

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H01L 23/28 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480021522.4

[45] 授权公告日 2008年7月23日

[11] 授权公告号 CN 100405585C

[22] 申请日 2004.7.28

[21] 申请号 200480021522.4

[30] 优先权

[32] 2003.7.28 [33] US [31] 10/604,517

[86] 国际申请 PCT/US2004/024228 2004.7.28

[87] 国际公布 WO2005/013330 英 2005.2.10

[85] 进入国家阶段日期 2006.1.25

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 T·H·道本斯佩克

J·P·甘比诺 S·E·卢斯

T·J·麦克德维特

W·T·莫特西夫 M·J·波略特

J·C·罗宾斯

[56] 参考文献

US6022791A 2000.2.8

US5994762A 1999.11.30

US2003/0100143A1 2003.5.29

US6509622B1 2003.1.21

审查员 王文杰

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 于静 杨晓光

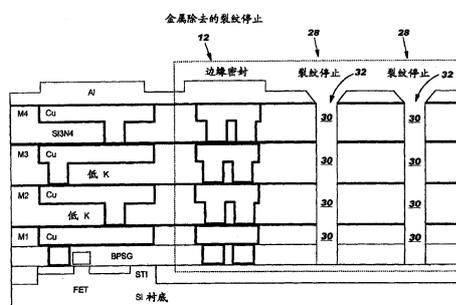
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

用于低K介质的裂纹停止装置及其形成方法

[57] 摘要

一种用于集成电路(IC)的低K介质材料的裂纹停止(28)，用于防止由切割操作期间沿IC芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对IC芯片有源区的损坏，所述IC在IC芯片上形成，所述IC芯片利用在低K介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连例如铜或银互连。潮湿阻挡或边缘密封(12)被形成为位于沿IC芯片有源区外边缘的金属叠层。裂纹停止通过位于IC芯片外围上的潮湿阻挡/边缘密封外侧的至少一个沟槽或凹槽形成。



1. 一种用于具有有源电路区的集成电路芯片的裂纹停止装置，包括：  
集成电路芯片，包括底部衬底、由覆层隔离的金属层、顶部铝层和在低 K 介质材料中的不会形成自钝氧化物层的金属互连；

潮湿阻挡部件或边缘密封部件，位于沿所述集成电路芯片有源区的外边缘；

裂纹停止部件，通过所述集成电路芯片外围上的所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件外侧的至少一个沟槽或空隙区形成，并在所述集成电路芯片的底部衬底和顶部铝层之间延伸，用于防止由在所述集成电路芯片上实施切割操作期间沿所述集成电路芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对所述集成电路芯片有源区的损坏。

2. 根据权利要求 1 的用于集成电路芯片的裂纹停止装置，其中所述金属互连包括铜互连。

3. 根据权利要求 1 的用于集成电路芯片的裂纹停止装置，其中所述金属互连包括银互连。

4. 根据权利要求 1 的用于集成电路芯片的裂纹停止装置，其中所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件包括由所述集成电路芯片有源电路区周围的金属叠层形成的至少一个内边界潮湿阻挡部件或边缘密封部件。

5. 根据权利要求 4 的用于集成电路芯片的裂纹停止装置，其中每个金属叠层包括多个金属线和过孔条。

6. 根据权利要求 1 的用于集成电路芯片的裂纹停止装置，其中所述裂纹停止部件包括在所述集成电路芯片外围上的所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件的外侧形成的多个沟槽或空隙区。

7. 一种裂纹停止装置，用于防止由于切割操作产生的边缘碎裂和破裂而引起的对集成电路芯片有源区的损坏，包括：

所述集成电路芯片的有源区，所述集成电路包括底部衬底、由覆层隔离的金属层、顶部铝层和在低 K 介质材料中的不会形成自钝氧化物层的

铜或银互连;

裂纹停止部件和潮湿阻挡部件或边缘密封部件,其中所述裂纹停止部件包括所述集成电路芯片外围上的沟槽或凹槽,并在所述集成电路芯片的底部衬底和顶部铝层之间延伸,所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件包括所述裂纹停止部件和所述芯片有源区之间的金属叠层。

8. 一种用于形成用于具有有源电路区的集成电路芯片的裂纹停止装置的方法,其中所述集成电路芯片包括在低K介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连、位于沿所述集成电路芯片有源区的外边缘的潮湿阻挡部件或边缘密封部件、以及至少一个外边界裂纹停止部件,所述裂纹停止部件通过所述集成电路芯片外围上的所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件外侧的至少一个沟槽或凹槽形成,用于防止由在晶片上实施切割操作期间沿所述集成电路芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对所述集成电路芯片有源区的损坏,所述方法包括以下步骤:

在所述晶片上形成除了最顶部的铝 Al 层基本上完成的集成电路芯片;

通过制造一系列在所述集成电路芯片有源区外边缘周围形成边界的叠层过孔结构,形成所述裂纹停止部件和所述潮湿阻挡部件或边界密封部件;

在所述集成电路芯片之上形成顶部 Al 层,不在所述裂纹停止部件的区域上形成所述 Al 层,而在所述裂纹停止部件周边内的所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件的区域上形成所述 Al 层,以保护所述边缘密封部件的区域不受后面湿蚀刻的影响;

在除去所述金属互连和阻挡层并对 Al 具有选择性的湿蚀刻中蚀刻所述晶片,以形成作为裂纹停止部件的蚀去区。

9. 根据权利要求 8 的方法,包括在包括稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、HF 的湿蚀刻液中蚀刻所述晶片。

10. 根据权利要求 8 的方法,包括在包括稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  的湿蚀刻液中蚀刻所述晶片。

11. 根据权利要求 8 的方法,包括以铜互连形成所述金属互连。

12. 根据权利要求 8 的方法,包括以银互连形成所述金属互连。

13. 根据权利要求 8 的方法,包括通过由所述集成电路芯片有源电路

区周围的金属叠层形成至少一个内边界潮湿阻挡部件或边缘密封部件，来形成所述潮湿阻挡部件或边缘密封部件。

14. 根据权利要求8的方法，包括通过形成多个金属线和过孔条来形成每个金属叠层。

15. 根据权利要求8的方法，包括以所述至少一个内边界潮湿阻挡部件或边缘密封部件的外边缘周围形成的蚀去空隙区，形成至少一个外边界裂纹停止部件。

## 用于低K介质的裂纹停止装置及其形成方法

### 技术领域

本发明通常涉及用于集成电路（IC）的低K介质材料的裂纹停止，所述IC在IC芯片上形成，所述IC芯片利用在例如二氧化硅 $\text{SiO}_2$ 的低K介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连例如铜或银互连。

具体地说，本发明关于裂纹停止结构，以及用于形成裂纹停止结构的方法，用于防止由在IC芯片上实施切割操作期间沿IC芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对IC芯片有源区的损坏，所述IC芯片利用在低K介质材料中的金属互连例如铜或银互连。潮湿阻挡或边缘密封被形成为位于沿IC芯片有源区外边缘的金属叠层。通过位于IC芯片外围上的潮湿阻挡/边缘密封外侧的至少一个沟槽或凹槽形成裂纹停止。

### 背景技术

在IC芯片的切割操作期间，形成可以延伸进入IC芯片有源区的裂纹，引起失效。在现有技术中，裂纹停止层被结合进IC芯片的周边以防止在芯片切割期间形成的裂纹延伸进入芯片。裂纹通常会延伸通过BEOL（后段制程）介质，此介质通常为例如二氧化硅 $\text{SiO}_2$ 的易碎材料。

在现有的铝Al互连技术中，其中Al形成自钝化氧化物层，裂纹停止被形成为包围芯片有源电路区并防止裂纹穿过BEOL介质进入IC芯片的金属叠层或蚀去（etched out）区。

在现有的铜Cu互连技术中，裂纹停止被形成为包围芯片有源电路区以防止裂纹延伸穿过BEOL介质进入IC芯片的金属叠层。

现有技术也形成三重边缘密封。然而，附加边缘密封具有在IC芯片上占据更多面积的缺点。

## 发明内容

本发明提供了裂纹停止结构，以及用于形成裂纹停止结构的方法，用于在集成电路（IC）芯片上形成的 IC，所述 IC 芯片利用在例如二氧化硅  $\text{SiO}_2$  的低 K 介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连例如铜或银互连。所述裂纹停止防止由在切割操作期间沿 IC 芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的裂纹延伸进入所述 IC 芯片的有源电路区。潮湿阻挡或边缘密封被形成为位于沿所述 IC 芯片有源区外边缘的金属叠层。所述裂纹停止通过位于 IC 芯片外围上的潮湿阻挡/边缘密封外侧的至少一个沟槽或凹槽形成。

更详细地讲，所述潮湿阻挡/边缘密封包括通过所述 IC 芯片有源区周围的金属叠层形成的至少一个内边界潮湿阻挡/边缘密封，其中每个金属叠层可以包括多个金属线和过孔条。而且，所述裂纹停止可以包括在所述 IC 外围上的潮湿阻挡/边缘密封外侧形成的多个沟槽或空隙区。

根据本发明的一个方面，提供了一种用于具有有源电路区的集成电路芯片的裂纹停止装置，包括：集成电路芯片，包括底部衬底、由覆层隔离的金属层、顶部铝层和在低 K 介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连；潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件，位于沿所述集成电路芯片有源区的外边缘；裂纹停止部件，通过所述集成电路芯片外围上的所述潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件外侧的至少一个沟槽或空隙区形成，并在所述集成电路芯片的底部衬底和顶部铝层之间延伸，用于防止由在所述集成电路芯片上实施切割操作期间沿所述集成电路芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对所述集成电路芯片有源区的损坏。

根据本发明的另一个方面，提供了一种裂纹停止装置，用于防止由于切割操作产生的边缘碎裂和破裂而引起的对集成电路芯片有源区的损坏，包括：所述集成电路芯片的有源区，所述集成电路包括底部衬底、由覆层隔离的金属层、顶部铝层和在低 K 介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的铜或银互连；裂纹停止部件和潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件，其中所

述裂纹停止部件包括所述集成电路芯片外围上的沟槽或凹槽，并在所述集成电路芯片的底部衬底和顶部铝层之间延伸，所述潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件包括所述裂纹停止部件和所述芯片有源区之间的金属叠层。

根据本发明的另一个方面，提供了一种用于形成用于具有有源电路区的集成电路芯片的裂纹停止装置的方法，其中所述集成电路芯片包括在低K介质材料中的不会形成自钝化氧化物层的金属互连、位于沿所述集成电路芯片有源区的外边缘的潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件、以及至少一个外边界裂纹停止部件，所述裂纹停止部件通过所述集成电路芯片外围上的所述潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件外侧的至少一个沟槽或凹槽形成，用于防止由在晶片上实施切割操作期间沿所述集成电路芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对所述集成电路芯片有源区的损坏，所述方法包括以下步骤：在所述晶片上形成除了最顶部的铝Al层基本上完成的集成电路芯片；通过制造一系列在所述集成电路芯片有源区外边缘周围形成边界的叠层过孔结构，形成所述裂纹停止部件和所述潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件；在所述集成电路芯片之上形成顶部Al层，不在所述裂纹停止部件的区域上形成所述Al层，而在所述裂纹停止部件周边内的所述潮湿阻挡部件和/或边缘密封部件的区域上形成所述Al层，以保护所述边缘密封部件的区域不受后面湿蚀刻的影响；在除去所述金属互连和阻挡层并对Al具有选择性的湿蚀刻中蚀刻所述晶片，以形成作为裂纹停止部件的蚀去区。

## 附图说明

参考下面其几个实施例的详细描述，结合其中在全部图画中用同样的参考数字表示类似元素的附图，本领域内的技术人员可以更容易地理解用于低K介质的裂纹停止的本发明的上述目标和优点，并在附图中：

图1示出了现有的金属叠层裂纹停止，此裂纹停止用于IC芯片上的铜Cu互连技术中，以防止在切割期间形成的裂纹延伸进入IC芯片的易碎BEOL介质。

图2示出了本发明的实施例，其中IC芯片结合了由位于IC芯片外围的金属叠层构成的潮湿阻挡/边缘密封和由潮湿阻挡周围形成的至少一个

外部蚀去空隙环构成的裂纹停止。

### 具体实施方式

图 1 示出了现有的金属叠层裂纹停止，此裂纹停止用于 IC 芯片上的铜 Cu 互连技术中，以防止在切割期间形成的裂纹延伸进入 IC 芯片的易碎 BEOL 介质。IC 芯片的有源区 10 通常形成在图 1 中的左边，并以沿它的外边缘形成的潮湿隔离/边缘密封 12 和在边缘密封外侧形成的金属叠层裂纹停止 14 为界。

IC 芯片形成于硅 Si 衬底上，并在图 1 的左侧示出了 IC 芯片的示例性有源区。示例性有源区包括由浅沟槽隔离 STI 包围的 npn nFET 晶体管器件，所述器件具有 p 栅极上的多晶导体，左边 n 区上在钨 W 周围形成的钛 Ti 或 TiN 衬里，以及右边 n 区上的 BPSG（硼磷硅玻璃）层。有源区包括由通常为氮化硅  $\text{Si}_3\text{N}_4$  或碳化硅 SiC 的覆层/蚀刻停止层 16 隔离的金属层 M1、M2、M3、M4，顶表面铝层 Al，具有在其周围形成的难熔金属（例如钽 Ta）扩散阻挡 18 的铜 Cu 互连，和例如  $\text{SiO}_2$  的 BEOL（后段制程）低 K 介质材料 20。

如图 1 所示，在现有的铜 Cu 互连技术中，潮湿阻挡/边缘密封 12 被形成为沿 IC 芯片有源区外边缘的具有在其周围形成的难熔金属（例如钽 Ta）扩散阻挡 22 的金属叠层。金属叠层通常由多个由铜 Cu 形成的过孔条 24 形成，越多越好，以六为典型数目。裂纹停止 14 也被形成为潮湿阻挡/边缘密封 12 外侧的金属叠层，并通常包括由足够的铜 Cu 形成的单个过孔条 26。

发现，在如图 1 中所示的结构中，金属叠层不能作为有效的裂纹停止用于在具有介电常数  $\ll 4.0$  的低 K 介质中嵌入的 Cu 互连技术。在 Cu/ $\text{SiO}_2$  技术中，在 IC 芯片上实施的切割操作期间形成的裂纹在裂纹停止 14 处停止，然而，在金属叠层中暴露的 Cu 要经过在存在水汽的环境中的快速氧化。因为低 K 介质的低弹性模量，氧化会导致 Cu 的体积膨胀，并引起裂纹停止附近的层的分离。这允许湿气进入芯片，因为水很快扩散进

入低 K 介质而引起失效。

本发明提供了用于 IC 芯片的裂纹停止，用于防止由在 IC 芯片上实施切割操作期间沿 IC 芯片外边缘形成的碎裂和破裂引起的对 IC 芯片有源区的损坏，所述 IC 芯片利用在例如 SiO<sub>2</sub> 的低 K 介质材料中的不会形成自钝氧化物层的金属互连例如铜或银互连。潮湿阻挡/边缘密封被形成为位于沿 IC 芯片有源区外边缘的金属叠层。裂纹停止通过位于 IC 芯片外围上的潮湿阻挡/边缘密封外侧的至少一个沟槽或凹槽形成。

图 2 示出了本发明的一个实施例，其中芯片结合了潮湿阻挡/边缘密封和裂纹停止。

图 2 中的有源区 10 基本上于图 1 中的相同，并因此将不重复其详细描述。

潮湿阻挡/边缘密封 12 优选通过由金属叠层构成的在 IC 芯片的有源电路区周围形成的至少一个内环或边界形成，并可以通过由金属叠层构成的几个内环或边界形成。每个金属叠层通常可以由多个由铜 Cu 或银 Ag 形成的金属线和过孔条形成，越多越好，以六为典型数目。

裂纹停止 28 通过在潮湿阻挡/边缘密封的至少一个内环或边界周围形成的至少一个外环或边界蚀去空隙区 30 形成，并可以通过由蚀去空隙区 30 构成的几个外环形成，图 2 中示出了两个。蚀去空隙裂纹停止的途径永远防止裂纹进来与潮湿阻挡/边缘密封 12 接触。

根据本发明的裂纹停止 28 和潮湿阻挡/边缘密封 12 可以按如下方法形成。使用常规工艺形成 IC 芯片上至最顶部 Al 层。通过制造一系列如图 1 中所示的例如过孔条 24、26 的叠层金属过孔结构和在所述过孔条正上方的金属线来形成裂纹停止 28 和潮湿阻挡/边缘密封 12，这形成了环绕 IC 芯片有源区 10 周边的环。在不同的实施里中，如果需要，可以形成任何数目的潮湿阻挡/边缘密封 12 的环和任何数目的裂纹停止 28 的环。

为了形成裂纹停止，在 IC 上形成顶部铝 Al 层，但不在裂纹停止 28 的区域 32 即端部过孔开口之上/上形成 Al 层。在边缘密封的区域上，在裂纹停止的周边内形成 Al 层，以保护边缘密封区不受后面湿蚀刻的影响。

然后在除去例如 Cu 或 Ag 的互连金属和阻挡层 16 和 18 并对 Al 具有选择性的例如稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{H}_2\text{O}_2$  或稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{H}_2\text{O}_2$ : HF 的湿蚀刻中蚀刻晶片。注意，相同的湿蚀刻会除去与硅 Si 接触的钨 W 和阻挡层。以相同的方式，在边缘密封 12 的外边缘周围形成裂纹停止 28 的蚀去空隙区 30，以作为用于 IC 芯片有源区的裂纹停止，所述边缘密封 12 形成于 IC 芯片的有源区周围。

尽管在这里详细描述了用于低 K 介质材料的裂纹停止的本发明的几个实施例和变化，但是应该很明显，本发明的公开和教导将对本领域内的技术人员暗示许多可选的设计。

图 1

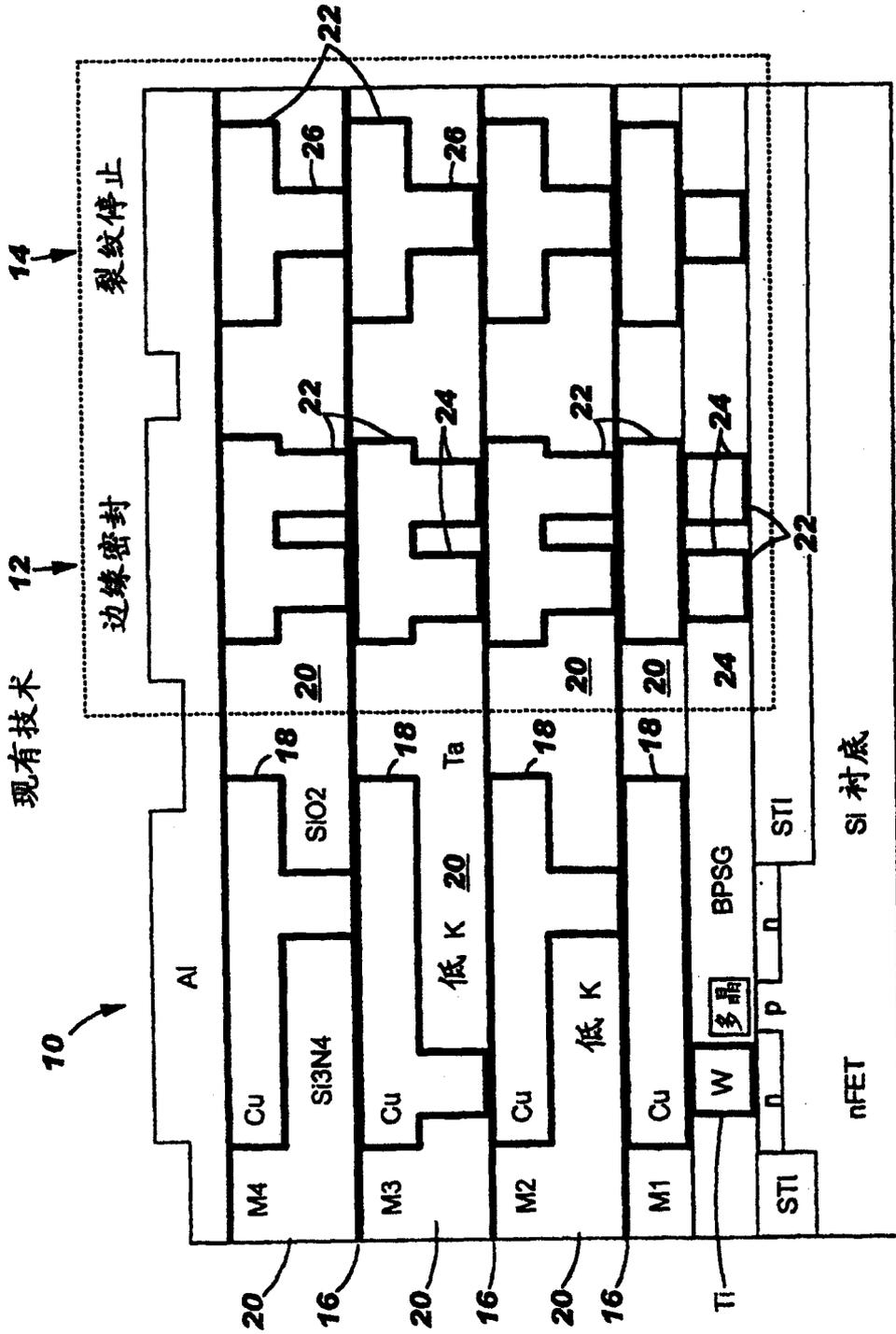


图2  
金属除去的裂纹停止

