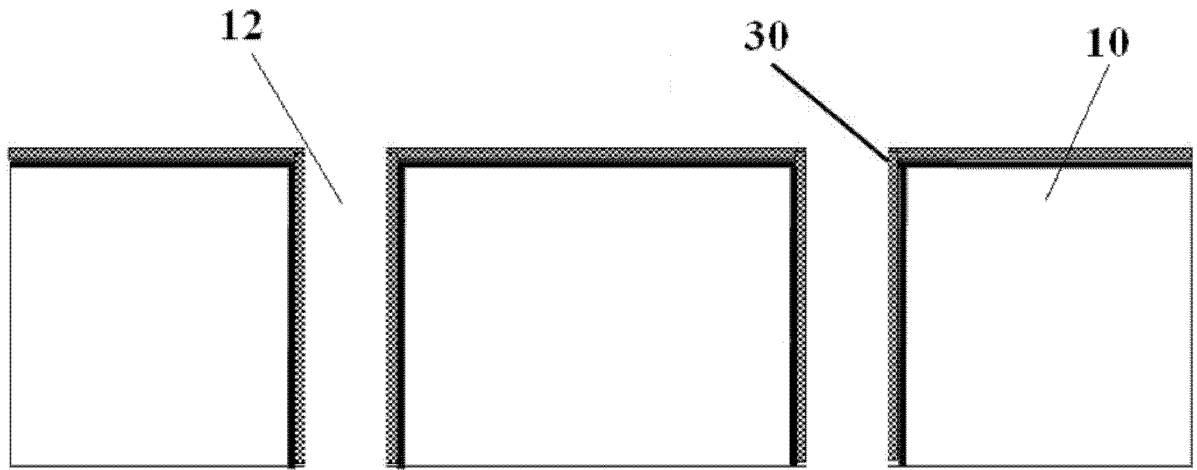


图 5

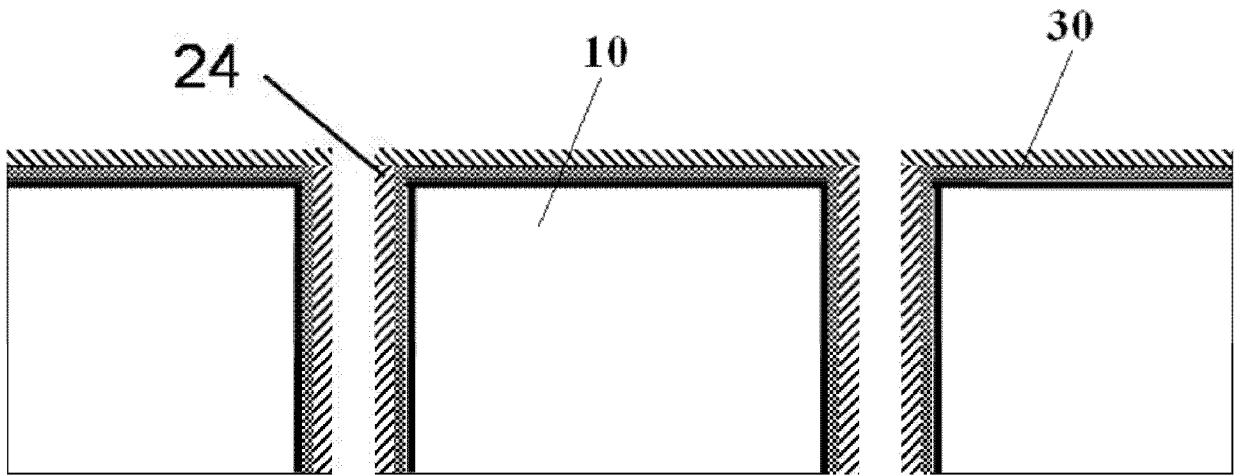


图 6

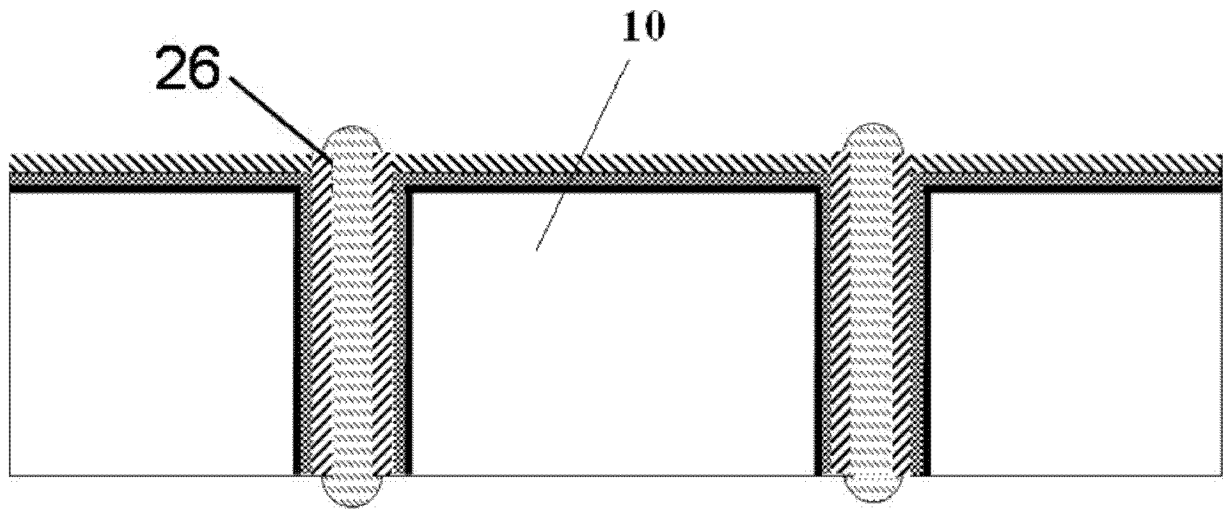


图 7

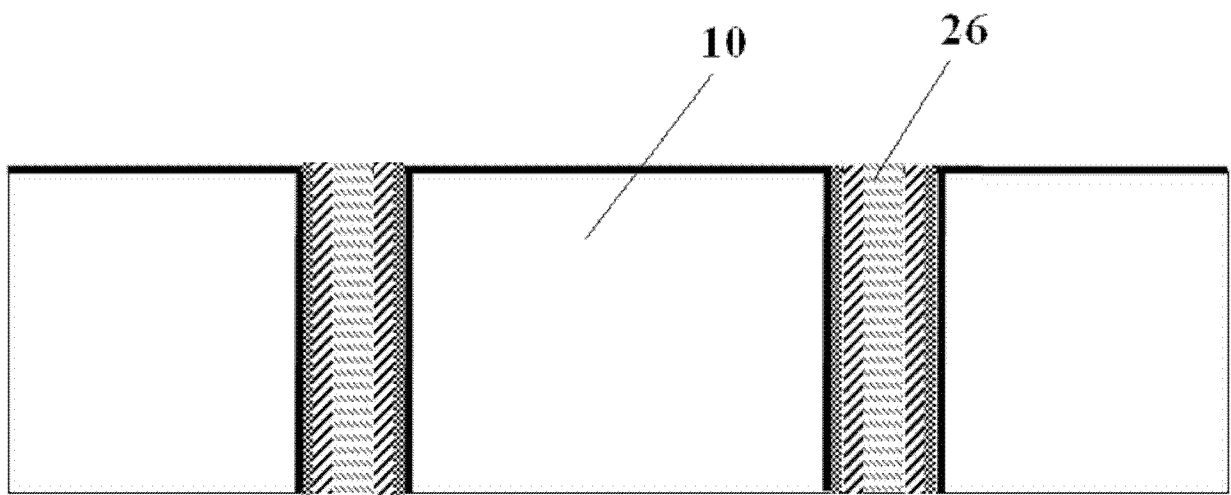


图 8

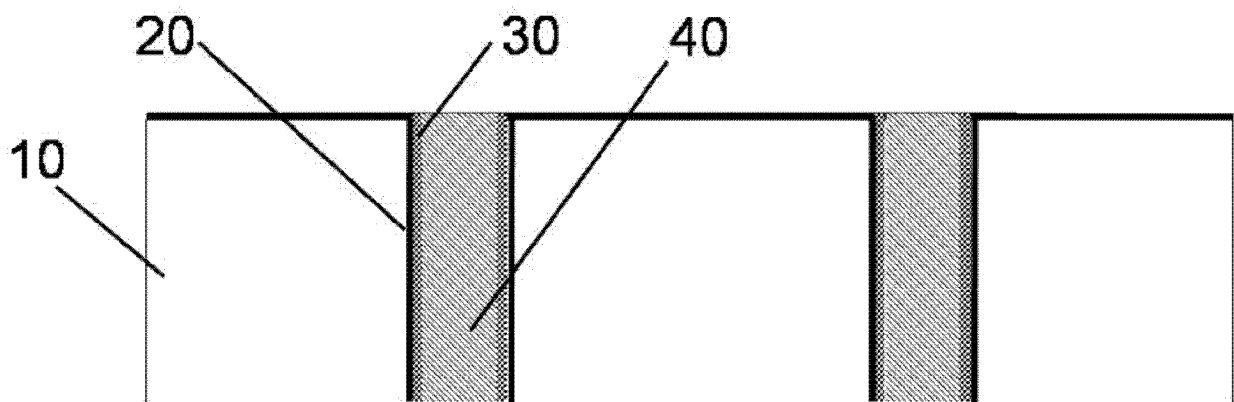


图 9

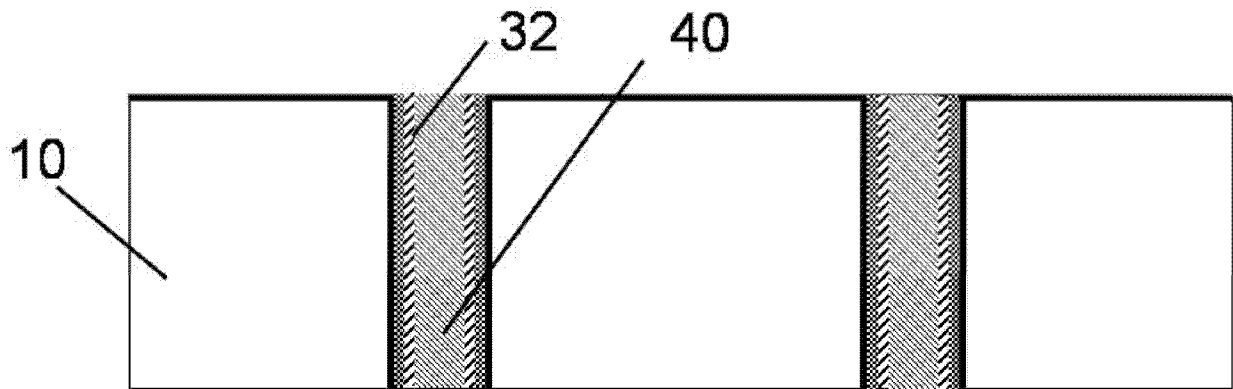


图 10