

一种光接收机

本申请要求于 2022 年 4 月 15 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202210399439.0、
申请名称为“一种光接收机”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
5 请中。

技术领域

本申请涉及光通信技术领域，尤其涉及一种光接收机。

10 背景技术

凭借高速率等优势，10 吉比特每秒无源光网络（10 gigabit per second passive optical network, 10G PON）的市场规模逐渐扩大。在 10G PON 中、或者在更高速率或者其他光通信网络中，如何在性能不变的前提下降低光器件的成本，是业界的研究热点。

在 10G PON 领域中，目前一般采用雪崩光电二极管（avalanche photon diode, APD）
15 作为光通信设备的接收前端，以求达到更优的性能。但 APD 存在一定的工艺复杂性，且成本较高。

发明内容

本申请实施例提供一种光接收机，用以提供一种基于低成本的光电探测器，可以保障
20 光接收机性能的技术方案。

第一方面，提供一种光接收机。该光接收机至少可以包括光电二极管、跨阻放大单元、控制单元、一个或多个自动增益控制器。所述控制单元至少可以包括一个或多个控制子单元；所述控制子单元至少可以包括：一个或多个电感、与所述一个或多个电感并联耦合的场效应晶体管。所述跨阻放大单元与所述控制单元可以串联耦合为第一支路；所述第一支路
25 的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号。各所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，各所述自动增益控制器的输出端耦合至所述对应的控制子单元包含的所述场效应晶体管的栅极。其中，所述自动增益控制器，用于为所述场效应晶体管的栅极输出电压信号；所述输出电压信号用于改变所述场效应晶体管的电流导通能力。

该光接收机中，通过在光接收机中包含的电感处并联耦合场效应晶体管；并且，场效应晶体管的栅极通过接收自动增益控制器的输出电压信号，可以实现在接收不同的输出电压信号时具有不同的电流导通能力。因此，本申请提供的光接收机可以实现在电感接收的输入信号增大时，随着自动增益控制器的输出电压变化，使得场效应晶体管的栅极电压变化，进而可以在栅极电压达到一定信号阈值时引起场效应晶体管的旁路短路效应；换言之，可以降低场效应晶体管的漏源电阻。这样，通过场效应晶体管在高输入信号的场景下降低

场效应晶体管的漏源电阻，可以减轻光接收机中可能存在的信号裂化等问题，降低或避免信号传输过程中可能发生的振铃现象/振荡现象。

在一种可能的设计中，所述第一支路的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端，可以为所述跨阻放大单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，向所述控制单元传输信号；所述控制单元的输出端耦合至所述光接收机的输出端；或者还可以为所述控制单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，向所述跨阻放大单元传输信号；所述跨阻放大单元的输出端耦合至所述光接收机的输出端。可以理解，本申请提供的光接收机不限定跨阻放大单元与控制单元串联耦合之后，与其他元件的耦合顺序。

该设计中，光接收机中包含的电感可以实现对电信号的带宽的提升，光接收机包含的跨阻放大单元可以实现对电信号的放大，故此本申请提供的光接收机不限定提升带宽和放大信号的先后顺序，可以根据实际应用场景进行设置。

在一种可能的设计中，所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，包括以下场景：（1）若所述跨阻放大单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述自动增益控制器的输入端耦合至所述对应的控制子单元的输出端；换言之，在光接收机中，所述跨阻放大单元设置于所述控制单元之前。（2）若所述控制单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述自动增益控制器的输入端耦合至所述对应的控制子单元的输出端；或者，所述自动增益控制器的输入端通过所述跨阻放大单元，耦合至所述对应的控制子单元的输出端。换言之，在光接收机中，所述跨阻放大单元设置于所述控制单元之后。

该设计中，自动增益控制器的输入端通过获取需要控制的控制子单元的输出端之后的任一节点的信号，均可以实现对需要控制的控制子单元的信号峰值的自动调节，可避免由于电感的谐振发生过度峰值，从而可以保障光接收机的接收性能。

在一种可能的设计中，所述光接收机还可以包括第二支路；所述第二支路可以包括以下器件中的一种或组合：一个或多个放大单元、一个或多个缓冲单元。所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端，包括：所述第一支路的输出端通过所述第二支路，耦合至所述光接收机的输出端。所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，包括：所述自动增益控制器的输入端通过所述第二支路中包括的放大单元或缓冲单元中的一个或多个，耦合至所述对应的控制子单元的输出端。

该设计中，若光接收机还包括其他一个或多个元件，自动增益控制器的输入端也可以通过获取需要控制的控制子单元的输出端之后的任一节点的信号，均可以实现对需要控制的控制子单元的信号峰值的自动调节，可避免由于电感的谐振发生过度峰值，从而可以保障光接收机的接收性能。

在一种可能的设计中，若所述控制单元包括第一控制子单元；所述第一控制子单元包括的一个或多个电感耦合在所述光电二极管的输出端与所述光接收机的输出端之间的传输链路中；或者，所述第一控制子单元包括的一个或多个电感耦合在任一所述放大单元、或任一所述缓冲单元内部。可以理解，本申请提供的光接收机中，不限定控制子单元耦合在光接收机中的耦合方式。

在一种可能的设计中，若所述场效应晶体管为基于 N 沟道的场效应晶体管，所述基于

N 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号负相关；若所述场效应晶体管为基于 P 沟道的场效应晶体管、所述自动增益控制器还包括反相器，所述基于 P 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号正相关。

- 5 该设计中，通过基于不同类型的场效应晶体管的特性，可以适应性地应用于光接收机中，以作为电感的并联可变阻抗；换言之，场效应晶体管可以实现电流导通能力的变换。因此，可以实现对光接收机中的信号峰值的自动调节，避免由于电感的谐振发生过度峰值，从而可以保障光接收机的接收性能。

10 在一种可能的设计中，所述自动增益控制器接收来自所述对应的控制子单元的输出端之后的任一节点的单端信号或者差分信号。

在一种可能的设计中，若所述控制单元包括多个控制子单元；第一控制子单元包括的电感数量和第二控制子单元包括的电感数量相同或者不同；其中，所述第一控制子单元、所述第二控制子单元为所述多个控制子单元中的任意两个。

- 15 在一种可能的设计中，不同的自动增益控制器对应不同的控制子单元；或者不同的自动增益控制器对应相同的控制子单元。该设计中，多个自动增益控制器可以实现单独对控制子单元的控制，也可以实现共同对控制子单元的控制，从而可实现不同场景下为控制子单元适配不同的自动增益控制器，以提升对控制子单元的调整准确度。

- 20 在一种可能的设计中，若存在不同的自动增益控制器对应相同的控制子单元，所述不同的自动增益控制器的输入端分别耦合至所述相同的控制子单元的输出端之后的不同节点位置。该设计中，不同的自动增益控制器可取自需要控制的控制子单元之后的信号路径中的不同节点的不同电压，以实现基于不同节点的信号特性对控制子单元进行更精准的峰值调控。

- 25 在一种可能的设计中，至少一个所述自动增益控制器的输出端还耦合至所述跨阻放大单元的输入端；其中，所述自动增益控制器，还用于对所述跨阻放大单元进行跨阻增益的调节。该设计中，本申请提供的光接收机中，对场效应晶体管的电流导通能力的调节的一种可能的实现方式可以为，复用光接收机中对跨阻放大单元进行增益调节的自动增益控制器，也可以通过新增独立的自动增益控制器实现。

在一种可能的设计中，所述多个控制子单元串联耦合。

- 30 在一种可能的设计中，所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端。可选的，所述第一支路的输出端可以直接耦合至所述光接收机的输出端。另一可选的，所述第一支路的输出端也可以通过一个或多个其他元件间接耦合至所述光接收机的输出端。

第二方面，本申请实施例还提供一种光通信设备，可以包括如第一方面或第一方面中任一可能的设计所介绍到的光接收机，一个或多个处理器。其中，所述一个或多个处理器用于接收来自所述光接收机传输的数据报文并处理。

- 35 由于上述第二方面中的光通信设备包括上述第一方面中各个设计的光接收机，因此也具有上述第一方面中各个设计可以带来的技术效果，这里不再重复赘述。

附图说明

图 1 为一种光通信系统的场景示意图；
图 2 为一种光接收机的结构示意图；
图 3a 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示意图；
图 3b 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之一；
5 图 4a 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之二；
图 4b 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之三；
图 5a 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之四；
图 5b 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之五；
图 6a 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之六；
10 图 6b 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示例图之七；
图 7a 为本申请实施例示出的一种光接收机 300 的信号示意图；
图 7b 为本申请实施例示出的一种光接收机 300 的另一信号示意图；
图 8 为本申请实施例示出的一种光接收机 300 的又一信号示意图。

15 具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行详尽描述。

本申请实施例提供的光接收机可以应用于光通信系统中，光通信系统例可以是 PON 系统。PON 系统是一种基于点到多点（point 2 multiple point, P2MP）通信技术。例如，PON 系统可以是以以太网无源光网络（ethernet PON, EPON）系统、吉比特无源光网络
20 （gigabit-capable PON, GPON）系统、基于波分复用的无源光网络（wavelength division multiplexing PON, WDM PON）系统、基于异步传输模式的无源光网络（asynchronous transfer mode PON, APON）系统等。

作为一种可能的应用场景示例，图 1 为一种光通信系统的部分场景示意图。PON 系统 100 中至少可以包括一个或多个光网络终端（optical network terminal, ONT）或光网络单元
25 （optical network unit, ONU）、和分光器 120。为了便于描述，本文中使用 ONT 统指 ONT 或 ONU。若存在多个 ONT，多个 ONT 可以通过分光器 120 实现与更上层的接入设备进行通信，更上层的接入设备例如可以是光线路终端（optical line termination, OLT）110。例如，图 1 中，PON 系统 100 包含的多个 ONT 可以分别为 ONT 131、ONT 132、...、ONT 13n。每个 ONT 可以与多个用户连接，比如 ONT 131 可以连接用户 1 和用户 2；或者 ONT
30 也可以与一个用户连接，比如，ONT 132 可以连接用户 3，ONT 13n 可以连接用户 m。这样，OLT 110 可为 PON 系统 100 提供网络侧接口；ONT 可作为光通信系统中用户侧的终端设备，可以为用户提供业务接口，具有电光转换功能，以实现用户与接入网之间的信号转换过程。

结合背景技术中介绍的内容，APD 凭借具有倍增层的特性，通常被作为光通信设备（如
35 ONT, OLT 或其它光通信系统中的光处理或光传输设备）的接收前端，以求达到更优的接收性能。然而 APD 存在一定的工艺复杂性，成本较高。因此，如何在性能不变的前提下降低光器件的成本，是业界的研究热点。

有鉴于此，本申请实施例提供了一种光接收机。考虑采用光电二极管等光电探测器代

替 APD, 作为光通信设备的接收前端。并且, 为保障光接收机在信号传输过程中的传输带宽, 通过在光接收机包含的传输链路 (或称为 “信号路径”) 中串联耦合电感, 以实现基于电感的谐振特性, 达到提升信号带宽。以及, 为保障光接收机的接收性能, 还可通过在光接收机包含的电感处并联耦合场效应晶体管; 并且, 场效应晶体管的栅极通过接收自动增益控制器的输出电压信号, 可以实现在接收不同的输出电压信号时具有不同的电流导通能力, 以实现对经过电感之后信号的峰值调节。

因此, 本申请提供的光接收机可以实现在电感接收的输入信号增大时, 随着自动增益控制器的输出电压变化, 使得场效应晶体管的栅极电压变化, 进而可以在栅极电压达到一定信号阈值时引起场效应晶体管的旁路短路效应。换言之, 本申请提供的光接收机可以实现在电感接收的输入信号增大时, 可以降低场效应晶体管的漏源电阻。这样, 通过场效应晶体管在高输入信号的场景区降低场效应晶体管的漏源电阻, 可以减轻电感中可能存在的信号裂化等问题, 降低或避免信号传输过程中可能发生的振铃现象/振荡现象。

需要说明的是, 光电二极管等光电探测器相比于 APD, 由于缺少倍增层, 在对光信号进行光电转换之后输出的电流信号较小。在光电探测器输出的光电转换之后的电流较小的场景下, 若需要光接收机仍然可达到较优的接收性能 (例如光接收机输出的电压信号通常需要达到固定范围), 光接收机中包含的跨阻放大器通常需要补偿更大的增益。此时, 当来自光电探测器的输入信号较大时, 可能存在由于补偿过大而导致的过度信号峰值, 从而导致光接收机的性能大大降低。例如, PIN 型 (主要包含 P 区、N 区以及在 P 区与 N 区之间生成的 I 型层) 的光电二极管相对于 APD, 光电转换之后的电流大约小 8~10 倍, 如果采用 PIN 的光接收机想要达到与采用 APD 的光接收机达到相同或类似的性能, 采用 PIN 的光接收机需要补偿 8~10 倍的增益。这样, 在输入信号较大时, 可能导致信号裂化等问题, 从而导致跨阻放大器无法实现稳定工作, 降低光接收机对光信号的接收性能。

图 2 为一种光接收机的示例图。光接收机可以用于光通信系统中 ONT 对光信号的接收, 并实现将光信号转换为电信号, 从而实现信号传输。通常, 光接收机至少可以包括:

1) 光电探测器, 用于接收光信号, 并将光信号转换为电信号; 例如光电探测器可以为图 2 中的光电二极管 (photodiode, PD)。在为光电二极管提供偏置电压 (假设通过 V_{pd} 来表示) 之后, 若提供的偏置电压大于或等于光电二极管正常工作的阈值电压 (假设通过 V_{th} 来表示) 时, 也即 $V_{pd} \geq V_{th}$ 时, 光电二极管可以进行正常工作。其中, V_{pd} 可以通过 PD 的 N 极提供给 PD, 用于驱动 PD 正常工作; 经过 PD 处理之后产生的电信号可以通过 PD 的 P 极进行输出, 例如传输给下一级的跨阻放大器等。

2) 跨阻放大器 (trans-impedance amplifier, TIA), 主要用于对来自光电探测器的电流信号进行放大, 以转换为电压信号。其中, TIA 通常可以至少包括跨阻放大单元。在 TIA 中, 电流信号可以通过跨阻放大单元进行放大; 其中, 跨阻放大单元可以至少包括并联耦合的反馈电阻单元 (如图 2 中的 R_f) 和前置放大器单元 (如图 2 中的放大器)。

并且, 为了进一步提升光接收机中传输信号的带宽, 还可以通过在信号路径中串联耦合电感 (如图 2 中的 L_S), 这样电信号可以通过电感的谐振作用, 进一步提升电信号的带宽。需要说明的是, 电感可以集成在 TIA 内部, 或者也可以设置在 TIA 外部、与 TIA 属于光接收机中相互独立的两个部分, 本申请对此不进行限定。

此外，在 TIA 中，通常还可以包括自动增益控制器（automatic gain control, AGC）；其中，AGC 可以接收 LS 之后任意节点位置的电压信号，并根据所述电压信号实现对跨阻放大单元中的增益和/或反馈电阻进行调整。另外，可以理解，TIA 还可以包括一级或多级缓冲单元，和/或其他一级或多级放大单元，图 2 中未示出。

5 通过图 2 示出的示例，来自光电二极管的电流信号，进入跨阻放大器之后，可以进行放大和带宽增加，以得到电压信号。在光接收机需要达到相近的输出电压信号范围时，若光电二极管输出的光电转换之后的电流信号越小，则跨阻放大器中的跨阻放大单元需要提供的跨阻增益越大，从而可能会导致得到的电压信号传输的带宽减小，进而可以通过电感实现对电信号的带宽进行提升。可以理解，在跨阻放大单元提供的跨阻增益因子以及电感提供的带宽提升因子较大时，若来自光电二极管的输入电流信号过载时，由于电感的谐振作用可能会导致过度峰值，从而引发传输信号的振铃现象或振荡现象，使得信号传输不稳定，导致光接收机的接收性能大大降低。其中，所述过度峰值可以理解为在某些信号频点位置上，若输入电流信号过载时，且进一步发生了谐振，则会发生这些频点位置的增益非常高，引起过度峰值。

15

为便于理解，以下结合公式 1 至公式 3 来说明本申请提供的光接收机的工作原理，如下：

$$\frac{V_{out}}{I_{in}} = -\frac{A}{A+1} * \frac{R_f}{1 + \frac{R_f * C_d}{A+1} * S} \quad \text{公式 1}$$

20 其中，在公式 1 中， V_{out} 可表示光接收机的输出电压； I_{in} 可表示光电探测器输出的光电转换之后的电流信号； A 可表示跨阻放大单元的增益； R_f 可表示反馈电阻单元的反馈电阻； C_d 可表示光电探测器的寄生电容； S 可表示角频率，可表示为 $j\omega$ 。

$$I_{in} = P * M * R \quad \text{公式 2}$$

25 在公式 2 中， P 可表示为入射光功率。 M 可表示为光电探测器的倍增因子；例如，对于 APD 来说，因为具有倍增层， M 大于 1；而对于 PD 来说，由于不具有倍增层， $M=1$ 。 R 可表示光电探测器的响应度。

根据以上公式 1 和公式 2 可以得到，若要达到采用不同类型的光电探测器的 V_{out} 相同或相近，在光电探测器输出的 I_{in} 较小的场景下，则需要设置较大的 R_f 。

进一步的，以下公式 3 示出的为光接收机的信号带宽的计算方式，如下：

$$BW_{3dB} = \frac{1}{2\pi} * \frac{\sqrt{2A(A+1)}}{R_f * C_d} \quad \text{公式 3}$$

30 在公式 3 中， BW_{3dB} 表示电信号的带宽。根据以上公式 3 可以得到，在 I_{in} 较小时，若设置较大的 R_f ，虽然可以实现光接收机输出的 V_{out} 与 I_{in} 较大时相同或相近。然而，这也会导致信号的传输带宽降低，从而也会影响光接收机对信号的传输效率。

35 虽然 APD 由于具有倍增层，可以具有较优的接收性能，但存在成本较高的问题。本申请提供的光接收机可采用较低成本的光电二极管作为光电探测器。而采用较低成本的光电探测器作为光接收机时，可能会导致信号的传输带宽降低等问题，本申请提供的光接收机可采用信号路径中串联耦合电感，以达到提升信号带宽。虽然可以通过电感实现对带宽的提升，然而在跨阻放大器的输入信号过大时，由于高频电感的谐振等作用，可能会导致过度峰值，引起信号裂化的问题，从而会降低光接收机的接收性能。

因此，在采用较低成本的光电探测器作为光接收机的场景下，如何保证信噪比不裂化、避免光接收机的信号带宽降低等问题，本申请实施例提供一种光接收机，可以实现在输入信号过载时，可以降低或避免基于高频电感所导致的高频峰值的问题。图 3a 为本申请实施例提供的一种光接收机 300 的示意图。本申请实施例提供的光接收机 300，可以至少包括：

A、光电二极管 310，用于接收光信号，并将光信号转换为电信号；例如光电二极管可以为 PIN 型（主要包含 P 区、N 区以及在 P 区与 N 区之间生成的 I 型层）的光电二极管或其他类型的光电转换单元，本申请对此不进行限定。此外，光电二极管通常需要稳压器等器件来提供偏置电压，从而可以实现光电二极管在偏置电压的驱动下正常工作。

10 B、跨阻放大单元 321，通常可以包括并联耦合的反馈电阻单元和前置放大器单元。

C、控制单元 322，其中，跨阻放大单元 321 可与控制单元 322 串联耦合，假设串联耦合为第一支路。示例性的，在图 3a 示出的光接收机 300 中，第一支路的输入端可以接收来自所述光电二极管 310 的输出信号。以及，第一支路的输出端可以耦合至所述光接收机 300 的输出端；可选的，第一支路的输出端可以直接耦合至所述光接收机 300 的输出端；另一可选的，所述第一支路的输出端也可以通过下一级单元 330 或者其他一个或多个元件间接耦合至所述光接收机 300 的输出端。

示例性的，如图 3b 所示，控制单元 322 可以集成在跨阻放大器 320 内部；或者控制单元 322 还可以与跨阻放大器 320 进行独立设置，例如控制单元 322 可以耦合在光电二极管 310 与跨阻放大器 320 之间；或者又例如控制单元 322 还可耦合在跨阻放大器 320 与下一级单元 330 之间。需要说明的是，本申请以下实施例中主要以控制单元 322 集成在跨阻放大器 320 的内部作为示例进行介绍，但本申请实施时并不限定控制单元 322 与跨阻放大器 320 之间的耦合关系。

另外，需要说明的是，本申请实施例提供的光接收机 300 中也并不限定第一支路在信号路径中的耦合方式。换言之，所述第一支路的耦合方式可以为，跨阻放大单元 321 的输入端耦合至光电二极管 310 的输出端，然后所述跨阻放大单元 321 的输出端再与控制单元 322 的输入端进行串联耦合，如图 3b 示出的示例。或者，所述第一支路的耦合方式也可以为，控制单元 322 的输入端耦合至光电二极管 310 的输出端，然后所述控制单元 322 的输出端再与所述跨阻放大单元 321 的输入端进行串联耦合。

其中，所述控制单元 322 至少可以包括一个或多个控制子单元；若存在多个控制子单元，所述多个控制子单元可以通过串联耦合方式连接；例如图 3b 中示出的控制子单元 3221 至控制子单元 322n，所述 n 为正整数。可选的，m 可以等于 n，以实现每个自动增益控制器分别对不同的控制子单元进行控制；或者，m 也可以小于 n，其中可以存在任一自动增益控制器分别对多个不同的控制子单元进行控制；又或者，m 也可以大于 n，其中可以存在多个自动增益控制器对相同的控制子单元进行控制，本申请对比不作限定。

进一步的，任一控制子单元可以包括：一个或多个电感、以及与所述一个或多个电感并联耦合的场效应晶体管。例如，控制子单元 3221 可以包括一个电感 3221a、以及与电感 3221a 并联耦合的半导体场效应管 3221b。或者，又例如，控制子单元 322n 可以包括电感 322na1 和电感 322na2、以及与电感 322na1 和电感 322na2 的支路并联耦合的半导体场效应管 322nb。

可选的，任一所述控制子单元包括的一个或多个电感可以独立设置于光电二极管 310 的输出端与光接收机 300 的输出端之间的传输链路中。另一可选的，若所述光接收机 300 还包括一个或多个放大单元/缓冲单元，任一所述控制子单元包括的一个或多个电感还可以耦合在任一所述放大单元或任一所述缓冲单元内部。需要说明的是，不同的控制子单元的耦合方式可以不同，例如第一控制子单元可以耦合在传输链路中，而第二控制子单元可以耦合在放大单元/缓冲单元内部，本申请对此不进行限定。

另外，若所述控制单元 322 包括多个控制子单元；第一控制子单元包括的电感数量和第二控制子单元包括的电感数量可以相同、或者也可以不同，本申请对此不进行限定；其中，所述第一控制子单元、所述第二控制子单元为所述多个控制子单元中的任意两个。

D、一个或多个自动增益控制器（automatic gain control, AGC）323（例如图 3b 中的 AGC 323i 至 AGC 323m）。

一种可选的示例中，各所述 AGC 323 的输入端可以分别耦合至对应的控制子单元的输出端、各所述 AGC 323 的输出端可以分别耦合至所述跨阻放大单元 321 的输入端和各所述场效应晶体管的栅极。例如，AGC 323i 的输入端耦合至控制单元 322 的输出端；AGC 323i 的输出端一路可耦合至跨阻放大单元 321 的输入端，用于对跨阻放大单元 321 进行跨阻增益的调节；AGC 323i 的输出端另一路可耦合至控制子单元 322i 中包含的场效应晶体管 322ib 的栅极，用于对控制子单元 322i 的高频峰值进行调节。可以理解，基于 AGC 323i 实现对控制子单元 322i 进行调节，所述 AGC 323i 的输入信号可以取自控制子单元 322i 的输出端之后的任一节点位置的信号。这样，AGC 323i 可以检测信号路径中一些节点位置的电压信号，进而根据检测到的电压信号一方面对跨阻放大单元进行跨阻增益的调节，另一方面对基于高频电感所导致的高频峰值进行调节。

另一可选的示例中，光接收机中对跨阻放大单元的跨阻增益进行调节以及对基于高频电感所导致的高频峰值进行调节，还可以通过不同的 AGC 来分别实现。示例性的，在光接收机中，还可以存在第一类 AGC 的输出端耦合至跨阻放大单元的输入端，以达到对跨阻放大单元的跨阻增益进行调节；第二类 AGC 的输出端耦合至场效应晶体管的栅极，以达到对基于高频电感所导致的高频峰值进行调节；以及第三类 AGC 的输出端不仅可耦合至跨阻放大单元的输入端并且还可耦合至场效应晶体管的栅极，以不仅达到对跨阻放大单元的跨阻增益进行调节并且对基于高频电感所导致的高频峰值进行调节。需要说明的是，本申请实施例中主要以第三类 AGC 作为示例进行介绍。

另外，不同的 AGC 可以用于控制不同的控制子单元，例如图 3b 中的 AGC 323i 对控制子单元 322i 进行控制，AGC 323m 对控制子单元 322n 进行控制。或者，不同的 AGC 还可以用于控制相同的控制子单元，例如可以存在两个或更多个 AGC 共同控制相同的控制子单元；可选的，不同的 AGC 的输入信号可取自信号路径中的不同节点处的电压信号，以达到根据信号路径中的多处节点的电压信号特性对控制子单元进行峰值调节。

从图 3b 中可以得知，TIA 320 的输出信号可以通过下一级单元 330 继续进行传输。可以理解下一级单元 330 可以为光接收机 300 包括的其他任意元件，例如限幅放大单元或其他缓冲单元等，本申请对此不进行限定。另外，TIA 320 的信号路径中也可以通过一个或多个其他元件实现各单元/器件之间的耦合，本申请对此也不进行限定。

此外，AGC 可以接收来自信号路径中的单端信号；或者还可以接收来自信号路径中的

差分信号，本申请对此不进行限定。

一种可能的实施例中，基于前述介绍到的光接收机的各元件的连接关系，为便于理解，以下首先以控制单元 322 中包含一个电感作为示例进行介绍。图 4a 为本申请实施例提供的又一种光接收机 300 的示例图。在该示例中，所述跨阻放大单元 321 的输入端可以接收来自光电二极管 310 的电信号，电信号在跨阻放大单元 321 可以进行增益放大。然后，电感 3221a 的输入端可以接收来自跨阻放大单元 321 的增益放大之后的电信号，实现带宽增加。可以理解，串联耦合的电感 3221a 和跨阻放大单元 321 在信号路径中的耦合方式可以进行变换，本申请对此不再赘述。

示例性的，AGC 3231 的输入信号可以取自电感 3221a 的输出端，如图 4a 示出的 V1。

另一示例性的，若跨阻放大单元 321 串联耦合在电感 3221a 之后，AGC 3231 的输入信号不仅可以取自电感 3221a 的输出端，也可以取自跨阻放大单元 321 的输出端。

又一可选的示例中，若在控制电路 322 之后，光接收机 300 或者 TIA 320 还包括以下器件中的一种或组合：至少一个放大单元、至少一个缓冲单元；AGC 3231 的输入信号还可以取自电感 3221a 之后的任一所述放大单元或任一所述缓冲单元的输出端。例如，图 4b 为本申请实施例示出的为另一种光接收机 300 的示例图。假设 TIA 320 还包括级联的缓冲单元/放大单元 3241 至缓冲单元/放大单元 324p，则 AGC 3231 的输入信号可以取自 V1 至 Vp 中的任一信号；以及，假设光接收 300 还包括级联的缓冲单元/放大单元 324p+1 至缓冲单元/放大单元 324q，则 AGC 3231 的输入信号还可以取自 Vp+1 至 Vq 中的任一信号。可以理解，由于 AGC 3231 可以实现对基于高频电感所导致的高频峰值进行调节，因此 AGC 3231 的输入信号可以取自待调节的电感所在控制子单元之后的信号路径中任一节点的电信号。

其中，AGC 3231 的工作原理可以为：当 TIA 320 的输入信号较小时，AGC 3231 的输入信号也较小，此时若 AGC 3231 的输入信号未达到工作信号阈值，则 AGC 3231 处于关闭状态。也即，AGC 3231 还未向场效应晶体管 3221b 栅极输出电压信号，此时场效应晶体管 3221b 相当于开路，也无需对电感进行峰值调节。

然而，随着 TIA 320 的输入信号的增加，AGC 3231 的输入信号也逐步增大，此时 AGC 3231 达到工作信号阈值之后开始进行工作。也即，AGC 3231 会向场效应晶体管 3221b 栅极输出电压信号，此时，场效应晶体管 3221b 栅极输入信号的增加，会导致场效应晶体管 3221b 的漏源电阻降低。例如，随着漏源电阻的降低至一定阈值，会逐渐引起场效应晶体管 3221b 的旁路短路效应，可以实现将电信号更大能力地通过场效应晶体管 3221b 所在支路继续传输，而无需通过电感 3221a 所在支路，避免进行谐振，从而可以避免在 TIA 320 的输入信号过载时，由于电感 3221a 的作用导致振铃现象/振荡现象。并且，在 TIA 320 的输入信号未过载时，场效应晶体管 3221b 也不会影响电感 3221a 所在支路原本可以对电信号进行的提升带宽的作用。

示例性的，各控制子单元包含的场效应晶体管可以为基于 N 沟道的场效应晶体管（例如 NFET 的 MOSFET）、或还可以为基于 P 沟道的场效应晶体管（例如 PFET 的 MOSFET）。

可选的，若所述场效应晶体管为基于 N 沟道的场效应晶体管，所述基于 N 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号负相关，也即随着所述自动增益控制器的输出电压信号增大、所述基于 N 沟道的场效应晶体管的电流导通能力降低，

或者随着所述自动增益控制器的输出电压信号减小、所述基于 N 沟道的场效应晶体管的电流导通能力升高。这样，在 TIA 320 的输入信号的逐渐增大，场效应晶体管 3221b 开始工作时，可以实现信号路径中的电信号逐渐由通过电感 3221a 传输变换为通过场效应晶体管 3221b 继续传输。并且，在 TIA 320 的输入信号的逐渐减小，可以实现信号路径中的电信号逐渐由场效应晶体管 3221b 传输逐渐恢复为通过电感 3221a 继续传输。可以理解，在电信号逐渐变换传输路径过程中，电信号可以通过电感 3221a 所在支路和场效应晶体管 3221b 所在支路并联传输。

另一可选的，若所述场效应晶体管为基于 P 沟道的场效应晶体管，所述基于 P 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号正相关，也即随着所述自动增益控制器的输出电压信号减小、所述基于 P 沟道的场效应晶体管的电流导通能力降低，或者随着所述自动增益控制器的输出电压信号增大、所述基于 P 沟道的场效应晶体管的电流导通能力升高。可以理解，由于基于 P 沟道的场效应晶体管的工作原理为在栅极信号较低时电流导通能力较低，为了实现在信号过载时电信号通过基于 P 沟道的场效应晶体管进行传输，所述自动增益控制器还可以包括反相器，通过反相器可以实现本申请光接收机需要达到的传输效果，具体实现方式可参阅基于 N 沟道的场效应晶体管的实现过程，在此不再赘述。

另一种可能的实施例中，基于前述介绍到的光接收机的各元件的连接关系，控制单元 322 中还可以包含多个电感。图 5a 为本申请实施例提供的又一种光接收机 300 的示例图。在该示例中，所述跨阻放大单元 321 的输入端可以接收来自光电二极管 310 的电信号，电信号在跨阻放大单元 321 可以进行增益放大。然后，电感 3222a1~3222ax 的级联支路的输入端可以接收来自跨阻放大单元 321 的增益放大之后的电信号，实现带宽多级增加。可以理解，电感 3222a1~3222ax 和跨阻放大单元 321 的先后顺序也可以进行互换，本申请对此不再赘述。这样，多级电感可以通过一组场效应晶体管和 AGC 进行峰值的共同调节。可以理解，本申请实施例中的电信号可以包括电流信号和电压信号，在跨阻放大单元 321 之前，信号路径中可理解为传输的为电流信号，在跨阻放大单元 321 之后，信号路径中可理解为传输的为电压信号。

并且，该实施例中的 AGC 3232 的输入信号可以取自电感 3222ax 的输出端之后的任一节点位置。例如，AGC 3232 的输入信号可以取自图 5a 中的 V1。又例如，如图 5b 示出的内容，若 TIA 320/光接收机 300 还包括一个或多个缓冲单元/放大单元，则 AGC 3232 的输入信号还可以取自 V1 至 Vq 中的任一信号。

可以理解，图 5a 示出的光接收机的工作原理与图 4a 中类似，图 5b 示出的光接收机的工作原理与图 4b 中类似，具体实现过程可参阅前述实施例中介绍的内容，在此不再赘述。

又一种可能的实施例中，基于前述介绍到的光接收机的各元件的连接关系，控制单元 322 中还可以包含多个电感，以及多个电感可以分为至少一个子支路，每个子支路中可以分别并联有场效应晶体管。图 6a 为本申请实施例提供的又一种光接收机 300 的示例图。在该示例中，所述跨阻放大单元 321 的输入端可以接收来自光电二极管 310 的电信号，电信号在跨阻放大单元 321 可以进行增益放大。然后，电感 3223a 可以与场效应晶体管 3223b 并联

耦合, 并且场效应晶体管 3223b 的栅极接收 AGC 3233 的输出电压信号; 以及, 电感 3224a 可以与场效应晶体管 3224b 并联耦合, 并且场效应晶体管 3224b 的栅极接收 AGC 3234 的输出电压信号。这样, 每级电感可以分别通过不同的场效应晶体管和 AGC 进行峰值的调节, 从而可以实现精准调节。

5 并且, 该实施例中的 AGC 3233 的输入信号可以取自电感 3223a 的输出端之后的任一节点位置; AGC 3234 的输入信号可以取自电感 3224a 的输出端之后的任一节点位置。例如, AGC 3233 的输入信号可以取自图 6a 中的 V11; AGC 3234 的输入信号可以取自图 6a 中的 V12。又例如, 如图 6b 示出的内容, 若 TIA 320/光接收机 300 还包括一个或多个缓冲单元/放大单元, 则 AGC 3233 的输入信号还可以取自 V11 至 Vq 中的任一信号; AGC 3234 的输入信号还可以取自 V12 至 Vq 中的任一信号。

可以理解, 图 6a 示出的光接收机的工作原理与图 4a 中类似、图 6b 示出的光接收机的工作原理与图 4b 中类似, 具体实现过程可参阅前述实施例中介绍的内容, 在此不再赘述。

为更好地理解本申请实施例提供的光接收机基于低成本的光电探测器的接收性能, 以下通过图 7a、图 7b 以及图 8 示出的实验结果来作进一步说明。其中, 图 7a 为本申请实施例示出的一种光接收机 300 的信号示意图。图 7a 示出的为在光接收机中包含的电感未并联耦合的场效应晶体管的场景, 在此场景中, AGC 可以对信号路径中的低频或者直流增益进行降低, 但是无法消除由于输入信号过载而导致的高频峰值, 例如图 7a 中在信号频率为 10^{10} 附近存在的过大的峰值幅度。图 7b 示出的为在光接收机中包含的电感并联耦合的场效应晶体管的场景, 在此场景中, AGC 的输出电压信号可以对场效应晶体管的电流导通能力进行改变, 在跨阻放大器的输入信号较大时, AGC 可以输出使得场效应晶体管的电流导通能力变大的输出电压信号, 从而可以消除由于输入信号过载而导致的高频峰值, 例如相比于图 7a, 图 7b 中在信号频率为 10^{10} 附近存在的峰值幅度有所降低。

此外, 图 8 为本申请实施例示出的一种光接收机 300 的另一信号示意图。图 8 示出在场效应晶体管的电流导通能力不同时, 信号的跨阻增益频率响应情况。由此可得到, 在场效应晶体管的电流导通能力较大时, 基于信号路径中的信号更大能力地从场效应晶体管所在支路进行传输, 从而可以避免通过电感所在支路而导致高频峰值。并且, 场效应晶体管可以对高频信号的峰值幅度进行调整, 而不会影响低频率信号的峰值幅值, 从而可以保证光接收机的接收性能。

30

本申请实施例还提供一种光通信设备, 可以包括如前述各实施例中所介绍到的光接收机、一个或多个处理器。其中, 所述一个或多个处理器用于接收来自所述光接收机传输的数据报文并处理。

需要说明的是, 在本申请的描述中“至少一个”是指一个或多个, 其中, 多个是指两个或两个以上。鉴于此, 本申请实施例中也可以将“多个”理解为“至少两个”。“和/或”, 描述关联对象的关联关系, 表示可以存在三种关系, 例如, A 和/或 B, 可以表示: 单独存在 A, 同时存在 A 和 B, 单独存在 B 这三种情况。另外, 字符“/”, 如无特殊说明, 一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。另外, 需要理解的是, 在本申请的描述中, “第一”、“第二”等词汇, 仅用于区分描述的目的, 而不能理解为指示或暗示相对重要性, 也不能

35

理解为指示或暗示顺序。

需要指出的是，本申请实施例中“耦合”可以理解为电连接，两个电学元件耦合可以是两个电学元件之间的直接或间接耦合。例如，A 与 B 连接，既可以是 A 与 B 直接耦合，也可以是 A 与 B 之间通过一个或多个其它电学元件间接耦合，例如 A 与 B 耦合，也可以是
5 A 与 C 直接耦合，C 与 B 直接耦合，A 与 B 之间通过 C 实现了耦合。在一些场景下，“耦合”也可以理解为连接。

在本申请的各个实施例中，如果没有特殊说明以及逻辑冲突，不同的实施例之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用，不同的实施例中的技术特征根据其内在的逻辑关系可以组合形成新的实施例。

10 在本申请中，“示例的”一词用于表示作例子、例证或说明。本申请中被描述为“示例”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。或者可理解为，使用示例的一词旨在以具体方式呈现概念，并不对本申请构成限定。

可以理解的是，在本申请中涉及的各种数字编号仅为描述方便进行的区分，并不用来限制本申请的实施例的范围。上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过
15 程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定。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。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。

20 尽管结合具体特征及其实施例对本申请进行了描述，显而易见的，在不脱离本申请的精神和范围的情况下，可对其进行各种修改和组合。相应地，本说明书和附图仅仅是所附权利要求所界定的方案进行示例性说明，且视为已覆盖本申请范围内的任意和所有修改、变化、组合或等同物。

显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本申请实施例的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范
25 围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求 书

1.一种光接收机，其特征在于，包括：光电二极管、跨阻放大单元、控制单元、一个或多个自动增益控制器；

5 所述控制单元包括一个或多个控制子单元；所述控制子单元包括：一个或多个电感、与所述一个或多个电感并联耦合的场效应晶体管；

所述跨阻放大单元与所述控制单元串联耦合为第一支路；所述第一支路的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号；

各所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，各所述自动增益控制器的输出端耦合至所述对应的控制子单元包含的所述场效应晶体管的栅极；其中，

10 所述自动增益控制器，用于为所述场效应晶体管的栅极输出电压信号；所述输出电压信号用于改变所述场效应晶体管的电流导通能力。

2.根据权利要求1所述的光接收机，其特征在于，所述第一支路的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端；包括：

15 所述跨阻放大单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，向所述控制单元传输信号；所述控制单元的输出端耦合至所述光接收机的输出端；或者，

所述控制单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，向所述跨阻放大单元传输信号；所述跨阻放大单元的输出端耦合至所述光接收机的输出端。

20 3.根据权利要求2所述的光接收机，其特征在于，所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，包括：

若所述跨阻放大单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述自动增益控制器的输入端耦合至所述对应的控制子单元的输出端；

25 若所述控制单元的输入端接收来自所述光电二极管的输出信号，所述自动增益控制器的输入端耦合至所述对应的控制子单元的输出端；或者，所述自动增益控制器的输入端通过所述跨阻放大单元，耦合至所述对应的控制子单元的输出端。

4.根据权利要求1或2所述的光接收机，其特征在于，所述光接收机还包括第二支路；所述第二支路包括以下器件中的一种或组合：一个或多个放大单元、一个或多个缓冲单元；

30 所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端，包括：所述第一支路的输出端通过所述第二支路，耦合至所述光接收机的输出端；

所述自动增益控制器的输入端耦合至对应的控制子单元的输出端，包括：所述自动增益控制器的输入端通过所述第二支路中包括的放大单元或缓冲单元中的一个或多个，耦合至所述对应的控制子单元的输出端。

35 5.根据权利要求4所述的光接收机，其特征在于，若所述控制单元包括第一控制子单元；所述第一控制子单元包括的一个或多个电感耦合在所述光电二极管的输出端与所述光接收机的输出端之间的传输链路中；或者，

所述第一控制子单元包括的一个或多个电感耦合在任一所述放大单元、或任一所述缓

冲单元内部。

5 6.根据权利要求 1 至 5 中任一所述的光接收机,其特征在于,若所述场效应晶体管为基于 N 沟道的场效应晶体管,所述基于 N 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号负相关;

若所述场效应晶体管为基于 P 沟道的场效应晶体管、所述自动增益控制器还包括反相器,所述基于 P 沟道的场效应晶体管的电流导通能力与所述自动增益控制器的输出电压信号正相关。

10 7.根据权利要求 1 至 6 中任一所述的光接收机,其特征在于,所述自动增益控制器接收来自所述对应的控制子单元的输出端之后的任一节点的单端信号或者差分信号。

8.根据权利要求 1 至 4 中任一所述的光接收机,其特征在于,若所述控制单元包括多个控制子单元;

15 第一控制子单元包括的电感数量和第二控制子单元包括的电感数量相同或者不同;其中,所述第一控制子单元、所述第二控制子单元为所述多个控制子单元中的任意两个。

9.根据权利要求 1 至 8 中任一所述的光接收机,其特征在于,不同的自动增益控制器对应不同的控制子单元;或者不同的自动增益控制器对应相同的控制子单元。

20 10.根据权利要求 9 所述的光接收机,其特征在于,若存在不同的自动增益控制器对应相同的控制子单元,所述不同的自动增益控制器的输入端分别耦合至所述相同的控制子单元的输出端之后的不同节点位置。

25 11.根据权利要求 1 至 10 中任一所述的光接收机,其特征在于,至少一个所述自动增益控制器的输出端还耦合至所述跨阻放大单元的输入端;其中,所述自动增益控制器,还用于对所述跨阻放大单元进行跨阻增益的调节。

30 12.根据权利要求 1 至 11 中任一所述的光接收机,其特征在于,所述多个控制子单元串联耦合。

13.根据权利要求 1 至 12 中任一所述的光接收机,其特征在于,所述第一支路的输出端耦合至所述光接收机的输出端。

35 14.一种光通信设备,其特征在于,包括:如权利要求 1 至 13 中任一项所述的光接收机、一个或多个处理器;其中,所述一个或多个处理器用于接收来自所述光接收机传输的数据报文并处理。