

一种芯片及光通信设备

技术领域

本申请涉及半导体技术领域，尤其涉及一种芯片及光通信设备。

5 背景技术

随着光通信的发展，光通信系统需要的功能越来越多，光通信系统中需要设置一些无源器件和有源器件来适应更多的场景，无源器件例如波导等，有源器件例如电光调制器、光电探测器等。随着网络升级压力的增加和绿色减排呼声的日益增强，运营商不仅需要以较低的成本实现网络的升级，更需要付出更少的能耗代价，将无源器件和有源器件形成于同一芯片中以实现光子集成是必然趋势，实现了光子集成的芯片可以应用于收到一体的高波特率通讯等场景。然而高性能的无源器件需要波导具有较低的损耗，有源器件由于其特殊需求对波导或光电材料也存在特殊要求，例如中电光调制器需要波导具有电光效应，光电探测器中需要光吸收材料具有光电转换特性，目前无法在同一芯片中集成有源器件和损耗小的无源器件。

15

发明内容

有鉴于此，本申请的第一方面提供了一种芯片及光通信设备，可以在同一芯片中集成有源器件和损耗小的无源器件。

本申请实施例的第一方面，提供了一种芯片，可以包括基底，位于基底一侧的绝缘层，以及绝缘层中的第一波导和第二波导，第二波导位于第一波导的背离基底的一侧，第一波导具有电光效应，第二波导的传输损耗低于第一波导的传输损耗，这样第一波导可以作为有源器件中的一部分，可以利用第一波导进行电光调制，第二波导可以作为无源器件，利用第二波导进行光信号的传输，可以实现低损耗的无源器件，第一波导的第一耦合部和第二波导的第二耦合部构成第一耦合结构，第一耦合结构用于实现第一波导和第二波导之间的光耦合，因此可以利用第一波导和第二波导实现有源器件和无源器件的集成，且集成后的芯片中无源器件具有较好的传输特性且有源器件可以实现电光调制，相比于仅包括第一波导或仅包括第二波导的芯片而言，集成后的芯片可以同时具有更小的损耗以及更加多样化的功能，拓宽芯片的应用场景，在一定程度上提升包括光芯片的光通信系统的性能。

25

在一些可能的实施方式中，所述第一波导的材料为硅，所述第二波导的材料为氮化硅。

30

本申请实施例中，第一波导的材料可以为硅，第一波导和绝缘层构成绝缘体上硅（Silicon-On-Insulator, SOI）结构，兼容互补金属氧化物半导体（complementary metal oxide semiconductor, CMOS）工艺，第二波导的材料可以为氮化硅，具有较小的传输损耗，实现高性能的有源器件和低损耗的无源器件的集成。

在一些可能的实施方式中，所述芯片还包括：

35

所述绝缘层中的第三波导，所述第三波导位于所述第二波导的背离所述基底的一侧；所述第三波导的电光调制效率高于所述第一波导的电光调制效率；所述第一波导的第五耦合部、所述第二波导的第六耦合部和所述第三波导的第七耦合部构成第三耦合结构，所述

第三耦合结构用于实现所述第二波导和所述第三波导之间的光耦合。

本申请实施例中，所述芯片还包括第三波导，第三波导具有高于第一波导的电光调制效率，第三波导可以和第二波导耦合，因此利用第三波导可以得到更高电光调制效率的调制器，满足更多应用场景。

5 在一些可能的实施方式中，所述第三波导的材料为铌酸锂、磷化铟或铌酸钽。

本申请实施例中，第三波导的材料可以为铌酸锂、磷化铟或铌酸钽，具有更高的电光调制效率的同时，可以适应更多场景。

在一些可能的实施方式中，所述芯片还包括：

所述绝缘层中的位于所述第三波导两侧的第一电极对。

10 本申请实施例中，第三波导两侧可以具有第一电极对，第一电极对用于产生第一调制电场以对第三波导中的光信号进行调制，从而满足光通信的要求。

在一些可能的实施方式中，所述第二波导和第三波导之间的绝缘层厚度范围为[200nm, 550nm]。

本申请实施例中，第二波导和第三波导之间的绝缘层厚度具有合适的范围，以使第二波导和第三波导之间可以具有较高的耦合效率。

15 在一些可能的实施方式中，所述芯片还包括：

所述绝缘层中的光电探测器，所述光电探测器通过掺杂结构与层间互连结构连接，所述掺杂结构为具有掺杂元素的半导体层；所述半导体层和所述第一波导的材料一致；所述掺杂结构与所述基底的距离和所述第一波导与所述基底的距离一致。

20 本申请实施例中，所述芯片还包括光电探测器，光电探测器可以和掺杂结构连接，掺杂结构为具有掺杂元素的半导体层，半导体层和第一波导的材料一致，且位于同一层，则半导体结构和第一波导可以通过对同一膜层进行刻蚀得到，简化工艺。

在一些可能的实施方式中，所述光电探测器的背离所述基底的表面和所述基底的表面的距离，小于所述第二波导的背离所述基底的表面和所述基底的表面的距离。

25 本申请实施例中，光电探测器的上表面可以低于第二波导的上表面，以使光电探测器和第二波导的制造互不影响，例如避免以第二波导为停止层的平坦化对光电探测器的影响。

在一些可能的实施方式中，所述光电探测器在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围为[200 nm, 350 nm]。

30 本申请实施例中，光电探测器可以具有合适的厚度，保证器件的光检测特性的同时，兼容其他部件。

在一些可能的实施方式中，所述芯片还包括：

位于所述基底的一侧的激光二极管，所述激光二极管的材料包括III-V族化合物。

本申请实施例中，所述芯片还可以包括激光二极管，从而在芯片中实现光发射功能，满足更多应用场景。

35 在一些可能的实施方式中，所述芯片还包括：

半导体光放大器，用于对所述发光二极管发出的光进行放大，所述半导体光放大器的材料包括III-V族化合物。

本申请实施例中,所述芯片还包括半导体光放大器,从而在芯片中对光信号进行放大,满足更多应用场景。

在一些可能的实施方式中,所述芯片还包括:

所述绝缘层中的位于所述第一波导两侧的第二电极对。

- 5 本申请实施例中,第一波导两侧可以设置有第二电极对,第二电极对用于产生第二调制电场以对第一波导中的光信号进行调制,从而满足光通信的要求。

在一些可能的实施方式中,所述第二波导的氮化硅材料中氢含量小于或等于10%。

本申请实施例中,第二波导的氮化硅材料中的氢含量具有合适的范围,以控制第二波导的传输损耗。

- 10 在一些可能的实施方式中,所述第二波导的传输损耗小于或等于0.5dB/cm。

本申请实施例中,第二波导的传输损耗较小,以提高能源利用率。

在一些可能的实施方式中,所述第二波导在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围[300nm, 400nm]。

- 15 本申请实施例中,第二波导的厚度具有合适范围,以使第二波导具有较小的传输损耗的同时,能够兼容其他部件。

在一些可能的实施方式中,第一波导和第二波导之间的绝缘层在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围为[40nm, 100nm]。

- 20 本申请实施例中,第一波导和第二波导之间的绝缘层具有合适的厚度,以保证第一波导和第二波导的较高的光耦合效率的同时,在需要对与第一波导同一层的位置进行离子注入时,能够透过绝缘层实现离子注入。

本申请实施例的第二方面,提供了一种光通信设备,包括如本申请实施例的第一方面提供的所述的芯片。

从以上技术方案可以看出,本申请实施例具有以下优点:

- 25 本申请实施例提供一种芯片及光通信设备,芯片可以包括基底,位于基底一侧的绝缘层,以及绝缘层中的第一波导和第二波导,第二波导位于第一波导的背离基底的一侧,第一波导具有电光效应,第二波导的传输损耗低于第一波导的传输损耗,这样第一波导可以作为有源器件中的一部分,可以利用第一波导进行电光调制,第二波导可以作为无源器件,利用第二波导进行光信号的传输,可以实现低损耗的无源器件,第一波导的第一耦合部和第二波导的第二耦合部构成第一耦合结构,第一耦合结构用于实现第一波导和第二波导之间的光耦合,因此可以利用第一波导和第二波导实现有源器件和无源器件的集成,且集成后的芯片中无源器件具有较好的传输特性且有源器件可以实现电光调制,相比于仅包括第一波导或仅包括第二波导的芯片而言,集成后的芯片可以同时具有更小的损耗以及更加多样化的功能,拓宽芯片的应用场景,在一定程度上提升包括光芯片的光通信系统的性能。

35 附图说明

为了清楚地理解本申请的具体实施方式,下面将描述本申请具体实施方式时用到的附图做一简要说明。显而易见地,这些附图仅是本申请的部分实施例。

图 1 为本申请实施例提供的一种芯片的俯视示意图；
 图 2 为图 1 中的芯片沿 AA 向的剖视图；
 图 3 为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图；
 图 4 为图 3 中的芯片沿 BB 向的剖视图；
 图 5 为本申请实施例中的一种芯片的剖视图；
 图 6 为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图；
 图 7 为图 6 中的芯片沿 AA 向的剖视图；
 图 8 为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图；
 图 9 为图 8 中的芯片沿 BB 向的剖视图；
 图 10 为本申请实施例中的另一种芯片的剖视图；
 图 11 为本申请实施例中的又一种芯片的剖视图；
 图 12 为本申请实施例中的还一种芯片的剖视图；
 图 13 为本申请实施例中的再一种芯片的剖视图；
 图 14 为本申请实施例中的一种光通信系统的结构示意图。

具体实施方式

本申请实施例提供了一种芯片及光通信设备，可以在同一芯片中集成有源器件和损耗小的无源器件。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等（如果存在）是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

本申请结合示意图进行详细描述，在详述本申请实施例时，为便于说明，表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大，而且所述示意图只是示例，其在此不应限制本申请保护的范围。此外，在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

随着光通信的发展，光通信系统需要的功能越来越多，光通信系统中需要设置一些无源器件和有源器件来适应更多的场景，无源器件例如波导等，有源器件例如电光调制器、光电探测器等，将无源器件和有源器件形成于同一芯片中，使该芯片可以应用于收到一体的高波特率通讯等场景。

然而，目前的集成多种功能器件的芯片基于单一材料平台，高性能的无源器件需要波导具有较低的损耗，有源器件由于其特殊需求对波导或光电材料也存在特殊要求，例如中电光调制器需要波导具有电光效应，光电探测器中需要光吸收材料具有光电转换特性，单一材料不容易满足不同器件的需求。例如基于绝缘体上硅 SOI 的 SOI 芯片可以集成无源器件和一些有源器件，有源器件可以包括调制器和探测器等，从而实现收发一体的功能，然

而 SOI 芯片中波导具有传输损耗大、反射大、工艺容差小、色散大、对温度敏感等问题，不适合对温度不敏感的复用器/解复用器 (Mux/DeMux)；基于 SiN 平台的集成器件，在单个芯片上可以实现多种 SiN 无源波导器件，如光栅耦合器 (Grating Coupler)、分束合束结构等，且 SiN 无源波导结构对温度不敏感，利于得到对温度不敏感的 Mux/DeMux 结构，且损耗小、色散小，然而基于 SiN 平台的集成芯片难以实现和有源器件的集成。

因此目前单一材料平台的芯片，无法在同一芯片中集成有源器件和损耗小的无源器件。

基于以上技术问题，本申请实施例提供了一种芯片及光通信设备，芯片可以包括基底，位于基底一侧的绝缘层，以及绝缘层中的第一波导和第二波导，第二波导位于第一波导的背离基底的一侧，第一波导具有电光效应，第二波导的传输损耗低于第一波导的传输损耗，这样第一波导可以作为有源器件中的一部分，可以利用第一波导进行电光调制，第二波导可以作为无源器件，利用第二波导进行光信号的传输，可以实现低损耗的无源器件，第一波导的第一耦合部和第二波导的第二耦合部构成第一耦合结构，第一耦合结构用于实现第一波导和第二波导之间的光耦合，因此可以利用第一波导和第二波导实现有源器件和无源器件的集成，且集成后的芯片中无源器件具有较好的传输特性且有源器件可以实现电光调制，相比于仅包括第一波导或仅包括第二波导的芯片而言，集成后的芯片可以同时具有更小的损耗以及更加多样化的功能，拓宽芯片的应用场景，在一定程度上提升包括光芯片的光通信系统的性能。

为使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本申请的具体实施方式做详细的说明。

参考图 1 所示，为本申请实施例提供的一种芯片的俯视示意图，参考图 2 所示，为图 1 中的芯片沿 AA 向的剖视图，该芯片包括基底 10，位于基底 10 一侧的绝缘层 100，以及绝缘层 100 中的第一波导 11 和第二波导 12。

本申请实施例中，芯片可以包括基底 10，基底 10 用于支撑其上的器件结构，基底 10 可以为半导体基底，例如可以为 Si 衬底、Ge 衬底、SiGe 衬底、绝缘体上硅 (silicon on insulator, SOI)、绝缘体上锗 (germanium on insulator, GOI) 或绝缘体上锗硅 (silicon and germanium on insulator, SGOI) 等。在其他实施例中，半导体基底也可以为其他元素半导体或化合物半导体的衬底，例如 GaAs、InP 或 SiC 等。本申请实施例中，基底 10 的材料可以为硅。

在基底 10 一侧可以设置有绝缘层 100，绝缘层 100 中设置有第一波导 11 和第二波导 12，绝缘层 100 可以隔离第一波导 11 和基底 10，也可以隔离第二波导 12 和基底 10，第一波导 11 和第二波导 12 作为波导核心层，绝缘层 100 可以作为波导覆盖层，绝缘层 100 的折射率小于第一波导 11 的折射率，也小于第二波导 12 的折射率，以使光信号限制在第一波导 11 和第二波导 12 中，绝缘层 100 可以包括单一材料，也可以是包括多层不同材料的膜层的复合层，绝缘层 100 的材料例如可以为氧化硅，当然也可以为其他绝缘材料。

为了便于说明，可以将从基底 10 到绝缘层 100 的方向称为“上”，将从绝缘层 100 到基底 10 的方向称为“下”，将垂直基底 10 表面的方向作为纵向，但这样标记是为了方便起见，与重力的方向无关。

本申请实施例中，第一波导 11 的材料和第二波导 12 的材料不同，使第一波导 11 和第二波导 12 具有不同的特性，其中，第一波导 11 可以具有电光效应，即第一波导 11 的折射率可以因为外加电场而发生变化，因此第一波导 11 可以作为有源器件的一部分，可以利用第一波导 11 进行电光调制，第二波导 12 的传输损耗小于第一波导 11 的传输损耗，则第二波导 12 可以作为无源器件，可以利用第二波导 12 进行光信号的传输，可以实现低损耗的无源器件，利用第一波导 11 和第二波导 12 可以实现无源器件和有源器件的集成，且集成后的芯片中无源器件具有较好的传输特性且有源器件可以实现电光调制，相比于仅包括第一波导的芯片而言，集成后的芯片具有较低的传输损耗，相比于仅包括第二波导的芯片而言，集成后的芯片具有电光调制的功能，因此，集成后的芯片可以同时具有更小的损耗以及更加多样化的功能，拓宽芯片的应用场景。

具体的，第二波导 12 可以位于第一波导 11 的背离基底 10 的一侧，即第二波导 12 位于第一基底 10 上方，二者纵向堆叠，第一波导 11 的第一耦合部和第二波导 12 的第二耦合部构成第一耦合结构 1001，第一耦合结构 1001 用于实现第一波导 11 和第二波导 12 之间的光耦合，这样光信号可以在第一波导 11 和第二波导 12 之间传输，在需要电光调制的区域利用第一波导 11 进行光信号的传输，在无需电光调制的区域利用第二波导 12 进行光信号的传输，从而使芯片在具有电光调制功能的同时还具有较低的传输损耗，提高芯片的性能。

其中，第一波导 11 和第二波导 12 的光耦合方式可以为倏逝波耦合，第一波导 11 和第二波导 12 之间的绝缘层 100 在垂直基底 10 的表面的方向上的尺寸范围为[40nm, 100nm]，即第一波导 11 的顶表面和第二波导 12 的底表面之前的距离范围为[40nm, 100nm]，使第一波导 11 和第二波导 12 之间具有较高的光耦合效率。具体实施时，第二波导 12 在垂直基底 10 的表面的方向上的尺寸范围为[300nm, 400nm]，第二波导 12 的传输损耗小于或等于 0.5dB/cm。

举例来说，第一波导 11 的材料为硅，第一波导 11 和基底 10 之间的绝缘层 100，以及第一波导 11 构成 SOI 结构，SOI 光波导技术具有优异的光学性能，且能够与成熟的硅基互补金属氧化物半导体 (complementary metal oxide semiconductor, CMOS) 工艺完全兼容，因此，在 SOI 平台上集成第二波导 12，在提高光学性能的同时，也可以提高芯片集成度。第二波导 12 的材料可以为氮化硅。第二波导 12 的氮化硅材料中氢含量可以小于或等于 10%。

本申请实施例中，在第一波导 11 的两侧还可以设置有第二电极对 111，第二电极对 111 位于绝缘层 100 中，在第二电极对 111 被施加不同的电压时可以提供第二调制电场，以对第一波导 11 中的光信号进行调制，参考图 3 所示，为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图，参考图 4 所示，为图 3 中的芯片沿 BB 向的剖视图。第二电极对 111 和第一波导 11 可以在平行基底 10 表面的方向上排列，第二电极对 111 之间的第二调制电场可以平行基底 10 表面。

第二电极对 111 可以通过层间互连结构 112 引出至绝缘层外围，层间互连结构 112 可以包括导体柱，也可以包括导体柱和导体垫。其中，导体柱和导体垫均可以为多个，导体柱可以设置在相邻层的导体垫之间，导体柱设置在绝缘层 100 中纵向延伸的通孔中，多层

导体垫的设置可以将贯穿绝缘层的通孔在纵向上分为多个通孔，从而减少各个通孔的深度，降低各个通孔的深宽比，以降低刻蚀难度，提高层间互连结构 112 的可靠性。

本申请实施例中，芯片在 AA 向的剖视图中存在第一耦合结构 1001，芯片在 BB 向的剖视图中存在基于第一波导 11 的调制器，实际上，在同一芯片中第一耦合结构 1001 和基于第一波导 11 的调制器可以同时存在，且沿非直线的方向的剖视图中可以同时出现第一耦合结构 1001 和基于第一波导 11 的调制器，参考图 5 所示，为本申请实施例中的一种芯片的剖视图，需要说明的是，图 5 中的示意图表征在同一芯片中第一耦合结构 1001 和基于第一波导 11 的调制器同时存在，而不强调第一耦合结构 1001 和基于第一波导 11 的调制器的排列方向。

具体的，芯片还包括分光器（图未示出），从而和第一波导 11 构成马赫-曾特干涉仪（Mach-Zehnder Interferometer, MZI）结构，MZI 干涉器包括 1×2 分束器、两个调制波导、 2×1 合束器，其中光信号经过 1×2 分束器分为两部分，分别导向 MZI 结构的两个臂的光通路，在 MZI 结构的两个臂上设置有调制波导，调制波导的两侧设置有电极，调制波导在电场作用下可以改变该臂的光信号相位，而后利用 2×1 合束器将 MZI 结构两臂的光信号进行合并，两臂的光信号产生干涉，使得合并后的光信号特性相较输入的光信号特性发生改变，如光强度改变或光相位改变等。其中至少一个臂上的调制波导可以为前述的第一波导 11，用于在电场的作用下调整光相位，进而改变输出的光信号强度或相位。

本申请实施例中，芯片还包括绝缘层 100 中的第三波导 13，参考图 6 所示，为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图，参考图 7 所示，为图 6 中的芯片沿 AA 向的剖视图，其中，第三波导 13 的电光调制效率高于第一波导 11 的电光调制效率，这样第三波导 13 可以作为有源器件的一部分，可以利用第三波导 13 进行电光调制，且第三波导 13 具有较高的调制效率，利于提高芯片的整体调制效率。

第三波导 13 位于第二波导 12 的背离基底 10 的一侧，即位于第二波导 12 的上方，第一波导 11 的第三耦合部和第三波导 13 的第四耦合部可以构成第二耦合结构，用于实现第一波导 11 和第三波导 13 之间的光耦合，这样光信号可以在第一波导 11 和第三波导 13 之间传输，从而利用第三波导 13 实现调制器的更调制效率，进一步提高芯片的性能。第一波导 11 和第三波导 13 之间的光耦合可以为倏逝波耦合。

第三波导 13 位于第二波导 12 的背离基底 10 的一侧，即位于第二波导 12 的上方，第一波导 11 的第五耦合部、第二波导 12 的第六耦合部和第三波导 13 的第七耦合部构成第三耦合结构 1002，第三耦合结构 1002 用于实现第二波导 12 和第三波导 13 之间的光耦合，这样光信号可以在第二波导 12 和第三波导 13 之间传输，从而利用第三波导 13 实现调制器的更调制效率，进一步提高芯片的性能。第二波导 12 和第三波导 13 之间的光耦合可以为倏逝波耦合，通过第五耦合部、第六耦合部和第七耦合部之间的倏逝波耦合实现。

具体的，第二波导 12 和第三波导 13 之间的绝缘层 100 厚度范围为 $[200\text{nm}, 550\text{nm}]$ ，以实现第二波导 12 和第三波导 13 之间的较高的光耦合效率。举例来说，第三波导 13 的材料可以为铌酸锂（thin film lithium niobate, TFLN）、磷化铟（indium phosphide, InP）或铌酸钽等。

本申请实施例中,在第三波导 13 的两侧还可以设置有第一电极对 131,第一电极对 131 位于绝缘层 100 中,在第一电极对 131 被施加不同的电压时可以提供第一调制电场,以对第三波导 13 中的光信号进行调制,参考图 8 所示,为本申请实施例提供的另一种芯片的俯视图,参考图 9 所示,为图 8 中的芯片沿 BB 向的剖视图。第一电极对 131 和第三波导 13 可以在平行基底 10 表面的方向上排列,第一电极对 131 之间的第一调制电场可以平行基底 10 表面。

第一电极对 131 可以通过层间互连结构 132 引出至绝缘层外围,层间互连结构 132 可以包括导体柱,也可以包括导体柱和导体垫。其中,导体柱和导体垫均可以为多个,导体柱可以设置在相邻层的导体垫之间,导体柱设置在绝缘层 100 中纵向延伸的通孔中,多层导体垫的设置可以将贯穿绝缘层的通孔在纵向上分为多个通孔,从而减少各个通孔的深度,降低各个通孔的深宽比,以降低刻蚀难度,提高层间互连结构 132 的可靠性。

本申请实施例中,芯片在 AA 向的剖视图中存在第三耦合结构 1002,芯片在 BB 向的剖视图中存在基于第三波导 13 的调制器,实际上,在同一芯片中第三耦合结构 1002 和基于第三波导 13 的调制器可以同时存在,且沿非直线的方向的剖视图中可以同时出现第三耦合结构 1002 和基于第三波导 13 的调制器,参考图 10 所示,为本申请实施例中的一种芯片的剖视图,需要说明的是,图 10 中的示意图表征在同一芯片中第三耦合结构 1002 和基于第三波导 13 的调制器同时存在,而不强调第三耦合结构 1002 和基于第三波导 13 的调制器的排列方向。

具体的,芯片还包括分光器(图未示出),从而和第三波导 13 构成 MZI 结构。其中, MZI 结构中至少一个臂上的调制波导可以为前述的第三波导 13,用于在电场的作用下调整光相位,进而改变输出的光信号强度或相位。

本申请实施例中,绝缘层 100 中还可以设置有光电探测器(photo detector, PD) 14,光电探测器 14 可以对光信号进行探测,根据探测到的光信号形成电信号,参考图 10、图 11、图 12、图 13 所示,为本申请实施例中多种芯片的剖视图,这些图中均不强调各个部件的排列方向,在图 10 中同一芯片中第一耦合结构 1001 和光电探测器 14 同时存在,在图 11 中第一耦合结构 1001、基于第一波导 11 的调制器和光电探测器 14 同时存在,在图 12 中第三耦合结构 1002 和光电探测器 14 同时存在,在图 13 中第三耦合结构 1002、基于第一波导 11 的调制器、基于第三波导 13 的调制器和光电探测器 14 同时存在。其中,光电探测器 14 的材料可以包括锗等。光电探测器 14 在垂直基底 10 的表面的方向上的尺寸范围为 [200 nm, 350 nm]。

光电探测器 14 可以通过层间互连结构 142 引出至绝缘层 100 之外,以将产生的电信号引出至绝缘层 100 之外。层间互连结构 142 可以包括导体柱,也可以包括导体柱和导体垫。其中,导体柱和导体垫可以为多个,导体柱可以设置在相邻层的导体垫之间,导体柱设置在绝缘层 100 中纵向延伸的通孔中,多层导体垫的设置可以将贯穿绝缘层的通孔在纵向上分为多个通孔,从而减少各个通孔的深度,降低各个通孔的深宽比,以降低刻蚀难度,提高层间互连结构 142 的可靠性。

具体的,光电探测器 14 可以通过掺杂结构 141 与层间互连结构 142 连接,参考图 10-

图 13 所示, 掺杂结构 141 可以为具有掺杂元素的半导体层, 掺杂结构 141 和光电探测器 14 具有较好的接触, 且和层间互连结构 142 之间具有较好的接触, 减少电信号的接触损耗。半导体层和第一波导 11 的材料可以一致, 且半导体层和第一波导 11 可以设置在同一层, 即掺杂结构 141 与基底 10 的距离与第一波导 11 与基底 10 的距离一致, 这样半导体层和第一波导 11 可以对同一膜层进行刻蚀得到, 减少工艺复杂度。此外, 设置第一波导 11 和第二波导 12 之间的绝缘层 100 厚度范围为[40nm, 100nm], 可以较好的实现对半导体层的离子注入, 以在半导体层中形成掺杂元素。

具体实施时, 光电探测器 14 的背离基底 10 的表面和基底 10 的表面的距离, 小于第二波导 12 的背离基底 10 的表面和基底 10 的表面的距离, 即光电探测器 14 的上表面低于第二波导 12 的上表面, 这样光电探测器 14 和第二波导 12 的形成互不影响, 例如在以第二波导 12 为停止层的平坦化工艺不会影响光电探测器 14 的完整性。

本申请实施例中, 芯片还包括位于基底 10 的一侧的激光二极管 (laser diode, LD) 15, 参考图 13 所示, 激光二极管 15 用于产生光载波, 这样基于第一波导 11 的调制器可以将第二电极对 111 上的电信号调制至第一波导 11 中的光载波, 形成光信号, 基于第三波导 13 的调制器可以将第一电极对 131 上的电信号调制至第三波导 13 中的光载波, 形成光信号。其中, 激光二极管 15 的材料包括 III-V 族化合物, 例如氮化镓等。

本申请实施例中, 芯片还包括位于基底 10 一侧的半导体光放大器 (Semiconductor Optical Amplifier, SOA), 用于对发光二极管发出的光进行放大, 或对经过调制的光信号进行放大。其中, 半导体光放大器的材料包括 III-V 族化合物, 例如氮化镓等。

本申请实施例中, 在无源波导的基础上, 可以集成基于第一波导 11 的调制器、基于第三波导 13 的调制器中的至少一种, 还可以集成光电探测器 14、激光二极管 15、半导体光放大器中的至少一种, 从而可以得到收发一体的光通信芯片, 实现大规模混合集成发射机和接收机的光芯片, 例如集成相干发射机和接收机 (integrated coherent transmitter and receiver, ICTR) 的光芯片。

本申请实施例提供了一种芯片, 芯片可以包括基底, 位于基底一侧的绝缘层, 以及绝缘层中的第一波导和第二波导, 第二波导位于第一波导的背离基底的一侧, 第一波导具有电光效应, 第二波导的传输损耗低于第一波导的传输损耗, 这样第一波导可以作为有源器件中的一部分, 可以利用第一波导进行电光调制, 第二波导可以作为无源器件, 利用第二波导进行光信号的传输, 可以实现低损耗的无源器件, 第一波导的第一耦合部和第二波导的第二耦合部构成第一耦合结构, 第一耦合结构用于实现第一波导和第二波导之间的光耦合, 因此可以利用第一波导和第二波导实现有源器件和无源器件的集成, 且集成后的芯片中无源器件具有较好的传输特性且有源器件可以实现电光调制, 相比于仅包括第一波导或仅包括第二波导的芯片而言, 集成后的芯片可以同时具有更小的损耗以及更加多样化的功能, 拓宽芯片的应用场景, 在一定程度上提升包括光芯片的光通信系统的性能。

基于以上实施例提供的一种芯片, 本申请实施例还提供了一种光通信设备, 包括所述的芯片。光通信设备例如光模块, 光模块可以为相干通信模块、短距通信模块等, 光模块

可以包括前述的芯片和用于固定光纤阵列的光纤阵列单元 (fiber array unit, FAU), 利于前述的芯片和光纤阵列的连接。光模块和转换 (switch) 芯片形成光交换机, 光交换机可以用于大规模数据中心不同层面服务器之间的数据交换, 提高带宽同时大幅降低交换网络走线造成的额外能耗。

5 参考图 14 所示, 为本申请实施例提供的一种光通信系统的结构示意图, 所述的芯片一端连接光纤, 光纤用于光信号的传输, 另一端连接转换芯片, 转换芯片用于电信号的处理和生成。

10 在所述的芯片包括调制器时, 光通信设备可以和输出光纤连接, 在对待调制光信号进行调制后, 可以通过输出光纤发出调制后的光信号。待调制光信号可以通过芯片外的光源提供, 也可以通过芯片中的发光部件提供, 发光部件例如可以为激光二极管。

 在所述的芯片包括光电探测器时, 光通信设备可以和输入光纤连接, 在接收到来自光纤的光信号后, 光电探测器可以基于光信号产生相应的电信号, 以便对电信号进行处理。

15 转换芯片可以包括驱动 (driver) 模块, 驱动模块与调制器连接, 用于提供调制信号, 以便调制器利用调制信号对待调制光信号进行调制, 将作为电信号的调制信号加载到待调制光信号上。转换芯片还可以包括跨阻放大器 (trans-impedance amplifier, TIA), 跨阻放大器与光纤探测器连接, 用于对光电探测器产生的电信号进行放大。

20 光通信数字信号处理 (optical digital signal process, oDSP) 模块, oDSP 模块与驱动模块连接, 用于控制驱动模块生成调制信号, oDSP 模块可以与跨阻放大器连接, 用于控制跨阻放大器对电信号进行放大, 同时对经过放大的电信号进行处理。

 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述, 各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可, 每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。

25 以上为本申请的具体实现方式。应当理解, 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

30

权 利 要 求

- 1.一种芯片，其特征在于，包括：
基底；
位于所述基底的一侧的绝缘层；
- 5 所述绝缘层中的第一波导和第二波导；所述第二波导位于所述第一波导的背离所述基底的一侧；所述第一波导具有电光效应，所述第二波导的传输损耗小于所述第一波导的传输损耗；
 所述第一波导的第一耦合部和所述第二波导的第二耦合部构成第一耦合结构，所述第一耦合结构用于实现所述第一波导和所述第二波导之间的光耦合。
- 10 2.根据权利要求1所述的芯片，其特征在于，所述第一波导的材料为硅，所述第二波导的材料为氮化硅。
- 3.根据权利要求1或2所述的芯片，其特征在于，还包括：
 所述绝缘层中的第三波导，所述第三波导位于所述第二波导的背离所述基底的一侧；
 所述第三波导的电光调制效率高于所述第一波导的电光调制效率；所述第一波导的第三耦
- 15 合部和所述第三波导的第四耦合部构成第二耦合结构，用于实现所述第一波导和所述第三波导之间的光耦合。
- 4.根据权利要求1或2所述的芯片，其特征在于，还包括：
 所述绝缘层中的第三波导，所述第三波导位于所述第二波导的背离所述基底的一侧；
 所述第三波导的电光调制效率高于所述第一波导的电光调制效率；所述第一波导的第五耦
- 20 合部、所述第二波导的第六耦合部和所述第三波导的第七耦合部构成第三耦合结构，所述第三耦合结构用于实现所述第二波导和所述第三波导之间的光耦合。
- 5.根据权利要求3或4所述的芯片，其特征在于，所述第三波导的材料为铌酸锂、磷化铟或铌酸钽。
- 6.根据权利要求3-5任一项所述的芯片，其特征在于，还包括：
 所述绝缘层中的位于所述第三波导两侧的第一电极对。
- 25 7.根据权利要求3-6任一项所述的芯片，其特征在于，所述第二波导和第三波导之间的绝缘层厚度范围为[200nm, 550nm]。
- 8.根据权利要求1-7任一项所述的芯片，其特征在于，还包括：
 所述绝缘层中的光电探测器，所述光电探测器通过掺杂结构与层间互连结构连接，所述
- 30 掺杂结构为具有掺杂元素的半导体层；所述半导体层和所述第一波导的材料一致；所述掺杂结构与所述基底的距离和所述第一波导与所述基底的距离一致。
- 9.根据权利要求8所述的芯片，其特征在于，所述光电探测器的背离所述基底的表面和所述基底的表面的距离，小于所述第二波导的背离所述基底的表面和所述基底的表面的距离。
- 35 10.根据权利要求9所述的芯片，其特征在于，所述光电探测器在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围为[200 nm, 350 nm]。
- 11.根据权利要求1-10任一项所述的芯片，其特征在于，还包括：

所述绝缘层中的位于所述第一波导两侧的第二电极对。

12.根据权利要求 2-11 任一项所述的芯片，其特征在于，所述第二波导的氮化硅材料中氢含量小于或等于 10%。

5 13.根据权利要求 1-12 任一项所述的芯片，其特征在于，所述第二波导的传输损耗小于或等于 0.5dB/cm。

14.根据权利要求 1-13 任一项所述的芯片，其特征在于，所述第二波导在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围[300nm, 400nm]。

15. 根据权利要求 1-14 任一项所述的芯片，其特征在于，第一波导和第二波导之间的绝缘层在垂直所述基底的表面的方向上的尺寸范围为[40nm, 100nm]。

10 16.一种光通信设备，其特征在于，包括如权利要求 1-15 任一项所述的芯片。