

说明书

发明名称: 偏振控制装置及光学系统

[0001] 本申请要求于2023年9月6日提交中国专利局、申请号为202322411337.9、发明名称为“偏振控制装置及光学系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本申请涉及集成光学领域，特别是涉及一种偏振控制装置及光学系统。

背景技术

[0003] 偏振控制是光学系统的基本需求。目前，可商用的偏振控制装置多为自由空间型。然而，集成光学的发展需要集成的偏振控制装置。

[0004] 在相关技术中，典型的集成偏振控制装置基于硅波导形成，例如可以由多个硅波导偏振旋转器和多个硅波导偏振相移器交替连接构成。如此，硅波导偏振旋转器可以对光的偏振态进行转换，以获得两种不同偏振光，而硅波导偏振相移器可以对前述两种不同偏振光之间的相对相位差进行调节。

[0005] 然而，硅波导偏振相移器一般依赖于加热器进行相位调节。由于加热器对硅波导内前述两种不同偏振光折射率的改变较为接近，因此，往往需要较大的热量或较长尺寸的硅波导才能实现目标相位差。但是，较大的热量不利于偏振控制装置长期工作，容易影响偏振控制装置的可靠性和耐久性，而较长尺寸的硅波导容易降低偏振控制装置所在光学系统的光学带宽，不利于提升光学系统的光学性能。

实用新型内容

[0006] 基于此，有必要针对上述技术问题，提供一种偏振控制装置及光学系统，可以获得较短的波导长度并避免在较大热量条件下工作，从而有利于提升偏振控制装置的集成度、可靠性和耐久性。

[0007] 一方面，本申请实施例提供了一种偏振控制装置，设置于衬底之上，该偏振控制装置包括：偏振相移器、输入偏振旋转器以及输出偏振旋转器；其中，偏振

相移器包括：偏振相移结构、输入转换结构和输出转换结构。偏振相移结构包括第一波导、第一电极以及第二电极，第一波导沿第一方向延伸并分别设有输入端和输出端；第一电极和第二电极位于第一波导两侧；偏振相移结构被配置为：基于第一波导的线性电光效应在第一电极和第二电极的控制下调节第一波导中光波的相位。输入转换结构包括第二波导；第二波导分别设有输入端和输出端，第二波导的输出端与第一波导的输入端相耦接；输入转换结构被配置为：将第二波导中的光波耦入至第一波导中。输出转换结构包括第三波导；第三波导分别设有输入端和输出端，第三波导的输入端与第一波导的输出端相耦接；输出转换结构被配置为：将第一波导中调节相位后的光波耦出至第三波导中。输入偏振旋转器分别设有输入端和输出端，输入偏振旋转器的输出端与第二波导的输入端相耦接；输入偏振旋转器被配置为：将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至第二波导中。输出偏振旋转器分别设有输入端和输出端，输出偏振旋转器的输入端与第三波导的输出端相连接，被配置为：对第三波导中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。

[0008] 本申请实施例中，偏振控制装置包括：偏振相移器、输入偏振旋转器以及输出偏振旋转器。其中，偏振相移器包括：偏振相移结构、输入转换结构和输出转换结构。该偏振相移器可以通过输入转换结构实现第二波导和第一波导之间的光波传输，并基于偏振相移结构中第一波导的线性电光效应调节第一波导中光波的相位，再通过输出转换结构实现第一波导和第三波导之间的光波传输。如此，于第一波导两侧分别设置第一电极和第二电极。能够利用第一波导的线性电光效应，通过调整施加于第一电极和第二电极上的电压，便捷、准确地调整施加于第一波导中的电场，从而可以对第一波导中光波的相位进行准确调整，以避免依赖于加热器进行相位调节，从而可以有效缩短第一波导的长度，并避免偏振相移器在较大热量条件下工作，进而提升偏振控制装置的可靠性和耐久性。

[0009] 而在第二波导的输入端耦接输入偏振旋转器，可以利用输入偏振旋转器将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波后再分别传输至第二波导中

，从而方便于后续偏振相移器能够对第一偏振态光波和第二偏振态光波的相位差进行调节，以获得包含不同比例的不同偏振态光波。

- [0010] 并且，在第三波导的输出端设置输出偏振旋转器，可以利用输出偏振旋转器来对第三波导中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。如此，偏振控制装置可以便于根据实际需要，对应输出包含不同比例的不同偏振态光波，以满足多种使用需求，从而提高了偏振控制装置的通用性。
- [0011] 在一些实施例中，输入偏振旋转器包括输入波导。其中，输入波导与第二波导为一体结构。
- [0012] 本申请实施例中，输入偏振旋转器中的输入波导与第二波导可以为一体结构。如此，输入波导和第二波导可以基于相同的工艺同步制备，有利于提高偏振控制装置的集成度。
- [0013] 在一些实施例中，输出偏振旋转器包括输出波导。其中，输出波导与第三波导为一体结构。
- [0014] 本申请实施例中，输出偏振旋转器中的输出波导与第三波导可以为一体结构。如此，输出波导和第三波导可以基于相同的工艺同步制备，有利于提高偏振控制装置的集成度。
- [0015] 在一些实施例中，偏振控制装置还包括输出相移器。输出相移器分别设有输入端和输出端，输出相移器的输入端与输出偏振旋转器的输出端相耦接。输出相移器被配置为：调节输出偏振旋转器所输出光波的相位。
- [0016] 本申请实施例中，输出相移器可以调整输出偏振旋转器所输出的光波，例如第一偏振态光波和第二偏振态光波的相位，并使得二者之间形成任意的相位差，从而实现对第一偏振态光波和第二偏振态光波比例的任意调节，进而使得第一偏振态光波和第二偏振态光波被处理成包括任意偏振态的光波，进一步拓宽了本申请提供的偏振控制装置所能输出的光波类型范围。
- [0017] 在一些实施例中，偏振控制装置还包括输入相移器。输入相移器分别设有输入端和输出端，输入相移器的输出端与输入偏振旋转器的输入端连接。输入相移器被配置为：调节输入偏振光波的相位，并将调节相位后的输入偏振光波传输至输入偏振旋转器。

- [0018] 本申请实施例中，输入相移器可以调节输入偏振光波的相位，例如可以将包含任意偏振态光波处理为包含第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将所获得的第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至输入偏振旋转器。以便于继续对第一偏振态光波和第二偏振态光波进行偏振旋转、相位差调整等后续处理。进一步拓宽了本申请提供的偏振控制装置所能处理的光波类型范围。
- [0019] 在一些实施例中，第一波导的材料包括：X切割型铌酸锂。
- [0020] 在一些实施例中，第二波导和/或第三波导的材料包括：硅基材料。
- [0021] 在一些实施例中，输入波导和/或输出波导的材料包括：硅基材料。
- [0022] 在一些实施例中，偏振控制装置还包括：下包层以及上包层，其中，下包层位于衬底之上；上包层覆盖下包层背离衬底一侧表面。
- [0023] 在一些实施例中，偏振相移器、输入偏振旋转器、输出偏振旋转器、输出相移器以及输入相移器均位于下包层和上包层之间。
- [0024] 以上实施例中，偏振控制装置包括层叠设置于衬底之上的下包层和上包层。偏振相移器、输入偏振旋转器、输出偏振旋转器、输出相移器以及输入相移器还均设置于下包层和上包层之间。如此，本申请所提供的偏振相移器可以借助较为成熟的硅-光集成工艺制备。使得本申请所提供的偏振相移器可以具备较好集成性，并且可以取得与相关技术中应用广泛的硅基光学器件之间的良好兼容性。
- [0025] 另一方面，本申请实施例提供了一种光学系统，包括上述一些实施例中所述的偏振控制装置。
- [0026] 本申请实施例提供的光学系统，具有如前述一些实施例中所述的偏振控制装置相同的技术优势，此处不再详述。

附图说明

- [0027] 为了更清楚地说明本申请实施例或传统技术中的技术方案，下面将对实施例或传统技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0028] 图1为一些实施例中提供的一种偏振控制装置的结构示意图；

- [0029] 图2为图1所示的偏振控制装置的立体结构示意图；
- [0030] 图3为一些实施例中提供的一种输入偏振旋转器的结构示意图；
- [0031] 图4为图5所示结构沿A-A方向以及B-B方向的剖面示意图；
- [0032] 图5为一些实施例中提供的另一种偏振控制装置的结构示意图；
- [0033] 图6为一些实施例中提供的又一种偏振控制装置的结构示意图；
- [0034] 图7为一些实施例中提供的一种偏振相移结构的剖面示意图；
- [0035] 图8为图7所述结构沿C-C方向的剖面示意图；
- [0036] 图9为一些实施例中提供的一种输入转换结构的结构示意图；
- [0037] 图10为图9所述结构中第二波导与相耦接的第一波导在衬底上的正投影示意图；
- [0038] 图11为一些实施例中提供的一种输出转换结构的结构示意图；
- [0039] 图12为图11所述结构中第三波导与相耦接的第一波导在衬底上的正投影示意图。
- [0040] 附图标记说明：
- [0041] 1-偏振控制装置，11-偏振相移器，111-偏振相移结构，112-输入转换结构，113-输出转换结构，1111-第一波导，1112-第一电极，1113-第二电极，1121-第二波导，1131-第三波导，1141-第四波导，1151-第五波导，12-输入偏振旋转器，121-输入波导，13-输出偏振旋转器，131-输出波导，14-输出相移器，141-输出相移结构，142-第三转换结构，143-第四转换结构，15-输入相移器，151-输入相移结构，152-第一转换结构，153-第二转换结构，16-衬底；17-下包层，18-上包层，19-连接焊盘，H1-电极引出孔，A1-输入区，A2-偏振旋转区，A3-输出区。

具体实施方式

- [0042] 为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的实施例。但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使本申请的公开内容更加透彻全面。

- [0043] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在限制本申请。
- [0044] 需要说明的是，当一个元件被认为是“连接”另一个元件时，它可以是直接连接到另一个元件，或者通过居中元件连接另一个元件。此外，以下实施例中的“连接”，如果被连接的对象之间具有电信号或数据的传递，则应理解为“电连接”、“通信连接”等。
- [0045] 在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。同时，在本说明书中使用的术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。
- [0046] 本申请一实施例提供一种偏振控制装置，请参阅图1至图2。该偏振控制装置1设置于衬底16之上，该偏振控制装置1包括：偏振相移器11、输入偏振旋转器12以及输出偏振旋转器13；其中，偏振相移器11包括：偏振相移结构111、输入转换结构112和输出转换结构113。偏振相移结构111包括第一波导1111、第一电极1112以及第二电极1113，第一波导1111沿第一方向（例如X方向）延伸；第一电极1112和第二电极1113位于第一波导1111两侧；偏振相移结构111被配置为：基于第一波导1111的线性电光效应在第一电极1112和第二电极1113的控制下调节第一波导1111中光波的相位。输入转换结构112包括第二波导1121和与所述第二波导1121光连接的第四波导1141；第四波导1141与第一波导1111为相互连接在一起的一根波导，也就是第四波导1141与第一波导1111为同一根波导的不同部分；输入转换结构112被配置为：将第二波导1121中的光波耦入至第一波导1111中。输出转换结构113包括第三波导1131和与所述第三波导1131相光耦合连接的第五波导1151；第五波导1151与第一波导1111为相互连接在一起的一根波导，也就是第四波导1141、第五波导1151与第一波导1111为同一根波导的不同部分；输出转换结构113被配置为：将第一波导1111中调节相位后的光波耦出至第三波导1131

中。输入偏振旋转器12与第二波导1121相光连接；输入偏振旋转器12被配置为：将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至第二波导1121中。输出偏振旋转器13与第三波导1131相光连接，被配置为：对第三波导1131中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。

- [0047] 此处，波导的线性电光效应指的是波导可以响应于外部施加电场的变化，能够线性地改变自身折射率的光学特性。基于波导折射率的改变，进入波导中的光波，例如，横电波（Transverse Electric，简称TE波）或者横磁波（Transverse Magnetic，简称TM波）的相位也会发生改变。
- [0048] 本申请实施例中，该偏振相移器11可以通过输入转换结构112实现第二波导1121和第一波导1111之间的光波传输，并基于偏振相移结构111中第一波导1111的线性电光效应调节第一波导1111中光波的相位，再通过输出转换结构113实现第一波导1111和第三波导1131之间的光波传输。如此，于第一波导1111两侧分别设置第一电极1112和第二电极1113。能够利用第一波导1111的线性电光效应，通过调整施加于第一电极1112和第二电极1113上的电压，便捷、准确地调整施加于第一波导1111中的电场，从而可以对第一波导1111中光波的相位进行准确调整，以避免依赖于加热器进行相位调节，从而可以有效缩短第一波导1111的长度，并避免偏振相移器11在较大热量条件下工作，进而提升偏振控制装置1的可靠性和耐久性。
- [0049] 将第二波导1121的输入端耦接输入偏振旋转器12，可以利用输入偏振旋转器12将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波。第一偏振态光波和第二偏振态光波例如是TE波和TM波。之后再将第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至第二波导1121中，从而方便于后续偏振相移器11能够对第一偏振态光波和第二偏振态光波的相位差进行调节，以获得包含不同比例的第一偏振态和第二偏振态的光波。
- [0050] 并且，在第三波导1131的输出端设置输出偏振旋转器13，可以利用输出偏振旋转器13来对第三波导1131中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。如此，偏振控制装置1可以便于根据实际需要，对应输出包含不同

比例的不同偏振态光波，以满足多种使用需求，从而提高了偏振控制装置1的通用性。

[0051] 在一些示例中，第一波导1111的材料包括：X切割型铌酸锂。第二波导1121和第三波导1131的材料可以为硅或者氮化硅。

[0052] 可选地，第一波导1111的线性电光系数包括： $n_{TE0}^3 r_{33} - n_{TM0}^3 r_{13}$ ， $r_{33} = 30\text{pm/v}$ ， $r_{13} = 7.5\text{pm/v}$ ；其中， n_{TE0} 表示波导对TE模式光波的折射率； n_{TM0} 表示波导对TM模式光波的折射率； r_{33} 表示铌酸锂薄膜晶体的电光系数在电光系数矩阵（3,3）元上的分量； r_{13} 表示铌酸锂薄膜晶体的电光系数在电光系数矩阵（1,3）元上的分量。

[0053] 基于此，本申请实施例提供的偏振控制装置1可以利用第一波导1111所具备的线性电光效应，通过改变施加于第一电极1112和第二电极1113上电压而线性的改变第一波导1111的折射率，从而可以线性的改变第一波导1111中光波的相位，也即，外部施加电压与第一波导1111的折射率之间具备线性的变化关系。进而可以对进入第一波导1111中的光波的相位进行线性的调节，大大提升了相位调节的准确度和便捷性。

[0054] 并且，第一波导1111对于不同偏振态光，例如TE波和TM波，还分别具有较大差异的线性电光系数。如此，偏振控制装置1可以通过对第一波导1111施加较小的电压，便可以使得进入第一波导1111中的TE波和TM波之间产生预设的相位差，从而可以不必设置较长的波导长度。

[0055] 在一些示例中，衬底16可以为硅衬底、氧化硅衬底或者氮化硅衬底。

[0056] 在一些实施例中，第一电极1112和第二电极1113均可以包括条形电极。

[0057] 在一些示例中，第二波导1121与第一波导1111的端部可以通过垂直于衬底16厚度方向采用绝热耦合的方式耦接在一起。如此，经由第二波导1121输入的光波可以通过输入转换结构112以较低的损耗被耦入至第一波导1111中，以利于偏振相移结构111对输入的光波进行相位调整。

[0058] 在一些实施例中，第二波导1121和/或第三波导1131的材料包括：硅基材料。

- [0059] 同样，第三波导1131与第一波导1111的端部采用绝热耦合的方式耦接在一起。如此，经过偏振相移结构111处理后的光波可以通过输出转换结构113以较低的损耗被耦入至第三波导1131中。继而，该光波还可以被传输至其他波导/器件中。
- [0060] 请继续参阅图1和图2，在一些实施例中，偏振控制装置1还包括输入偏振旋转器12。输入偏振旋转器12分别设有输入端和输出端，输入偏振旋转器12的输出端与第二波导1121的相耦接。输入偏振旋转器12被配置为：将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至第二波导1121中。从而便于后续偏振相移器11能够对第一偏振态光波和第二偏振态光波的相位差进行调节，以获得包含不同比例的不同偏振态光波。
- [0061] 在一些实施例中，输入偏振旋转器12可以对输入偏振光波，例如TE波或者TM波的偏振角度进行旋转，使得一部分输入偏振光波的模式发生转换，从而将TM波或TE波转换为所需比例的TM波和TE波。
- [0062] 请继续参阅图2，在一些实施例中，输入偏振旋转器12包括输入波导121。其中，输入波导121与第二波导1121为一体结构。也就是说，输入波导121和第二波导1121可以基于相同的工艺同步制备，有利于简化制作流程。
- [0063] 在一些实施例中，输入波导和/或输出波导的材料包括：硅基材料。
- [0064] 请参阅图3和图4，在一些可能的实施方式中，输入偏振旋转器12中的输入波导121可以被划分为依次连接的输入区A1、偏振旋转区A2以及输出区A3。其中，输入波导121的输入区A1和输出区A3在第二方向（例如Y方向，与第一方向相垂直）上的截面形状为矩形；偏振旋转区A2在第二方向（例如Y方向）上的截面形状为L形。如此，输入的偏振光波例如TE波，从输入区A1进入并传输至偏振旋转区A2时，由于输入波导121的截面形状从对称的矩形突变为非对称的L形，导致一部分TE波发生模式杂化，并被转化为TM波，从而可以从输出区A3对外输出包含一定比例的TE波和TM波；或者，输入的TM波，从输入区A1进入并传输至偏振旋转区A2时，由于输入波导121的截面形状从对称的矩形突变为非对称的L形，导致一部分TM波发生模式杂化，并被转化为TE波，从而可以从输出区A3对外输出包含一定比例的TE波和TM波。

- [0065] 请继续参阅图1和图2，在一些实施例中，偏振控制装置1还包括输出偏振旋转器13。输出偏振旋转器13分别设有输入端和输出端，输出偏振旋转器13的输入端与第三波导1131的输出端相连接。输出偏振旋转器13被配置为：对第三波导1131中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。
- [0066] 本申请实施例中，在第三波导1131的输出端设置输出偏振旋转器13，可以利用输出偏振旋转器13来对第三波导1131中的第一偏振态光波和第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。如此，前述偏振相移器11所输出的包括任意比例的第一偏振态光波和第二偏振态光波（例如TE波和TM波）被传输至输出偏振旋转器13中，输出偏振旋转器13可以对包括任意比例的两种偏振态光波进一步地进行预设比例的偏振态转换，并对应输出包含不同比例的不同偏振态光波，以满足多种使用需求，从而提高了偏振控制装置1的通用性。
- [0067] 请继续参阅图2，在一些实施例中，输出偏振旋转器13包括输出波导131。其中，输出波导131与第三波导1131为一体结构。如此，输出波导131和第三波导1131可以基于相同的工艺同步制备，有利于提高偏振控制装置1的集成度。
- [0068] 请结合图2至图4理解，在一些可能的实施方式中，输出偏振旋转器13中的输出波导131可以同输入波导121的结构相同。也即，输出波导131也可以被划分为依次连接的输入区A1、偏振旋转区A2以及输出区A3。其中，输入区A1和输出区A3在Y方向上的截面形状为矩形，偏振旋转区A2在Y方向上的截面形状为L形。如此，输出偏振旋转器13可以将从偏振相移器11中获得的包括一定比例的TE波和TM波进一步处理成包括预设比例的TE波和TM波。
- [0069] 以下一些实施例中，还通过继续对相关器件的优化设置，分别拓宽了偏振控制装置1可输出的光波类型范围以及其可接受的输入光波类型范围。
- [0070] 请参阅图5，在一些实施例中，偏振控制装置1除了包括图1所示的结构外还包括输出相移器14。输出相移器14分别设有输入端和输出端，输出相移器14的输入端与输出偏振旋转器13的输出端相耦接。输出相移器14被配置为：调节输出偏振旋转器13所输出光波的相位。
- [0071] 请继续参阅图5，在一些实施例中，输出相移器14包括：输出相移结构141、与输出相移结构141输入端相耦接的第三转换结构142以及与输出相移结构141输出

端相耦接的第四转换结构143。其中，输出相移结构141与偏振相移结构111的结构相同。第三转换结构142和输入转换结构112的结构相同。第四转换结构143与输出转换结构113的结构相同。并且，第三转换结构142中的第二波导1121与输出偏振旋转器13中的输出波导131类型相同，或者可以连接为一体结构。输出相移结构141与偏振相移结构111可以在偏振控制装置1中邻近设置，这样，可以在做混合集成时可以在硅衬底中集成一块不同类型的铌酸锂衬底就可以同时实现做成几个铌酸锂波导的效果。也就是说，将输出相移结构141与偏振相移结构111设置在集成芯片的邻近位置，可以共用一块铌酸锂衬底，这样，一块铌酸锂衬底可以做成两个相移结构。从而节省工艺流程，元件布局时可以通过连接输出相移结构141与偏振相移结构111之间的一段弯曲波导来实现。

[0072] 本申请实施例中，输出相移器14可以调整输出偏振旋转器13所输出的光波，例如第一偏振态光波和第二偏振态光波的相位，并使得二者之间形成任意的相位差，从而可以对第一偏振态光波和第二偏振态光波的比例进行任意调节，进而可以获得包括任意偏振态的光波，进一步拓宽了本申请提供的偏振控制装置1所能输出的光波类型范围。

[0073] 请继续参阅图5，需要说明的是，本申请一些实施例中所提供的各器件之间通过波导（例如第一波导、第二波导或者第三波导）连接。各波导的布置形态不限于沿着某一方向延伸，还可以是匹配于偏振控制装置1的布置空间而相应弯曲地进行布置。

[0074] 请参阅图6，在一些实施例中，偏振控制装置1除了包括图5所示的结构外还包括输入相移器15。输入相移器15分别设有输入端和输出端，输入相移器15的输出端与输入偏振旋转器12的输入端连接。输入相移器15被配置为：调节输入偏振光波的相位，并将调节相位后的输入偏振光波传输至输入偏振旋转器12。

[0075] 请继续参阅图6，在一些实施例中，输入相移器15包括：输入相移结构151、与输入相移结构151输入端相耦接的第一转换结构152以及与输入相移结构151输出端相耦接的第二转换结构153。其中，输入相移结构151与偏振相移结构111的结构相同。第一转换结构152和输入转换结构112的结构相同。第二转换结构153与

输出转换结构113的结构相同。并且，第二转换结构153中的第三波导1131与输入偏振旋转器12中的输入波导121类型相同，或者可以连接为一体结构。

- [0076] 本申请实施例中，输入相移器15可以调节输入偏振光波的相位，例如可以将包含任意偏振态光波处理为包含第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将所获得的第一偏振态光波和第二偏振态光波传输至输入偏振旋转器12。以便于继续对第一偏振态光波和第二偏振态光波进行偏振旋转、相位差调整等后续处理。进一步拓宽了本申请提供的偏振控制装置1所能处理的光波类型范围。
- [0077] 请继续参阅图2，在一些实施例中，偏振控制装置1还包括：下包层17和上包层18。其中，下包层17位于衬底16之上；上包层18覆盖下包层17背离衬底16一侧表面。
- [0078] 需要说明的是，为了能够更为清楚的示出位于上包层18下方的其他膜层/器件，在一些附图中(例如图2、图4、图9、图11以及图12)对上包层18做了透明化处理。
- [0079] 在一些示例中，下包层17以及上包层18可以包括折射率较低的材料，以确保下包层17和上包层18均可以与设置于上包层18及下包层17之间的其他光学器件（例如偏振相移器11）之间具备较大的折射率差异。如此，可以将光波限制在光学器件中传输，以避免出现光波泄露或者传输损耗等不良缺陷。
- [0080] 在一些示例中，下包层17以及上包层18可以包括氧化硅层或者多晶硅层。
- [0081] 在一些实施例中，偏振相移器11、输入偏振旋转器12、输出偏振旋转器13、输出相移器14、输入相移器15以及位于各器件中的波导均可以对应地设置于下包层17和上包层18之间。
- [0082] 在一些示例中，输入偏振旋转器12中的输入波导121具有与下包层17以及上包层18均不相同的材料。可选地，输入波导121可以包括硅材料。
- [0083] 在一些示例中，输出偏振旋转器13中的输出波导131具有与下包层17以及上包层18均不相同的材料。可选地，输出波导131可以包括硅材料。
- [0084] 以上实施例中，设置偏振相移器11、输入偏振旋转器12、输出偏振旋转器13、输入相移器14以及输出相移器15均位于下包层17和上包层18之间。如此，本申请所提供的偏振控制装置1可以借助较为成熟的硅光集成工艺制备。使得本申请所

细则 91,
13.06.202.

提供的偏振控制装置1可以具备较佳的集成性。并且可以获得与相关技术中应用广泛的硅基光学器件之间的良好兼容性。进一步拓宽了偏振控制装置1的适用范围。

- [0085] 请参阅图7和图8，在一些实施例中，上包层18具有电极引出孔H1，以分别暴露出第一电极1112和第二电极1113。偏振控制装置1还包括：设置于电极引出孔H1内的连接焊盘19。连接焊盘19与第一电极1112、第二电极1113分别对应相电性连接。如此，可以便于外部控制电路（图中未示出）通过连接焊盘19分别对第一电极1112和第二电极1113施加控制电压，进而可以改变第一波导1111中的电场特性，从而可以调整第一波导1111的折射率。
- [0086] 请参阅图9至图12，在一些实施例中，各转换结构中波导与相耦接的不同类型波导层叠且二者于衬底16厚度方向上的正投影至少部分重叠。以下以输入转换结构112和输出转换结构113为例分别进行说明。
- [0087] 请参阅图9和图10，在一些实施例中，输入转换结构112中的第二波导1121与相耦接的第一波导1111之间层叠且第二波导1121和第一波导1111在衬底16上的正投影至少部分重叠。如此，位于第二波导1121中的光波可以被逐渐释放到相耦接的第一波导1111中，并有效避免光波在耦合过程中发生模式突变。如此，降低了输入转换结构112中光波的传输损耗并提高了耦合效率。
- [0088] 请参阅图11和图12，在一些实施例中，输出转换结构113中的第三波导1131与相耦接的第一波导1111之间层叠且第三波导1131和第一波导1111在衬底16上的正投影至少部分重叠。如此，位于第一波导1111中光波可以被逐渐释放到相耦接的第三波导1131中的，并有效避免光波在耦合过程中发生模式突变。如此，降低了输出转换结构113中光波的传输损耗并提高了耦合效率。
- [0089] 在一些实施例中还提供了一种光学系统，包括上述实施例中所述的偏振控制装置1。
- [0090] 在一些可能的实施方式中，光学系统可以为光开关。包含偏振控制装置1的光开关可以设置于光通讯网络的节点区域，实现对光通讯网络中光波的光信号交换、光信号互联等功能。

- [0091] 在一些可能的实施方式中，光学系统可以为光调制解调器。包含偏振控制装置1的光调制解调器可以设置于光通讯线路中，也可以设置于光通讯终端设备中，实现光通讯传输、光信号处理以及光信号接入等功能。
- [0092] 本申请实施例提供的光学系统，具有与前述偏振控制装置1相同的技术优势，此处不再详述。
- [0093] 在本说明书的描述中，参考术语“有些实施例”、“其他实施例”、“理想实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特征包含于本实用新型的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性描述不一定指的是相同的实施例或示例。
- [0094] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。
- [0095] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对实用新型范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

[权利要求 1]

一种偏振控制装置，其特征在于，设置于衬底之上，所述偏振控制装置包括：

偏振相移器；其中，所述偏振相移器包括：

偏振相移结构，包括第一波导、第一电极以及第二电极；所述第一波导沿第一方向延伸并分别设有输入端和输出端；所述第一电极和所述第二电极位于所述第一波导两侧；所述偏振相移结构被配置为：基于所述第一波导的线性电光效应在所述第一电极和所述第二电极的控制下调节所述第一波导中光波的相位；

输入转换结构，包括第二波导；所述第二波导分别设有输入端和输出端，所述第二波导的输出端与所述第一波导的输入端相耦接；所述输入转换结构被配置为：将所述第二波导中的光波耦入至所述第一波导中；

输出转换结构，包括第三波导；所述第三波导分别设有输入端和输出端，所述第三波导的输入端与所述第一波导的输出端相耦接；所述输出转换结构被配置为：将所述第一波导中调节所述相位后的光波耦出至所述第三波导中；

输入偏振旋转器；所述输入偏振旋转器分别设有输入端和输出端，所述输入偏振旋转器的输出端与所述第二波导的输入端相耦接；所述输入偏振旋转器被配置为：将输入偏振光波转换为第一偏振态光波和第二偏振态光波，并将所述第一偏振态光波和所述第二偏振态光波传输至所述第二波导中；

输出偏振旋转器；所述输出偏振旋转器分别设有输入端和输出端，所述输出偏振旋转器的输入端与所述第三波导的输出端相连接，被配置为：对所述第三波导中的所述第一偏振态光波和所述第二偏振态光波进行预设比例的偏振态转换。

[权利要求 2]	根据权利要求1所述的偏振控制装置，其特征在于，所述输入偏振旋转器包括输入波导；其中，所述输入波导与所述第二波导为一体结构。	
[权利要求 3]	根据权利要求1所述的偏振控制装置，其特征在于，所述输出偏振旋转器包括输出波导；其中，所述输出波导与所述第三波导为一体结构。	
[权利要求 4]	根据权利要求2或3所述的偏振控制装置，其特征在于，还包括： 输出相移器，所述输出相移器分别设有输入端和输出端，所述输出相移器的输入端与所述输出偏振旋转器的输出端相耦接；所述输出相移器被配置为：调节所述输出偏振旋转器所输出光波的相位。	
[权利要求 5]	根据权利要求4所述的偏振控制装置，其特征在于，还包括： 输入相移器，所述输入相移器分别设有输入端和输出端，所述输入相移器的输出端与所述输入偏振旋转器的输入端连接；所述输入相移器被配置为：调节所述输入偏振光波的相位，并将调节相位后的所述输入偏振光波传输至所述输入偏振旋转器。	
[权利要求 6]	根据权利要求1所述的偏振控制装置，其特征在于，所述第一波导的材料包括：X切割型铌酸锂。	
[权利要求 7]	根据权利要求4所述的偏振控制装置，其特征在于，所述第二波导和/或所述第三波导的材料为硅或氮化硅。	
[权利要求 8]	根据权利要求7所述的偏振控制装置，其特征在于，所述输入偏振旋转器包括输入波导；所述输出偏振旋转器包括输出波导；其中，所述输入波导与所述第二波导为一体结构；所述输出波导与所述第三波导为一体结构； 所述输入波导和/或所述输出波导的材料为硅或氮化硅。	细则 91, 13.06.2024
[权利要求 9]	根据权利要求8所述的偏振控制装置，其特征在于，还包括： 下包层，位于所述衬底之上； 上包层，覆盖所述下包层背离所述衬底一侧表面；	细则 91, 13.06.2024

其中，所述偏振相移器、所述输入偏振旋转器、所述输出偏振旋转器、所述输出相移器以及输入相移器均位于所述下包层和所述上包层之间。

[权利要求 10]

一种光学系统，其特征在于，包括如权利要求1~9中任一项所述的偏振控制装置。