

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G08C 19/36

H04B 10/12

G02B 6/24



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410089953.6

[43] 公开日 2005年8月24日

[11] 公开号 CN 1658249A

[22] 申请日 2004.11.12

[21] 申请号 200410089953.6

[30] 优先权

[32] 2004. 2. 19 [33] US [31] 10/782,051

[71] 申请人 安捷伦科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 罗里·L·范图伊

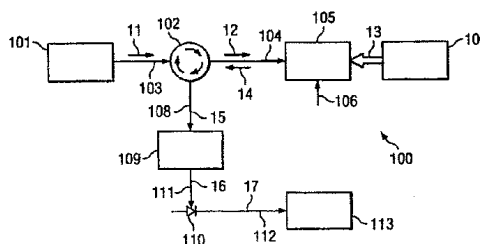
[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司
代理人 柳春雷

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

[54] 发明名称 通过光缆远程激励和测量电子信号的设备

[57] 摘要

本发明公开了一种光电系统，其包括光学信号调制器、连接到所述光学信号调制器的输入光波导和输出光波导。该系统还包括在所述光学信号调制器中的反射光学元件，所述元件布置成将通过所述输入光波导入射的输入光束反射为通过所述输出光波导的输出光束。该系统还包括在所述光学信号调制器中的电端子。所述电端子配置成所述电端子上的电信号可以操作来与所述输入光束互相作用。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种光电系统，包括：
光学信号调制器；
- 5 连接到所述光学信号调制器的输入光波导和输出光波导；
在所述光学信号调制器中的反射光学元件，所述元件布置成将通过所述输入光波导入射的输入光束反射为通过所述输出光波导的输出光束；和
在所述光学信号调制器中的电端子，所述电端子配置成所述电端子上的电信号可以操作来与所述输入光束互相作用。
- 10 2. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述输入光波导和所述输出光波导是一个光波导。
3. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述电信号可以操作来互相作用以调制所述输出光束。
4. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述光学信号调制器是电吸收调制
- 15 器。
5. 如权利要求 4 所述的系统，其中所述输入光束可以操作来互相作用以调制所述电信号。
6. 如权利要求 4 所述的系统，其中所述电信号可以操作来互相作用以调制所述输出光束。
- 20 7. 如权利要求 4 所述的系统，所述系统包括以平衡并联配置电互连的多个电吸收调制器。
8. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述电端子通过接触探头耦合到电压源。
9. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述电端子通过非接触探头耦合到
- 25 电压源。
10. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述电端子通过阻抗匹配网络耦合到电压源。
11. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述电端子通过电磁波定向耦合器耦合到电压源。

12. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述系统可以操作来经由光纤从远程电气设备向电子测量仪器传送一份电信号。
13. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述系统可以操作来经由光纤传送调制信号，用于激励远程电气设备。
- 5 14. 如权利要求 13 所述的系统，所述系统同时可以操作来经由所述光纤从远程电气设备向电子测量仪器传送一份电信号。
15. 一种远程传送调制信号的方法，所述方法包括：
使用光学信号调制来用电信号调制输入光束；和
将所述调制光束反射到不同于所述输入光束方向的输出光束方向。
- 10 16. 如权利要求 15 所述的方法，还包括通过使用电吸收调制与所述输入光束相互作用来同时调制所述电信号。
17. 如权利要求 15 所述的方法，还包括与所述电信号同时地施加偏置电压。
18. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述输出光束和所述输入光束通
15 过单条光纤在相反方向上传播。
19. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述输入光束传送电激励信号的复制信号。
20. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述输出光束将来自远程电气设备的电响应信号的复制信号传送到电子测量仪器。
- 20 21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述输入光束将电激励信号的复制信号传送到远程电气设备。

通过光缆远程激励和测量电子信号的设备

5 技术领域

本发明一般地涉及远程电子测试和测量，更具体而言，涉及通过光缆远程激励和测量电子信号的系统和方法。

背景技术

10 当正在发出或者检测的电信号快速变化时，即当它们包含高频成分时，通常很难使用传统装置将这些信号传送到远程位置或者从远程位置传送过来。一般地，无论有没有重发放大器的帮助，高频信号都经由同轴电缆或者其他输电线传送。传统的输送线都是频率分散的，这意味着通过相
15 信号相对于发出或者检测的信号失真。此外，传统的输送线可能通过由沿着输送线的阻抗不均匀性引起的反射而使信号失真。在通信系统中可以容许一定程度的失真，但是在测量系统中信号失真必须被最小化。此外，在测试仪器和被测试的设备之间存在很大的直流电压差的情况下，或者在诸如同轴电缆的导电元件的出现可能扰乱测量（例如天线测试）的情况下，
20 诸如同轴电缆的连接是不可行的。

发明内容

根据本发明的实施例，提供了一种光电系统。该系统包括光学信号调制器、连接到所述光学信号调制器的输入光波导和输出光波导。该系统还
25 包括在所述光学信号调制器中的反射光学元件，所述元件布置成将通过所述输入光波导入射的输入光束反射为通过所述输出光波导的输出光束。该系统还包括在所述光学信号调制器中的电端子。所述电端子配置成所述电端子上的电信号可以操作来与所述输入光束互相作用。

根据本发明的另一个实施例，提供了一种远程传送调制信号的方法。

所述方法包括使用光学信号调制来用电信号调制输入光束，并将所述调制光束反射到不同于所述输入光束方向的输出光束方向。

附图说明

5 图 1 描绘了根据本发明的实施例，用于通过光缆从被测试的远程电气设备向电子测量仪器传送一份电响应信号的系统；

图 2 描绘了根据本发明的实施例，用于经由光纤链接远程传送用于激励远程电气设备的调制信号的系统；

10 图 3 描绘了根据本发明实施例，用于经由光纤链接同时向远程电气设备传送激励信号和从远程电气设备传送响应信号两者的系统；

图 4A 描绘了包括电吸收调制器（EAM）的调制器配置，其控制光束的发送强度与所施加控制电压成比例；

图 4B 描绘了根据本发明实施例的反射模式 EAM（REAM），其将 EAM 与反射表面组合起来；

15 图 5 是根据本发明的实施例，在恒定入射功率下的典型 REAM 反射功率对电压的传递曲线图；

图 6 描绘了作为电吸收调制器（EAM）一个示例的量子阱调制器结构；

20 图 7A 描绘了根据本发明的实施例，具有 AC 耦合输入信号、偏置为线性操作的 REAM 配置；

图 7B 描绘了根据本发明的实施例的差分对 REAM 配置；

图 8A-8E 图示了多种应用的 REAM 配置。

具体实施方式

25 通常需要或者期望在远离处理检测数据的测量仪器的位置处检测电信号。类似地，通常需要传送电子信号到远离该信号源的位置。实际上，有时候需要远程地用同一物理装置检测和传送信号，使得可以以有效的方式充分地表征正在被测试的设备。

在传统上用于远程测试的距离（数米到数百米）上，单模光缆通常具

有足够低的频散以达到可以忽略的信号失真。此外，光电探测器和反射模式电吸收调制器（REAM）可以被设计成在信号电平的有用范围上具有低信号失真。因此，电子测量仪器和被测试的远程设备的位置之间的距离可以增大到比利用诸如同轴电缆的传统输电线可以达到的距离大得多的值。

5 图 1 描绘了根据本发明实施例，用于通过光缆从被测试的远程电气设备向电子测量仪器传送一份电响应信号的系统 100。在图 1 所示的远程检测配置中，由连续波（CW）光源 101 发射的 CW 光束 11 穿过光学环行器 102 并且穿过光波导 104 成为 CW 光束 12。CW 光束 12 被远程电气设备 107 产生的远程电信号 13 在远程检测点处的光学信号调制器中调制，所述
10 光学信号调制器例如是反射模式电吸收调制器（REAM）105。通常将偏置电压 106 施加到 REAM 105 以提供线性操作。调制光束 14 然后被 REAM 105 反射回来穿过光波导 104、光学环行器 102 和光波导 108 成为调制光束 15，调制光束 15 通常由光学放大器 109 放大以提供穿过光波导 111 的放大的光束 16。此放大的调制光束 16 通常由光电探测器 110 所探测，其生成
15 穿过电缆 112 的光电信号 17。重现远程电信号 13 的光电信号 17 通常由电子测量仪器 113 处理。

图 2 描绘了根据本发明实施例，用于经由光纤链接远程传送用于激励远程电气设备的调制信号的系统 200。来自调制光源 201 的调制光信号 21 穿过光纤链接 103、光学环行器 102，并作为调制光信号 22 穿过光纤链接
20 104，并且入射到反射模式电吸收调制器（REAM）205 上。REAM 205 可以与图 1 所描绘的 REAM 105 相同。通常被负压 206 偏置的 REAM 205 将调制光信号 22 转换成电信号 23，其激励正在被测试的电气设备 207。在此情况下，远程电气设备 207 的响应可以由其他装置所监视，这样就不需要使用环行器 102、光学放大器 109、光电探测器 110 和电子测量仪器
25 113。这些元件被表示来证明以下事实，即相同的装置可以被用于图 2 所示的激励测试，或者用于图 1 所示的响应测试，其不同之处在于光源是 CW 光源还是调制光源。

图 3 描绘了根据本发明实施例，用于经由光纤链接同时向远程电气设备传送激励信号和从远程电气设备传送响应信号两者的系统 300。来自调

制光源 201 的调制光信号 21 穿过光纤链接 103、光学环行器 102，并作为调制光信号 22 穿过光纤链接 104，并且入射到反射模式电吸收调制器 (REAM) 305 上。REAM 305 可以与图 2 所描绘的 REAM 205 相同。通常被偏置电压 306 偏置以提供线性操作的 REAM 305 将调制光信号 22 转换成电信号 33，其激励正在被测试的电气设备 307。电气设备 307 对激励 5 33 的响应 34 (由此修改其端子处的电压) 反过来调节 REAM 305 的反射系数。REAM 305 的反射系数与入射光 22 相互作用，将响应电压 34 的调制光复制信号 35 反射穿过光波导 104、光学环行器 102 和光学导向部分 108 成为调制光复制信号 36，其接着通常由光学放大器 109 放大，并作为 10 放大的调制光复制信号 16 被发送穿过光学导向部分 111 到光电探测器 110，并由电子测量仪器 113 处理。图 3 所示配置的典型应用是时域反射计，但也可以实现其他组合的激励/响应应用，例如网络分析 (电子网络的频域测试)。

首字母简写 REAM 表示“反射模式电吸收调制器”。REAM 实质上是配置成在反射模式下运行的电吸收调制器，例如通过将光入射到调制器的第一表面并且在调制器的相对表面上设置反射镜。反射调制器已经与自由空间光束一起被用来形成通信系统。 15

光信号调制器可以是任何类型的反射模式调制器，包括：电光 (EOM)、机电 (EMM) 和电吸收 (EAM)。使用电光调制器 (EOM) 将电信号转换成调制光，和使用光电探测器将调制光转换成电信号是许多 20 光学通信系统中的标准作法。已经有利地被开发实用的电吸收调制器 (EAM) 被认为是调制器类型中唯一具有用作光调制器和光探测器两者的能力的。例如图 2 和 3 中描绘的应用只适用于电吸收调制器类型。

图 4A 描绘了包括电吸收调制器 (EAM) 401 的调制器配置 400，其控制光束的发送强度与所施加的控制电压 402 成比例。EAM 401 调制所发送的光使得离开右平面的调制光 42 是进入左平面的光 41 的时变部分，该时变部分由时变电压 402 所控制。图 4B 描绘了根据本发明实施例的反射模式 EAM (REAM) 410，其将 EAM 401 与反射表面 (例如反射镜) 403 组合起来，其在调制器的左表面具有入射光束 41 和调制出射光束 43。 25

REAM 几何结构在检测和探测应用中的优点是只需要单条光路。例如，如果该光路是光纤，那么整个组件可以被做得更简单和更不复杂。

图 5 是根据本发明的实施例，在恒定入射功率下典型 REAM 的反射功率对电压的传递曲线图。反射功率沿着纵轴 502 显示为沿着横轴 501 的控制电压的函数。偏置电压是控制电压的选择值。为了将该设备偏置在线性操作范围的中点附近，需要施加负的直流偏置值，例如电压 505。这产生平衡反射功率值 504。于是在以偏置点 503 为中心的附近获得线性操作。可以将设备制造为 $V_{\text{bias}}=0$ ，但是这样的设备通常对调制电压的变化的反射响应很慢。

REAM 根据波长和特定的控制电压值 V_{control} 吸收光至不同程度。一般而言，如果 V_{control} 是零伏特，REAM 被认为是“透明的”，并且所有光都被反射。如果 V_{control} 被设置为 V_{bias} ，那么 REAM 在线性区域操作，并且所反射光的量与所施加电压成线性比例。 V_{bias} 可以用于探测模式，即使探测效率没有被最大化。如果 REAM 被偏置，例如 $V_{\text{bias}}=-5\text{V}$ ，那么几乎全部进入的光都被吸收。当需要最大探测效率和带宽时此 V_{bias} 值可以被用于探测模式操作。

当 REAM 被偏置为 $V_{\text{control}}=\text{负压}$ 时，光被吸收，并且入射光的能量被用于建立移动电荷的“空穴-电子对”。这些移动的空穴和电子被清扫出 REAM 的电端子成为流动电荷构成的电流（光电流）。此光电流具有很快的响应时间，因此如果入射光在强度上被调制，那么通过吸收此光而产生的光电流也被调制，由此产生调制光强度的有用的电复制信号。被称为光电效应的此操作机制通常在光电探测器中使用，其使得 REAM 能够被用作光电探测器。

可以在因特网上的以下网址获得对一个电吸收调制器实例的操作的基本说明：

<http://www.bell-labs.com/project/oevlsi/tutorial/>

仅在量子阱中可见的一种特定电吸收机制被称为“量子约束的斯塔克效应 (quantum-confined Stark effect)”。与半导体中的其他电吸收机制一样，此机制也非常快。对该机制自身没有内在的速度限制，直到时间标度

远远低于皮秒。在实践中，速度仅仅由向量子阱施加电压所用的时间所限制，该时间通常由外部电路的 RC 时间常数所限制。40GHz 的速度已经得到证实。

图 6 描绘了作为电吸收调制器 (EAM) 一个示例的量子阱调制器结构 5 600。量子阱 601 是非掺杂本征半导体层，夹在 p 掺杂顶部触点 602 和 n 掺杂衬底 604 上的 n 掺杂底部触点 603 之间。这形成了二极管结构，其能够通过触点 605、606 被反向偏置，以施加垂直于量子阱层的调制电场。该电场调制输入光束 61 以产生输出调制光束 62。结构 600 使用砷化镓和砷化镓铝制成，在约 850nm 的波长处工作最佳，但是也可以使用其他半导体 10 材料。例如在 Optics and Photonics News 1990 年 2 月第 1 期卷 2 第 7-15 页 D.A.B. Miller 所著的 “Optoelectronic applications of quantum wells (量子阱的光电应用)” 中进一步说明了量子阱结构和操作。

电光调制器通常基于诸如钾钽铌或者钛酸钡之类的晶体所表现出的二次 (克尔) 电光效应。其他电光调制器基于在诸如磷酸二氘钾或者砷酸二 15 氘铯之类的晶体中所发生线性 (普克耳) 电光效应。机电调制器基于应力双折射或者光弹性的原理，并包括一类使用例如晶状石英的材料的声光调制器。在 1987 年 Addison-Wesley 出版公司出版的 Hecht 所著 “Optics” 第二版第 314-321 页中对电光和机电调制进行了概述。

图 7A 描绘了根据本发明实施例，具有 AC 耦合的输入信号、被偏置 20 为线性操作的 REAM 配置 700。基本的 REAM 设备 701 被图示为电子二极管。通过偏置电阻 703 施加偏置电压 71，并且通过 AC 耦合电容 702 将电信号 72 耦合入/出。参考电压 73 被供应给 REAM 701。光束 74、75 调制电信号 72/被电信号 72 调制。如同许多电子设备一样，REAM 通常如结合图 5 所说明的那样被偏置，并且适当的偏置电压不必与所检测的电压一 25 致。在许多情况下，需要 REAM 和被测试的电压之间进行 AC 耦合。

图 7B 描绘了根据本发明实施例的差分对 REAM 配置 710。配置 DC 耦合的 REAM 传感器的一个方法是将基本的 REAM 设备 701 布置成以差分对方式操作。通过各自的偏置电阻 703、704 施加负偏置电压 71，通过偏置电阻 705 施加正偏置电压 70，在 72、73 处连接电信号。信号可以是

调制电压信号或者 DC 参考电压。光束 74-77 调制电信号 72、73/被电信号 72、73 调制。

图 8A-8E 图示了用于多种应用的 REAM 配置。图 8A 描绘了根据本发明实施例的 REAM 配置 800，其中通过壳体 808 中的接触探头 804、806
5 将来自信号 807 和地 805 的电压施加到 REAM 801。输入和输出光束 81、82 通过光纤 803 和 REAM 801 之间的透镜 802 耦合。REAM 配置 800 具有高输入阻抗，使得其对信号线表现出最小的电负载。

图 8B 描绘了根据本发明实施例的 REAM 配置 820，其中通过壳体
10 808 中的非接触静电耦合探头 809、811 将电压 810、812 施加到 REAM 801。输入和输出光束 81、82 通过光纤 803 和 REAM 801 之间的透镜 802 耦合。REAM 配置 820 具有高输入阻抗，使得其对信号线表现出最小的电负载。

图 8C 描绘了根据本发明实施例的 REAM 配置 840，其中通过安装到
15 同轴连接器 814 的阻抗匹配网络 813 将电压施加到 REAM 801。输入和输出光束 81、82 通过光纤 803 和 REAM 801 之间的透镜 802 耦合。REAM 配置 840 对同轴连接器表现出匹配负载（通常为 50 ohm）。

图 8D 描绘了根据本发明实施例的 REAM 配置 860，其中通过天线
20 815 的端子将电压施加到 REAM 801。传统配置的天线 815 可以是具有至少两个端子的单个天线，两个端子中的一个可以被接地。匹配网络 813 将 REAM 阻抗转换成天线 815 的最佳负载。输入和输出光束 81、82 通过光纤 803 和 REAM 801 之间的透镜 802 耦合。

图 8E 描绘了根据本发明实施例的 REAM 配置 880，其中通过电磁波
25 定向耦合器 816 将电压施加到 REAM 801。电压与电磁线 817 上的行波振幅成比例。输入和输出光束 81、82 和 83、84 通过光纤 803 和 REAM 801 之间的透镜 802 耦合。

虽然已经结合具体实施例说明了本发明，但对于本领域技术人员很清楚的是，在上述说明的启示下，许多替代、修改和变化将是显然的。因此，本发明意于包括落入所附权利要求的精神和范围内的所有其他这样的替代、修改和变化。

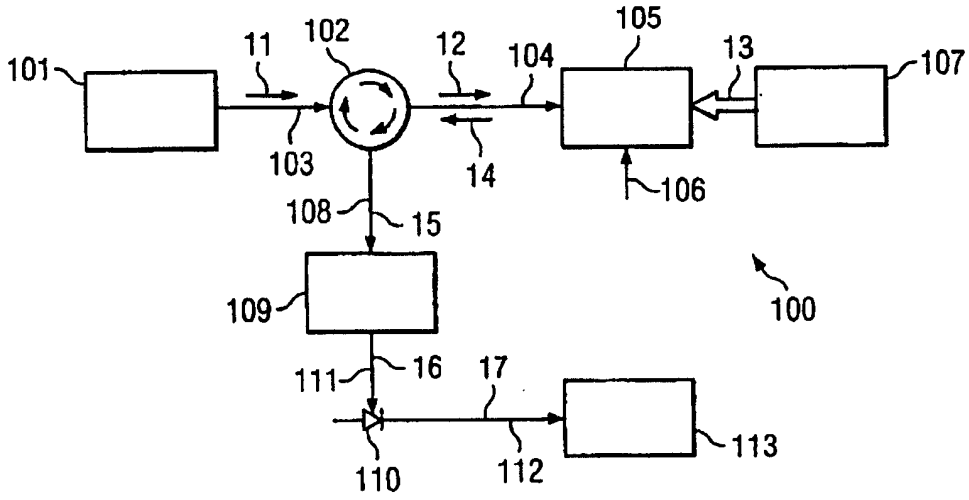


图1

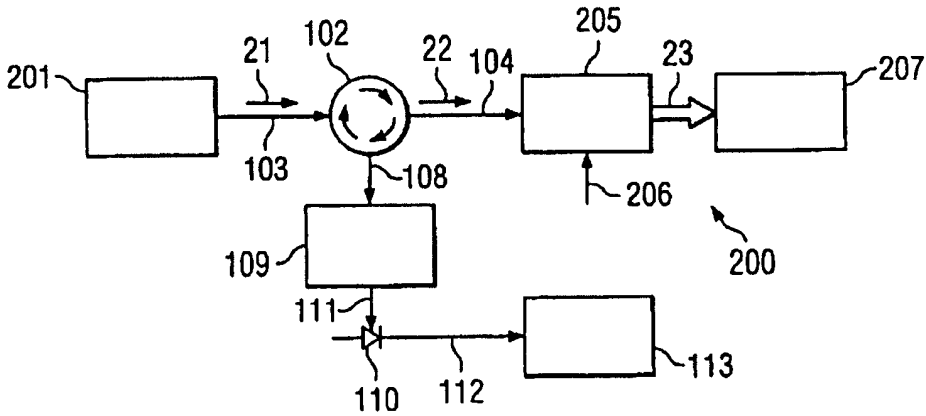


图2

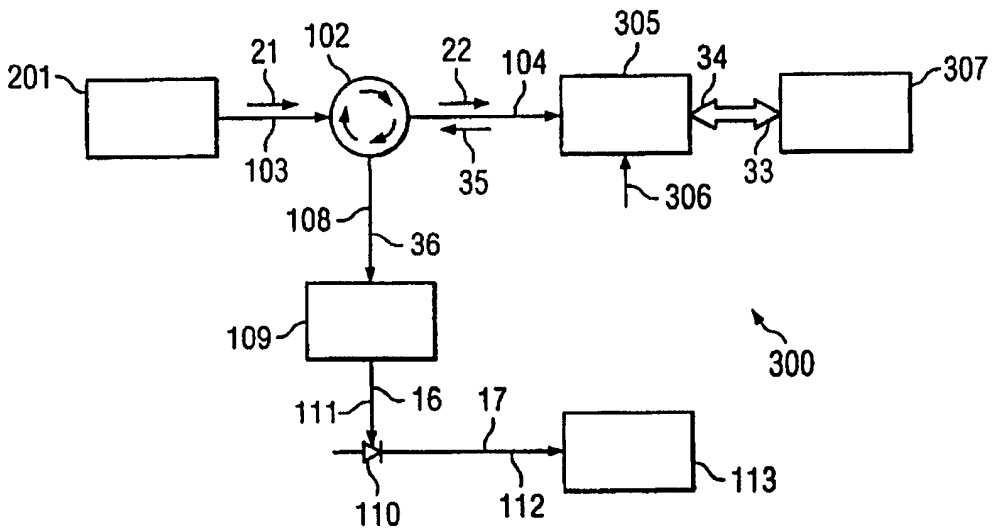


图3

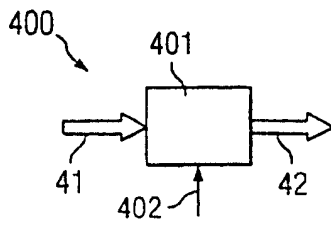


图4A

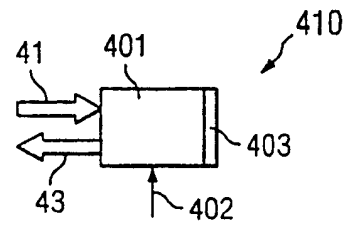


图4B

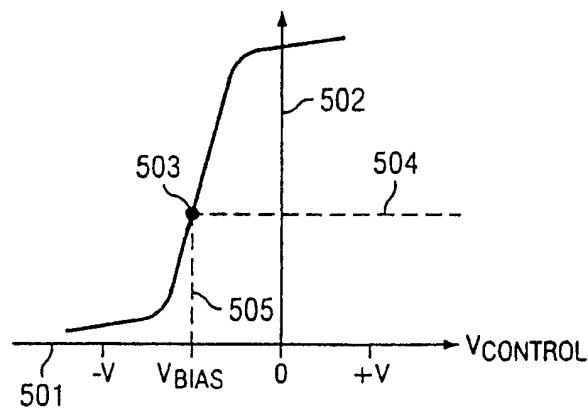


图5

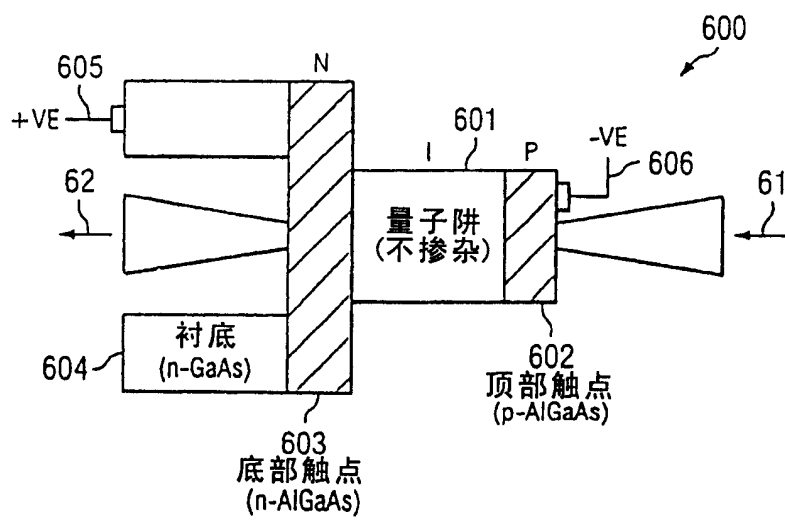


图6

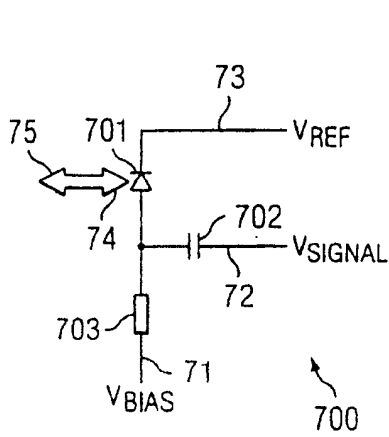


图7A

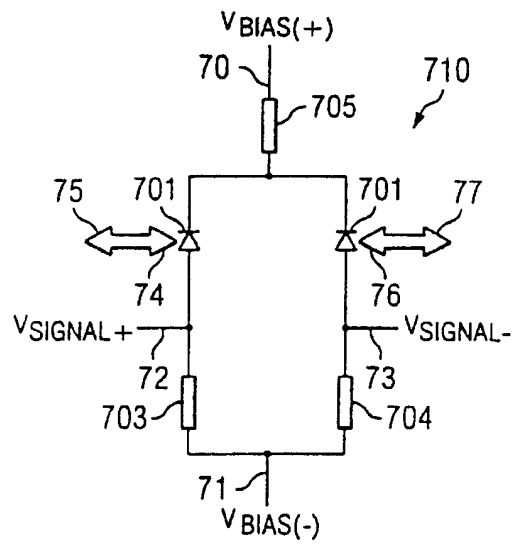


图7B

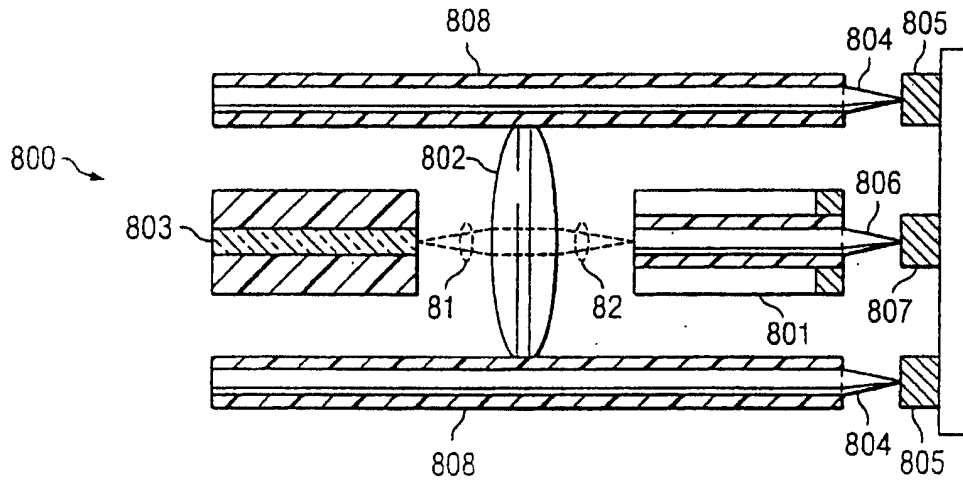


图8A

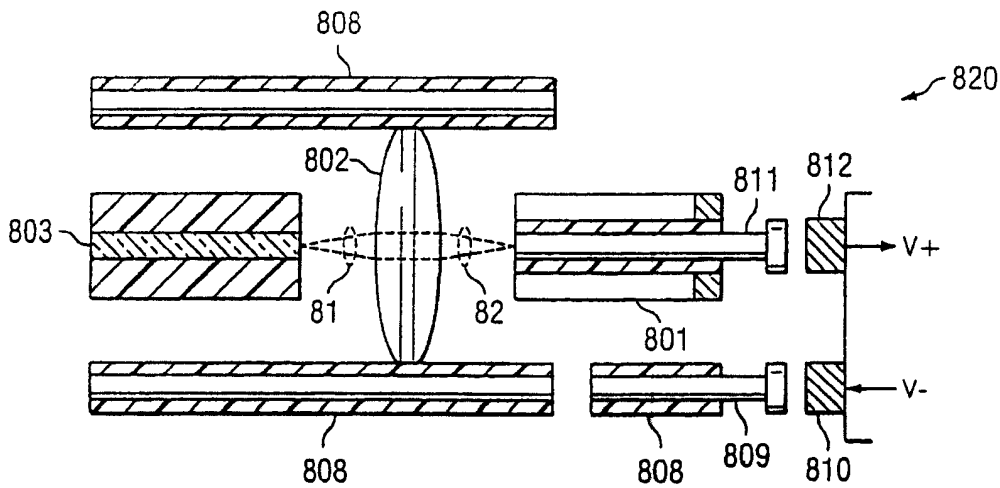


图8B

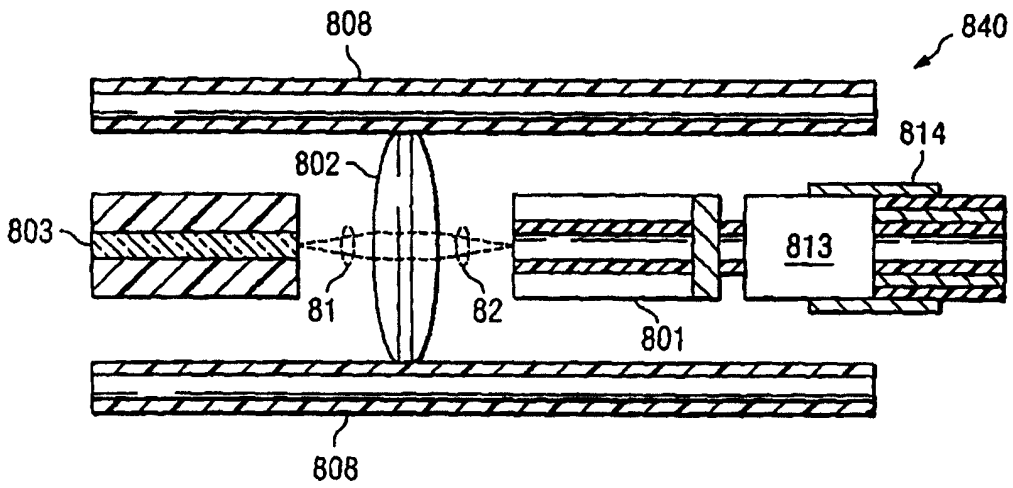


图8C

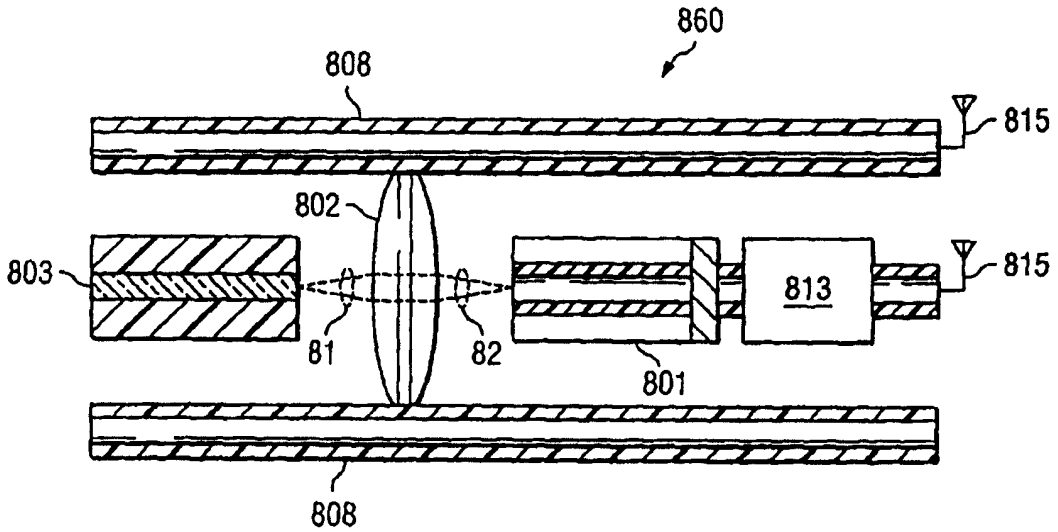


图8D

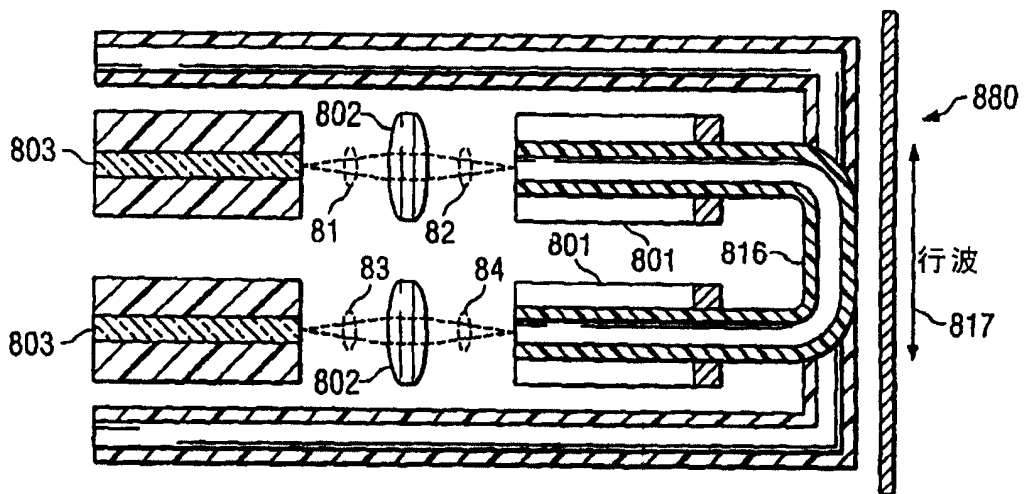


图8E