(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102047443 B
(45)授权公告日 2014.07.09

(21)申请号 200980120263.3
(22)申请日 2009.04.17
(30)优先权数据
61/045,924 2008.04.17 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2010.12.01
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2009/041046 2009.04.17
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2009/129512 EN 2009.10.22
(73)专利权人 劳伦斯利弗莫尔国家安全有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 约翰·R·哈里斯
乔治·J·卡普拉索
斯蒂芬·E·桑帕扬
(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
代理人 陈源 张天舒
(51)Int.Cl.
*H01L 31/08*(2006.01)
*G02F 1/03*(2006.01)
*H03C 1/34*(2006.01)
审查员 刘宁

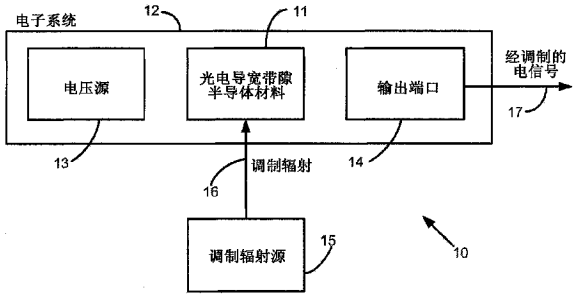
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

用光电导宽带隙半导体作可变电阻器来调制电信号的系统和方法

(57)摘要

一种用于产生经调制的电信号的系统和方法。该系统使用具有光电导宽带隙半导体材料的可变电阻器，该材料对入射辐射幅度变化的电导响应在电导响应的整个非饱和区域内实质为线性，从而能够工作在非雪崩模式。该系统还包括如调制激光器之类的调制辐射源，用来产生调幅辐射以将该调幅辐射直接照射到可变电阻器上并对该可变电阻器的电导响应进行调制。电压源和输出端口二者都可操作地连接到可变电阻器，使得或者由可变电阻器的激活来产生、或者传播通过可变电阻器来在输出端口处产生电信号。以此方式，由可变电阻器调制电信号，从而使该电信号具有与调幅辐射实质相似的波形。




CN 102047443 B

1. 一种用于产生经调制的电信号的系统，该系统包括：

包含光电导宽带隙半导体材料的可变电阻器，该光电导宽带隙半导体材料对入射辐射幅度变化的电导响应在电导响应的整个非饱和区域内实质为线性，从而能够工作在非雪崩模式；

调制辐射源，用来产生调幅辐射，以将该调幅辐射直接照射到可变电阻器上并对该可变电阻器的电导响应进行调制；以及

电压源和输出端口，二者都可操作地连接到可变电阻器，使得通过可变电阻器在输出端口处产生的电信号被可变电阻器调制，从而使该电信号具有与调幅辐射实质相似的波形，

其中由调制辐射源产生的调幅辐射对可变电阻器在电导响应的非饱和区域内的电导响应进行调制。

2. 如权利要求 1 所述的系统，

其中调制辐射源的类型是从以下类型中选出的，它们是调制电磁辐射源和调制粒子辐射源。

3. 如权利要求 2 所述的系统，

其中调制电磁辐射源是一个调制光源，其包括：光源，用来产生能够在可变电阻器中产生电导响应的光束；以及光调制器，用来对光束进行强度调制。

4. 如权利要求 2 所述的系统，

其中调制电磁辐射源是一个 x 射线源，其包括：阴极；阳极转换靶；以及栅极，用来对在阴极产生而要直接照射到阳极转换靶的电子进行调制以从阳极转换靶产生强度调制的 x 射线，将该 x 射线直接照射到可变电阻器上来对可变电阻器的电导响应进行调制。

5. 如权利要求 2 所述的系统，

其中调制粒子辐射源包括放射源和粒子调制器，该粒子调制器用来对来自放射源的放射粒子进行调制，以将经调制的放射粒子直接照射到可变电阻器上来对可变电阻器的电导响应进行调制。

6. 如权利要求 2 所述的系统，

其中调制粒子辐射源是调制电子源，其包括：阴极；和栅极，用来对阴极处产生的电子进行调制，以将经调制的电子直接照射到可变电阻器上来对可变电阻器的电导响应进行调制。

# 用光电导宽带隙半导体作可变电阻器来调制电信号的系统和方法

[0001] 临时申请的优先权

[0002] 本申请要求2009年4月17日由John R.Harris等人提交的题为“Radiation-modulated Photoconductive Device and System”的美国临时申请第61/045924号的权利，并将其内容通过引用结合于此。

[0003] 联邦政府资助的研究或开发

[0004] 根据美国能源部与劳伦斯利弗莫尔国家安全有限责任公司之间针对劳伦斯利弗莫尔国家实验室的运作的第DE-AC52-07NA27344号合同，美国政府对本发明享有权利。

## 技术领域

[0005] 本发明涉及通常用作固态开关的光电导宽带隙半导体材料，尤其涉及使用光电导宽带隙半导体材料作为工作在非雪崩模式下的可变电阻器，来产生经调制的电信号以用于例如微波传输或调制带电粒子束之类的高频调制应用中。

## 背景技术

[0006] 宽带隙半导体是具有高击穿电压的材料，因此经常被作为用于高温的固态开关和涉及大电场的功率开关应用来使用。虽然被认为是“宽”的带隙范围的准确阈值常取决于应用，但是宽带隙半导体材料通常被认为是带隙大于大约1.6或1.7eV的那些半导体材料。而且，这样的宽带隙材料已知是光电导的，也就是说具有响应光照来增大电导率的特性。示例类型包括：碳化硅、氮化铝、氮化镓、氮化硼以及金刚石。尤其是氮化镓和碳化硅是广泛所知的非常适于这种开关应用的耐用材料。

[0007] 已知各种脉冲功率应用使用这样的光电导宽带隙半导体材料（以下称为“PWBSM”）来作为光电导固态开关(PCS)。用作PCS的典型材料是硅或砷化镓，但由于有限的光电流电流容量，需要工作在雪崩或所谓的高增益模式下来产生可用的能级。在雪崩模式操作中，装置是双稳态的（即，无论是“关闭”或是“开启”）并且被光学地触发“开启”和保持“锁定”直到电流停止。

[0008] 使用脉冲功率的一个示例应用是在高功率微波发生领域中，这样的光电导材料也被用作光电导固态开关。然而，由于它们工作在雪崩模式下，所以会产生宽带低辐射能、会成为非实时适应、并会引起通信自相抵消。由于有效能量辐射主要发生在脉冲过渡期间，所以光谱能量含量低。值得注意的是，传统高能微波源已是调速管之类的真空电子装置。替代方法包括非线性传输线。这些技术都具有固有的问题。真空电子装置往往笨重且昂贵，而非线性传输线取决于常常难以获得且特性不佳的专门材料。

## 发明内容

[0009] 本发明的一个方面包括用于生成经调制的电信号的系统，该系统包括：含有光电导宽带隙半导体材料的可变电阻器，该光电导宽带隙半导体材料对入射辐射的幅度变化的

电导响应在该半导体材料电导响应的整个非饱和区内实质为线性，从而使该可变电阻器能够工作在非雪崩模式下；调制辐射源，用来生成调幅辐射以直接照射到可变电阻器上并对该可变电阻器的电导响应进行调制；以及电压源和输出端口，二者都可操作地连接到可变电阻器，使得通过可变电阻器在输出端口处生成的电信号被可变电阻器进行调制，从而使该电信号具有与调幅辐射实质相似的波形。

[0010] 本发明的另一方面包括生成经调制的电信号的方法，该方法包括：提供电压源、输出端口以及可操作地连接到该电压源和输出端口的可变电阻器，使得通过可变电阻器来在输出端口处产生电信号，所述可变电阻器包括光电导宽带隙半导体材料，其对入射辐射幅度变化的电导响应在电导响应的整个非饱和区内实质为线性，从而使该可变电阻器能够工作在非雪崩模式下；将调制辐射源所生成的调幅辐射直接照射到可变电阻器上以对该可变电阻器的电导响应进行调制，从而由可变电阻器对在输出端口处生成的电信号进行调制，以使该电信号具有与调幅辐射实质相似的波形。

[0011] 本发明的另一方面包括光电导调制的可变电阻器装置，该装置包括：光电导宽带隙半导体材料 (PWBSM)，其对入射辐射的幅度变化的电导响应在其整个非饱和区内实质为线性，从而该 PWBSM 作为可变电阻器能够工作在非雪崩模式下；以及调制辐射源，用来生成调幅辐射以直接照射到该 PWBSM 上，以使由此引起的 PWBSM 中的电导响应具有与调幅辐射实质相似的波形。

[0012] 总的来说，本发明描述了通过调制光电导宽带隙半导体材料 (PWBSM) 的电导响应来使用该 PWBSM 对电信号进行调制的技术。这是通过 PWBSM 材料已证实的类似跨导的特性而成为可能的，其中在例如紧密、堆叠、传输线结构中该特性表现为快速（＜ 1ns 上升时间）、高压（＞ 15kV/mm）、高电流（＞ 1kA/$cm^2$）、以及类似光电导的调制能力（＞ 300MHz）。该能力实现了针对直接操作高压电信号的各种应用。本发明的示例应用例如包括紧密高功率微波或 RF 发生、以及定向能量系统中带电粒子束的（不使用光电效应的）能量调制，即针对加速器和其他科学仪表的脉冲功率。本发明可使用各种类型的 PWBSM，例如碳化硅、氮化镓、氮化铝、氮化硼以及金刚石。

[0013] 近来的数据显示 SiC 在受到可见光能照射时其电阻将根据该光能的强度而发生变化。由此，本发明中用作辐射控制（例如光控）电阻的 SiC 和其他 PWBSM 其电阻在将辐射直接照射在其上时（例如图中所示）会减小。图 2 示出了由申请人在劳伦斯利弗莫尔国家实验室进行的实验得出的在这种可见光能的影响下 SiC 的结果和典型性能。X 轴是作用在 SiC 材料上的可见光能的强度。Y 轴示出了针对施加在材料两端的多个电压而得到的电流。图 2 示出了通过改变作用在 SiC 开关上的光强度而得到的各个电压下流过 SiC 开关的电流的详情，并且示出了在高梯度（＞ 27MV/m）开关应用下宽带隙材料 (SiC 和 GaN) 的高电流（＞ 1kA/cm）能力。对于光能中大约 0 到 2mJ 的改变，装置工作在从大约 1nA 的暗电流到峰值电流的实质线性模式中。对于这些具体数据来说该峰值电流在 1kV 的电压下大约为 20A。在更高的光能＞ 2mJ，装置实现大约 1Ω 的最小电阻时达到饱和点。图 2 中所示的电导响应曲线的特征在于具有饱和区以及非饱和区。

[0014] 从图 2 能够明显看出非饱和区具有类似于典型晶体管装置的实质为线性的响应。从该数据能够看出 SiC 材料以类似于跨导的特性来操作，该特性的形式为 $Gm = \Delta Iout / \Delta \xi in$，其中 $\xi in$ 是控制输入参数。在简单晶体管的情况下 $\xi in$ 可以是基极电流，或者对

于真空管来说是控制栅极电压。对于 SiC 材料来说，该参数是产生电导响应的光能或其他辐射能。尽管为了清楚起见示出了非常线性的较低电流区，但在我们的具体装置中 SiC 在 ＞ 1kA/cm$^2$ 的最大电流以外呈现这种跨导特性。并且通过晶体管和真空管技术，这些材料在 0 到 2mJ 呈现出陡峭高增益线性状况以及到＞ 30mJ 呈现出斜率减小的饱和区。因此，当材料工作在实质为线性的非饱和区中时，对光脉冲施加的调制的放大将导致施加信号的放大。当进行适当地构造时，这些开关能够在毫微秒或更快的时间尺度上关闭和开启，即，高频调制。值得注意的是不会观察到不可控的双稳态“高增益”模式，其中在这种模式中光能仅把装置触发到全导通状态而在所施加电势消除之后发生恢复。

[0015] 而且，能够充分激励宽带隙材料中的电荷载体的任何类型的辐射都可被用于调制 PWBSM 可变电阻器的电导响应，该辐射包括电磁辐射以及例如电子、质子、中子等之类的粒子辐射。值得注意的是，使用可变光能来进行调制的一个布置上的难题在于强烈的可见光能可能难以生成。但是幸运的是，感兴趣的材料对电磁辐射和粒子辐射二者的响应非常均等。

[0016] 调制方案的两个基本类型包括：(1)“直接调制”，PWBSM 可变电阻器的电导响应在输出端口产生经调制的电信号，以及 (2)“反射率调制”，由于阻抗失配使得对来自调制辐射源的调幅辐射的电导响应实际向在传输线中传播的入射脉冲外加调制波形。

## 附图说明

[0017] 本发明公开中作为公开一部分的附图如下：

[0018] 图 1 是本发明用于生成经调制的电信号的系统的一般实施例的示意图。

[0019] 图 2 是示出了 SiC 材料在各种电压电平下对光能的电导响应并图解说明了非饱和区的实质线性响应的曲线图。

[0020] 图 3 是本发明的调制辐射源的第一示例实施例的示意图，该调制辐射源通过对光源（例如，激光器）所产生的光进行光学调制来生成调制光。

[0021] 图 4 是本发明的调制辐射源的第二示例实施例的示意图，该调制辐射源对电子的产生进行调制来生成经调制的 x 射线用以对光电导可变电阻器的电导响应进行调制。

[0022] 图 5 是本发明的调制辐射源的第三示例实施例的示意图，该调制辐射源生成经调制的电粒子用以对光电导可变电阻器的电导响应进行直接调制。

[0023] 图 6A 是本发明的直接调制配置的第一示例实施例的示意图，通过该配置可使 PWBSM 的电导响应在输出端口产生经调制的电信号。具体来说，该实施例被布置为分压器。

[0024] 图 6B 是类似于图 6A 的（分压器配置）第二示例实施例的示意图，其中不同的是负载和 PWBSM 的位置互换了。

[0025] 图 7 是本发明的直接调制配置的第三示例实施例的示意图，该配置使用脉冲形成线来在输出端口产生经调制的电信号。

[0026] 图 8A 是本发明的反射率调制配置的第一示例实施例的示意图，其中对调幅辐射的电导响应向在传输线中传播的入射脉冲外加了调制波形。

[0027] 图 8B 是类似于图 8A 的本发明的反射率调制配置的第二示例实施例的示意图，其中不同的是具有位于输入端与输出端之间成一直线的附加电导调制部分，每个部分由一个独立的调制辐射源调制。

[0028] 图 8C 是类似于图 8B 的本发明的反射率调制配置的第三示例实施例的示意图，其中不同的是具有单个调制辐射源来对传输线中的所有电导调制部分进行电导调制。

[0029] 图 9 是直接调制配置的示例堆叠实施例的示意图，该配置具有多个 PWBSM 可变电阻器嵌入在堆叠脉冲形成线上从而输出端口处经调制的信号是累加的。

[0030] 图 10 是本发明的示例相控阵列实施例的示意图，其中具有多个 PWBSM 可变电阻器嵌入在分开的脉冲形成线中并由各个调制辐射源用控制其相对相位的相位控制器来进行单独地调制。

[0031] 图 11 是本发明的基于应用配置的第一示例的示意图，该配置构成为用于高功率微波应用，其具有图 3 的调制辐射源、图 6 的分压器配置，并且使其输出端口连接到用于发射高功率微波的微波喇叭。

[0032] 图 12 是类似于图 11 的基于应用配置的第二示例的示意图，其中不同的是该配置具有用于发射高功率微波的微波喇叭，使该微波喇叭连接到图 7 的脉冲形成线的输出端口。

[0033] 图 13 是本发明的基于应用配置的第三示例的示意图，该配置构成为用于在介质壁加速器 (DWA) 配置中调制带电粒子。

[0034] 图 14 是图 10 的替代实施例，示出了使用单个调制辐射源来针对不同的可变电阻器产生相位受控的调幅辐射的相控阵列实施例的示意图。

[0035] 图 15 是本发明的基于应用配置的第四示例的示意图，其构成为在三极管配置中调制阳极电压。

[0036] 图 16 是类似于图 15 的基于应用配置的第五示例的示意图，其构成为在三极管配置中调制栅极电压。

[0037] 图 17 是类似于图 15 的基于应用配置的第六示例的示意图，其构成为在三极管配置中调制阴极电压。

## 具体实施方式

[0038] 现在参照附图，图 1 示出了本发明用于生成经调制的电信号的系统的一般实施例的示意图，该系统整体用附图标记 10 来表示。该系统包括嵌入在电气系统 12 内作为可变电阻器 11 的光电导宽带隙半导体材料（“PWBSM”）。应该意识到电气系统内的布置方式可以根据系统的电气配置，例如分压器、传输线、脉冲形成线等（下面将作详细描述），而发生改变，也可以是专用的。然而，通常基于 PWBSM 的可变电阻器 11 可操作地连接到电压源 13 和输出端口 14，从而通过可变电阻器 11 来在输出端口生成电信号 17。换句话说，电信号或者是由可变电阻器的激发 / 调制产生，或者仅仅是经可变电阻器传播通过。并且输出端口可包括至少两个输出终端 / 电极。应该意识到本发明的另一个一般实施例包括可变电阻器装置，该可变电阻器装置包括光电导可变电阻器 11 和调制辐射源 15 以及执行基于 PWBSM 可变电阻器的电导调制来对输出电信号进行调制。

[0039] 调制辐射源

[0040] 如图 1 所示，系统 10 还包括用附图标记 15 表示的调制辐射源，该调制辐射源 15 产生调制辐射 16 以直接照射到可变电阻器 11 上来对其电导响应进行调制。如发明内容中所述，PWBSM 可变电阻器具有特征由饱和区和非饱和区决定的连续的电导响应。并且在工作 /

激发的非饱和区中电导响应实质成线性。结果，由调制辐射源 15 产生的调制辐射 16 优选地工作在实质线性区中来对可变电阻器的电导响应进行调制，因此工作方式类似于放大器 / 晶体管。值得注意的是可变电阻器并非被用作包含双稳态“开”和“关”操作的开关。

[0041] 图 1 的调制辐射源 15 一般的功能是产生辐射并对辐射进行调幅，辐射可以是例如可见光或 x 射线之类的电磁辐射，或者是电子、质子或中子之类的粒子辐射。因此，调制辐射源例如可（从激光）产生光脉冲序列来直接照射到单个 PWBSM 可变电阻器上以生成高压输出脉冲序列，或者可产生连续可变模拟光信号来直接照射到单个 PWBSM 可变电阻器上。图 3 示出了调制辐射源的第一示例实施例的示意图，该调制辐射源被示作调制电磁辐射源。具体来说，调制电磁源使用光调制器 21 产生调制光 28 用以对光源（例如激光器 20）所生成的光进行光学调制。光调制器 21 可使用各种调制技术，而图 3 示出了一种使用分光器 22 将进入的光分成可变时间延迟路径 24 和固定时间延迟路径 23 的具体方法。图示出沿可变时间延迟路径的光通过了铌酸锂晶体 25，该铌酸锂晶体 25 根据低电平电压输入信号来控制光信号的延迟。两个路径在合并器 27 处重新合并来产生经调制的光 28。调制器的其他实施例例如可包括声光 (AO) 调制器、克尔盒 (Kerr cell)、鲍尔克盒 (Pockel cell)、和带偏光器的法拉第旋转器。

[0042] 图 4 和图 5 示出了图 1 的调制辐射源 15 的两个可选实施例。具体来说，图 4 示出了调制辐射源的第二示例实施例的示意图，用 30 表示的该调制辐射源对电子 34 的产生进行调制来生成经调制的 x 射线 35，用以对光电导可变电阻器 36 的电导响应进行调制。提供了阴极 32 以及阳极转换靶 33，并且提供了用于控制电子产生的栅极 31。对电子产生进行调制同样也对 x 射线的生成（即，x 射线强度）进行了调制。经调制的 x 射线随后被直接照射到 PWBSM 36 上以对该 PWBSM 的电导响应进行调制。

[0043] 图 5 示出了类似于图 4 的第三示例实施例的调制辐射源 40 的示意图，不同之处在于该调制辐射源 40 使用栅极 41 对电子的产生进行调制来从阴极 42 生成经调制的电粒子 43，用以对光电导可变电阻器 46 的电导响应进行直接调制。虽然图中未示出，但任何类型的粒子辐射，例如放射性粒子、质子、中子等（亚原子粒子），都可通过提供能够调制这些粒子类型的粒子调制器来进行调制。因此，在优选实施例中，粒子辐射源具有尖头电极，进行粒子调制操作来对从该尖头电极提取的粒子进行调制。

[0044] 直接调制

[0045] 图 6A、图 6B 和图 7 示出了本发明“直接调制”配置的各个示例实施例，由此，PWBSM 可变电阻器的电导响应在输出端口处产生经调制的电信号。该配置利用了 PWBSM 可变电阻器类似于晶体管的工作方式的能快速从高阻抗变为低阻抗的能力。通常，以此方法，激光器或其他合适的辐射源用来产生一类辐射以及足以启动开关的幅度（例如，强度）。随后使用调制器（如，光调制器）来将激光转换成校正脉冲形状。这可以通过例如声光调制器、一系列反射镜和光延迟线、鲍尔克盒或其他技术来实现。

[0046] 具体来说，图 6A 是第一示例实施例的直接调制配置 50 的示意图，该配置被布置为分压器。如图所示，PWBSM 可变电阻器 55 串联布置在电压源（示为高压源）与负载 56 之间，负载可以是负载电阻器。激光器 51 产生未调制的光信号 52，由光调制器 53 对该光信号进行调制以产生经调制的光信号 54，随后将该经调制的光信号 54 直接照射在电阻器 55 上。以此方式，在输出端口 A 电阻器的两端以及在输出端口 B 负载 56 的两端生成经调制的

电信号。类似地，图 6B 是第二示例实施例（分压器配置）的示意图，不同之处在于将负载 55 和 PWBSM 电阻器 56 的位置互换。这里的经调制的电信号也是在两个输出端口 A 和 B 生成。因为在未被照射时 PWBSM 实际为断路，所以全部电压被视为加在 PWBSM 电阻器两端而非负载两端。当开关闭合时，此时大部分的电压降都出现在负载两端。因为开关能够快速切换，所以快速光脉冲序列被复制在 A 和 B 处出现的高压脉冲序列中。为了产生微波，需要微波频率的光调制，并在 A 或 B 处连接一个天线或传输线。

[0047] 图 7 示出了本发明第三示例实施例的直接调制配置，将其整体表示为附图标记 60。这里脉冲形成线用于在输出端口 68 产生经调制的电信号。虽然在图 7 中示出了三个电极，但应该意识到至少两个电极就可以产生脉冲。在任何情况下图 7 所示的脉冲形成线都具有一个通过连接到电压源（未示出）而被预充电到某一电压的中央电极 61。位于预充电电极 61 两端上的另外两个电极 62 和 63 通过背面短路板 (backshort)64 电连接从而被保持为地电势。通过这样的布置，当调制辐射源 66 所产生的调幅辐射 67 直接照射到 PWBSM 时，在输出端口 68 产生调制脉冲。

[0048] 反射率调制

[0049] 与前面所述的直接调制配置相反，图 8A 到图 8C 示出了“反射率调制”配置的各种示例实施例。具体来说，图 8A 示出了本发明第一示例实施例的反射率调制配置的示意图，将其表示为附图标记 70，其中对来自调制辐射源 77 的调幅辐射 78 的电导响应实质上向在传输线（示出为包含电极 72 和 73 并在输入端 74 和输出端 75 之间延伸）中传播的入射脉冲外加了调制波形。应该意识到，波形不会外加得完全相同而是会基本相同。而且，实质外加的波形包括波形反演以及保持波形基本形状下幅度和 / 或相位的均匀变化。

[0050] 在此情况下，电压源优选地是脉冲电源。传输线中 PWBSM 的电导调制控制 PWBSM 与传输线之间的阻抗失配，从而传播通过传输线的（在别处产生的）入射脉冲部分被反射且部分被传输，使得光电导（即，光脉冲序列）的脉冲形状被外加到反射脉冲和传输脉冲二者中。因此优选的是，PWBSM 电阻器的特性和传输线的特性是阻抗匹配的，从而在开关未被照射时将不会发生由于阻抗失配产生的反射。这可通过多种方法来完成，包括通过改变开关和 / 或传输线的材料特性和几何形状。当照射 PWBSM 时，其阻抗将下降，并且沿传输线传播的任何高压脉冲将被部分反射和部分传输。由于 PWBSM 对照射改变发生及时响应，所以调制光脉冲序列将导致在可变电阻处发生变化的阻抗失配。这将引起光脉冲序列结构被复制到传输的电压脉冲和反射的电压脉冲二者中。为了产生微波，传输脉冲、反射脉冲或是这二者将经由传输线载波到天线。如下面将要讨论的，通过使用附加的内联光电导部分可产生更复杂的调制。

[0051] 图 8B 是类似于图 8A 的本发明第二示例实施例的反射率调制配置的示意图。然而在此情况下，提供附加电导调制部分 76’和 76”并使它们位于输入端与输出端之间成一直线，每个附加电导调制部分由一个独立的调制辐射源 77’和 77”来调制。

[0052] 图 8C 是类似于图 8B 的本发明第三示例实施例的反射率调制配置的示意图。然而在此情况下，单个调制辐射源 77 例如通过分离器 79 来对传输线中的所有电导调制部分的电导响应进行电导调制。

[0053] 脉冲形成线的堆叠布置

[0054] 图 9 是直接调制配置的示例堆叠实施例的示意图，该配置具有多个 PWBSM 可变电

阻器嵌入在堆叠脉冲形成线上从而输出端口处经调制的信号是累加的。该配置用于这样的情况，如果需要比例如单个脉冲形成线或单个分压器所能提供的电压或电流更多的电压或电流，则可使用多级配置来使信号合并起来。具体来说，可使用图 9 所示的“介质壁加速器”几何结构或本领域已知的感应电压加法器。该几何结构使用堆叠传输线来将电压施加到中央导体（或带电粒子束）。

[0055] 经调制的电信号输出的相控阵列

[0056] 图 10 是本发明的示例相控阵列实施例的示意图，其中具有多个 PWBSM 可变电阻器嵌入在分开的脉冲形成线中并用相控的调幅辐射来进行单独地调制。图 10 示出了相位控制器 100 对多个调制辐射源 94 至 96 进行控制以控制多个调幅辐射的相对相位。然而应该意识到，可使用相位控制器来相控单个调制辐射源以生成多个相控的调幅辐射，从而直接照射到多个可变电阻器上。并且图 14 示出了图 10 的替代实施例，其中示出了使用单个调制辐射源来产生针对不同可变电阻器的相控的调幅辐射的相控阵列实施例的示意图。

[0057] 示例应用 :高功率微波发生

[0058] 当今的高压放大器或高功率微波 (HPM) 发生通常需要使用繁琐的真空电子学技术（即，真空功率管、磁电管、速调管、回旋管等）、或使用大脉冲功率系统。已经将激光触发的光电导开关 (PCS) 应用于紧凑型脉冲功率系统中，其中高压脉冲的即时转换产生了 HPM。然而，大部分由高功率微波 (HPM) 系统驱动的脉冲功率都是非常宽带的。最终结果是尽管可以实现特定量的中和效应，但额外的电磁能会辐射到友好的通信频率中并导致自相抵消。结果，问题的解决者只能在损失通信和有效中和中选择一种。

[0059] 对此，图 11 和 12 示出了本发明配置用于高功率微波发生和传输的两个示意图。具体来说，图 11 是本发明的基于应用配置的第一示例的示意图，该配置构成为用于高功率微波应用，其具有图 3 的调制辐射源、图 6B 的分压器配置，并且使其输出端口连接到用于发射高功率微波的微波喇叭。将微波喇叭 102 连接到分压器的输出端口以使得由被调制的可变电阻器所产生的经调制的电信号驱动微波喇叭来生成高峰值功率输出，如图所示，该输出对施加到铌酸盐晶体 25 的低电平电压输入进行放大。并且图 12 示出了类似于图 11 的配置，其中不同的是该配置具有脉冲形成线（诸如 Blumlein 型），使得微波喇叭连接到脉冲形成线的输出端。以此方式，可将主动 - 被动干扰设备所产生的低电平电信号施加到高功率发射器来进行广播。仅使用了系统的低功率部分将使得该技术可被用于定向能中和区。并且可使用电光调制器来实现诸如从电信号到定向能 HPM 的转换。在图 4 中示出了该装置。

[0060] 示例应用 :带电粒子的调制

[0061] 对带电粒子束的调制一直以来都是研究的迫切领域。在电子束的情况下这一点尤为重要，因为其关系到用于生成高功率连续电磁辐射的经调制的电子束的能力。对粒子束的调制可被分成密度调制以及速度或能量调制，其中密度调制是使束的密度随其长度而发生变化，而速度或能量调制是使束的能量（及对于非相对论的粒子束而言是其速度）随其长度而发生变化。已使用了多项技术来生成经调制的粒子束，诸如（在三级管中）使用调制电压作用在栅极上、或在共振腔中（如速调管中）与电磁场发生电子相互作用、或（如在行波管中）使用慢波结构。总的来说，还未使用调制激光来产生经调制的粒子束。一个例外是现有技术的文献中所描述的使用调制激光来通过光电效应产生经调制的电子束。该技术并不具有直接产生速度调制粒子束的能力，尽管在特定环境下密度调制可被转换成速度

调制。另外，该技术仅限于电子的产生，因此在例如质子束的调制方面是没有用处的。

[0062] 图 13 是本发明的基于应用配置的第三示例的示意图，该配置构成为用于在介质壁加速器 (DWA) 配置中调制带电粒子。具体来说，示出了堆叠的脉冲形成线（在最外侧电极处）被连接到具有射束轴 121 的介质壁束射管 120。另外示出了束射管中的带电粒子源 122，使得从中产生的带电粒子由 PWBSM 电阻器的启动来调制。通常以此配置，可执行调制来加速带电粒子，以调制带电粒子的能量 / 速度、或使带电粒子成束 / 散束（即，纵向聚焦 / 散焦）。可在介质壁束射管 120 的一端或两端选择性地提供网格（未示出）。而且，束射管可作为子系统位于各种系统中，例如在速调管之类的微波管上代替输入空腔，或位于慢波结构或周期磁阵列之类的电磁辐射源的上游，从而增加效果或减小尺寸。同样如图 18 所示，可将带电粒子源置于束射管内部，以从中提取带电粒子来对其进行带电粒子密度的调制。

[0063] 如图 15 至 17 所示，带电粒子调制的另一应用是通过提供三极管配置来实现的。在这些附图中，类似于图 6A 所示的分压器配置用于向三极管配置中的阳极、阴极和栅极之一提供调制电压。具体来说，图 15 构成为调制三极管配置中的阳极电压，图 16 构成为调制三极管配置中的栅极电压，而图 17 构成为调制三极管配置中的阴极电压。应该意识到，三极管优选地延伸到抽空气体或充满气体的区域中（例如封装中，用圆圈示出）。当被用于驱动真空或气态电子装置时，由穿透封装的电导体进行连接从而这些电导体可被附接到真空或气体区中的元件上（例如栅极）。以此方式，通过选择将三个电极的哪一个连接到（用于经调制的电信号的）输出端口，可使用三极管来对封装中存在的带电粒子进行排斥、偏转或者加速。其操作原理是，（通过丝极直接或间接）加热的阴极引起了电子的空间电荷被吸引到正电荷板极（阳极）并产生电流。向控制栅极提供负电荷将倾向于将一些（带负电荷的）电子排斥回阴极 ：栅极上的电荷越大，板极上的电流就越小。如果 AC 信号被叠加到栅极的 DC 偏压上，则在板极电路中出现 AC 信号的放大。

[0064] 虽然描述和 / 或图示了具体的操作参数，例如顺序、材料、温度、参量、以及具体的实施例，但这些都不是用来限制本发明。本领域技术人员可进行修改和变化，而本发明的范围仅由所附权利要求进行限定。

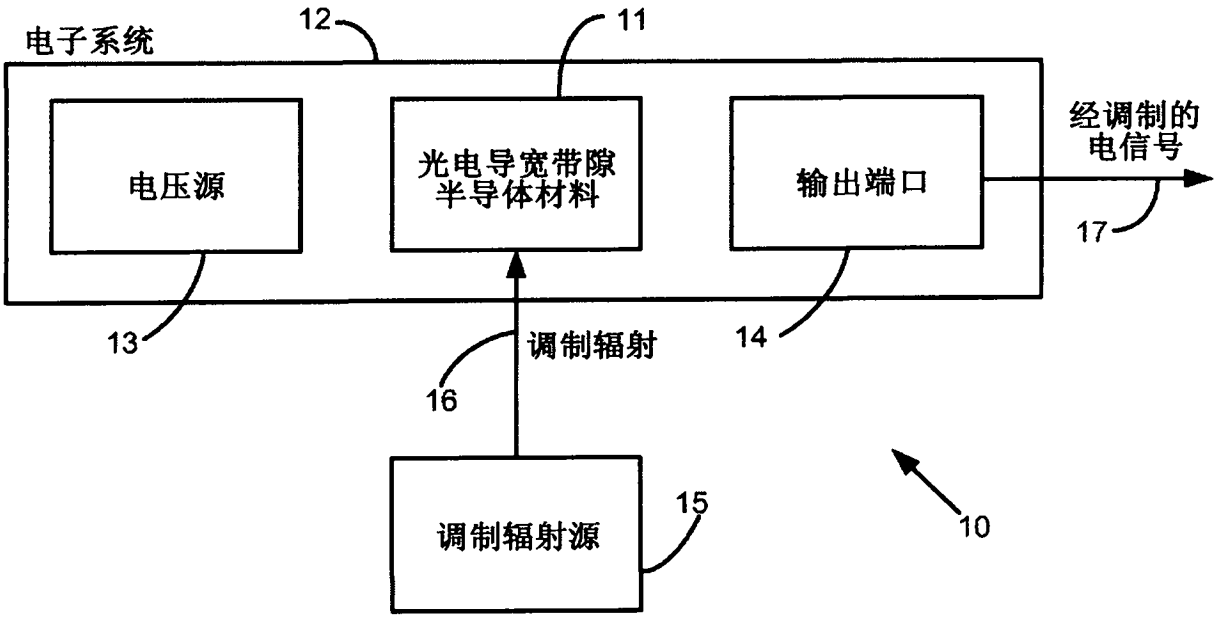

电子系统
12
11
电压源
光电导宽带隙
半导体材料
输出端口
经调制的
电信号
17
13
14
调制辐射
16
调制辐射源
15
10

图 1

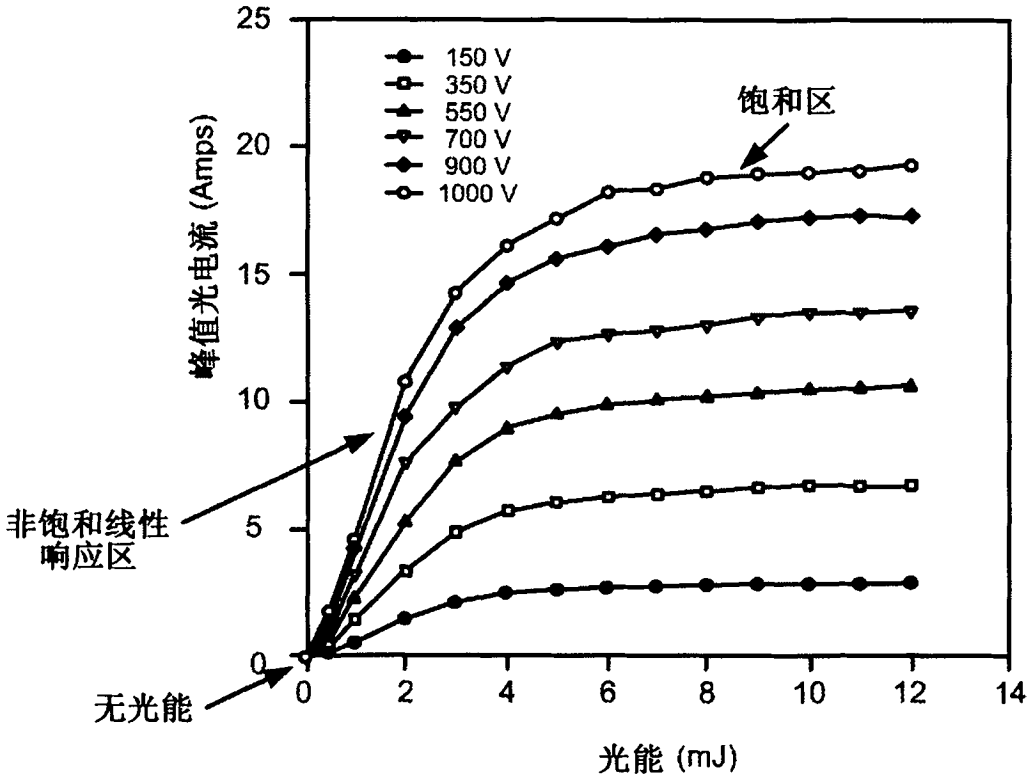

150 V
350 V
550 V
700 V
900 V
1000 V
饱和区
峰值光电流 (Amps)
非饱和线性
响应区
无光能
光能 (mJ)
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
10
12
14

图 2

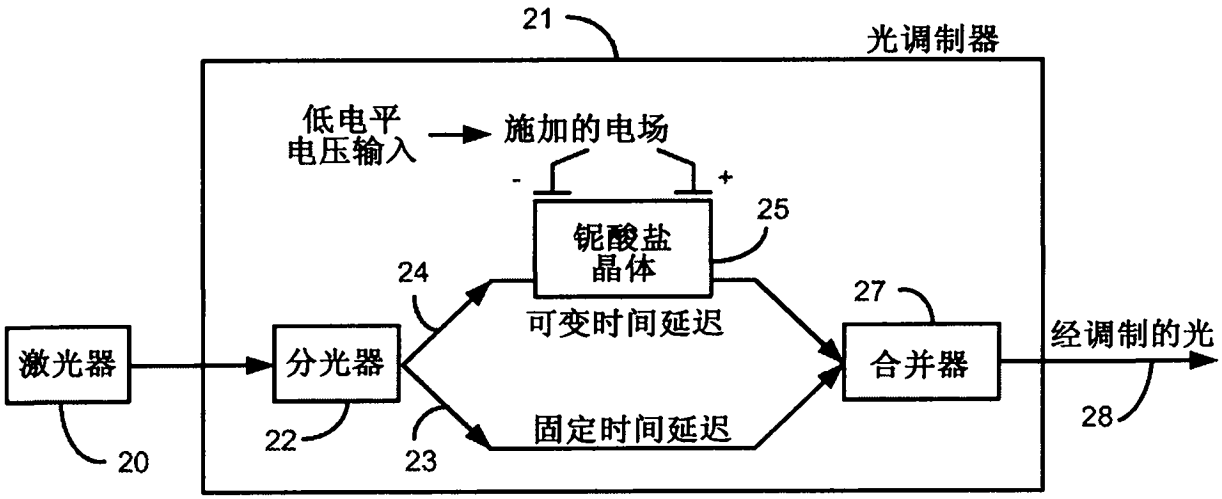

21
光调制器
低电平
电压输入
施加的电场
-
+
铌酸盐
晶体
25
24
27
可变时间延迟
激光器
分光器
合并器
经调制的光
固定时间延迟
20
22
23
28

图 3

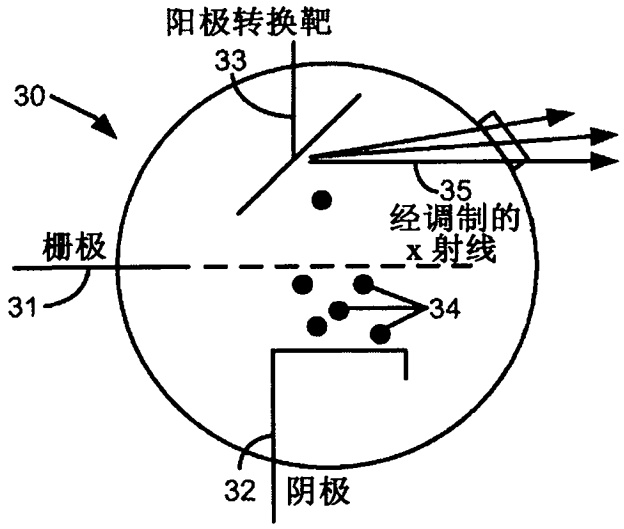

阳极转换靶
33
30
光电导宽带隙
半导体材料
35
36
经调制的
x 射线
栅极
31
34
32
阴极

图 4

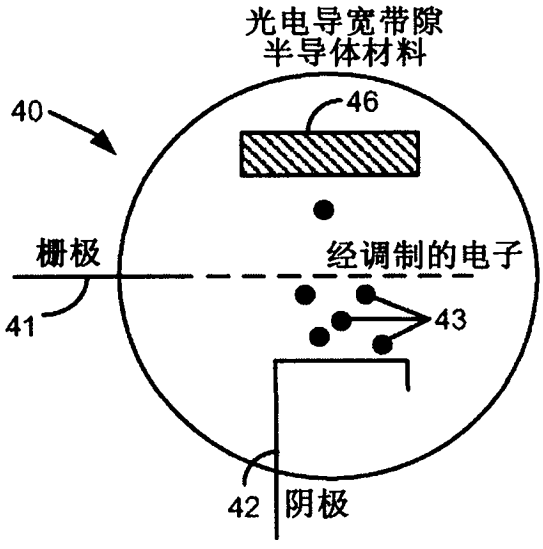

光电导宽带隙
半导体材料
46
40
栅极
经调制的电子
41
43
42
阴极

图 5

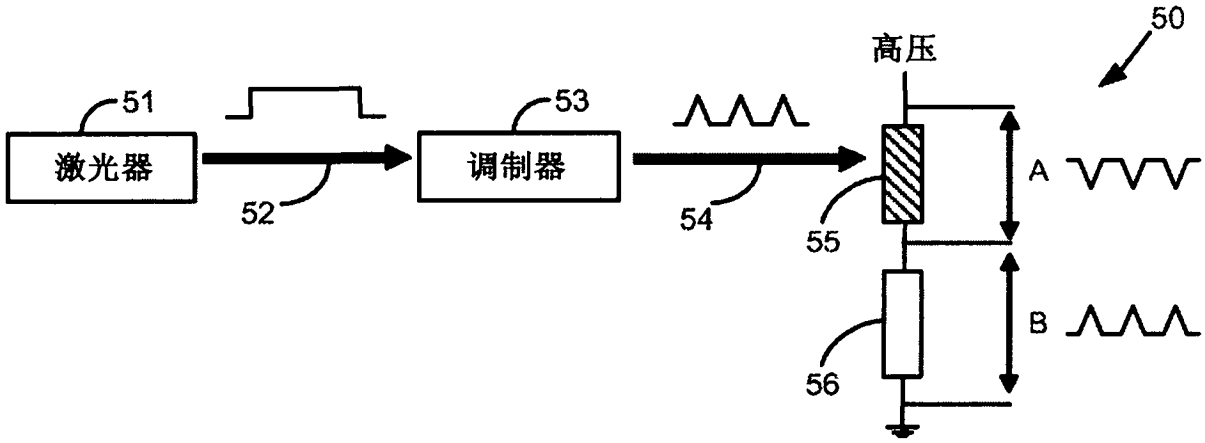

50
高压
51
激光器
52
53
调制器
54
55
A
56
B

图 6A

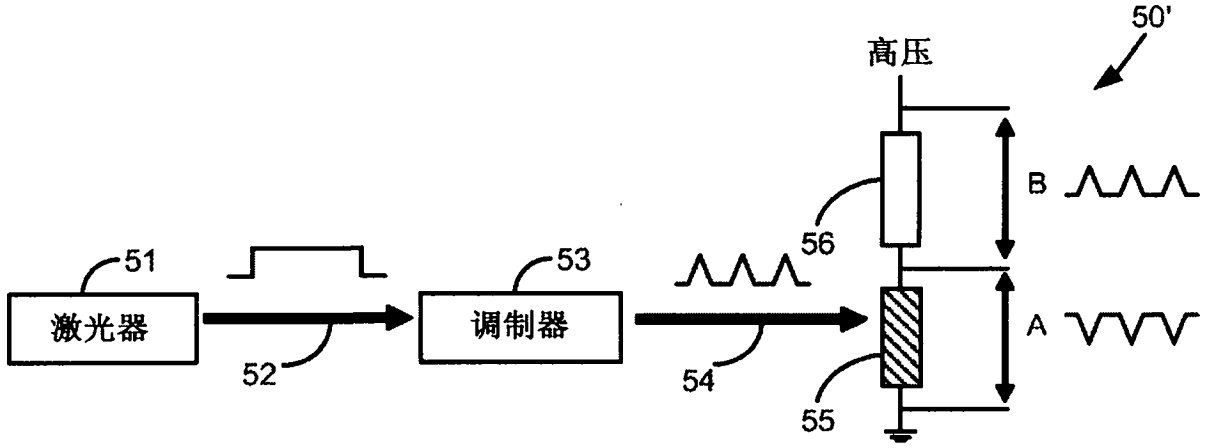

50'
高压
56
B
51
激光器
52
53
调制器
54
55
A

图 6B

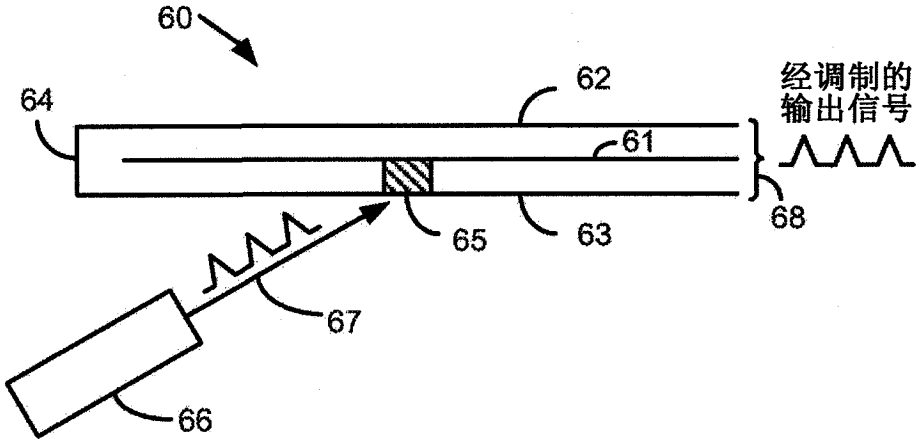

60
64
62
经调制的
输出信号
61
68
65
63
67
66

图 7

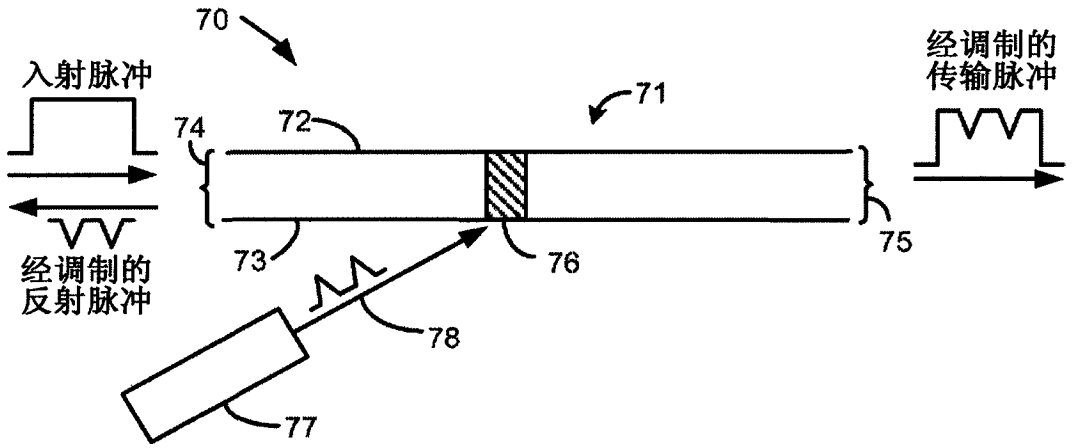

70
入射脉冲
经调制的
传输脉冲
71
74
72
73
76
75
经调制的
反射脉冲
78
77

图 8A

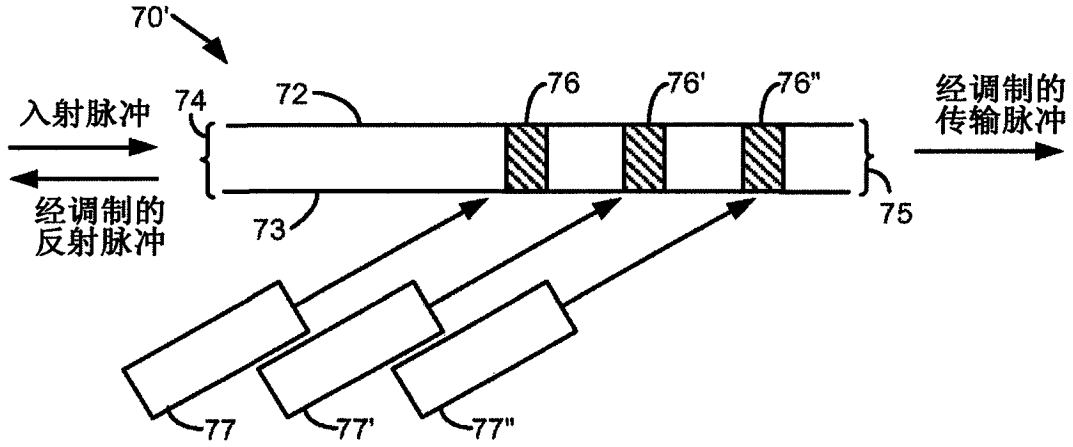

70'
入射脉冲
74
72
76
76'
76"
经调制的
传输脉冲
73
75
经调制的
反射脉冲
77
77'
77"

图 8B

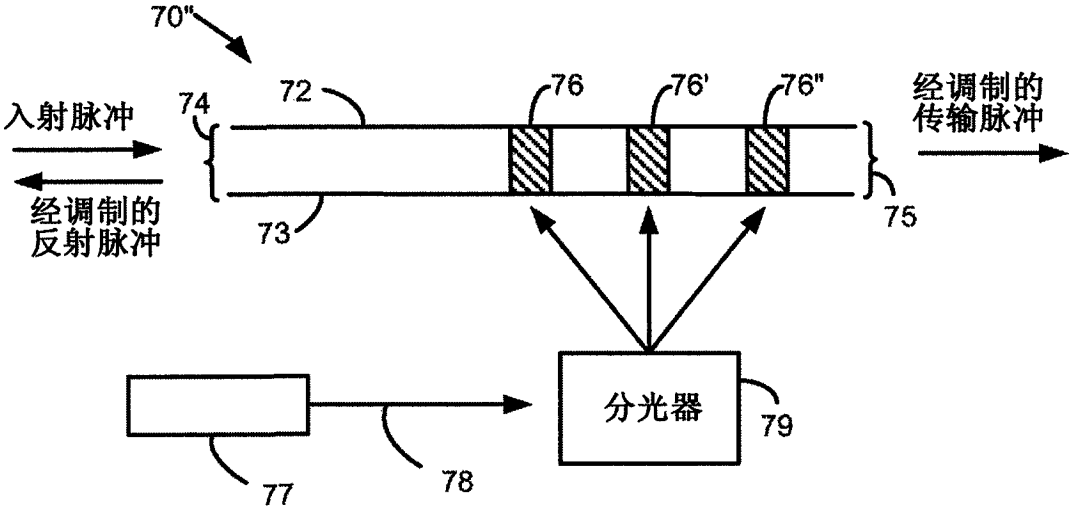

70"
入射脉冲
74
72
76
76'
76"
经调制的
传输脉冲
73
75
经调制的
反射脉冲
分光器
79
77
78

图 8C

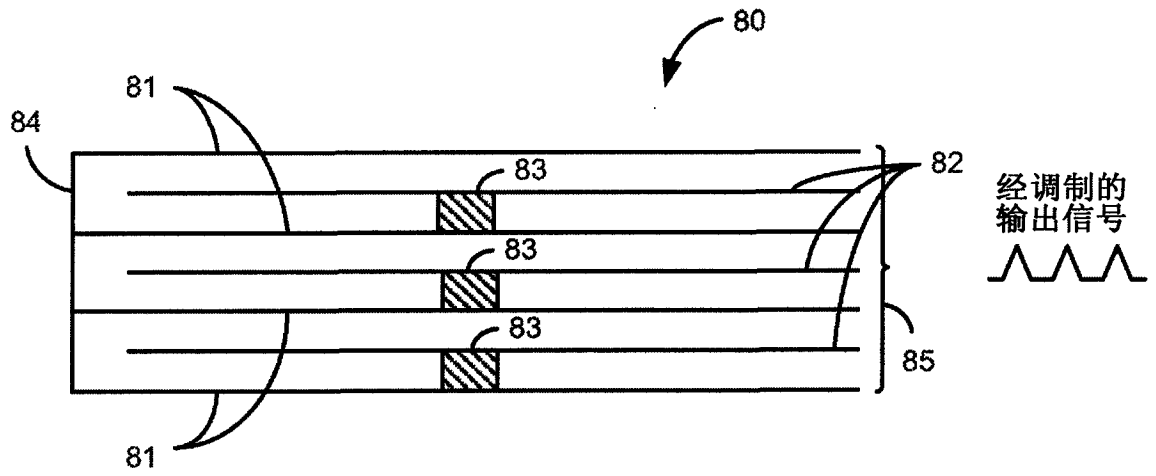

80
81
84
83
82
经调制的
输出信号
83
83
85
81

图 9

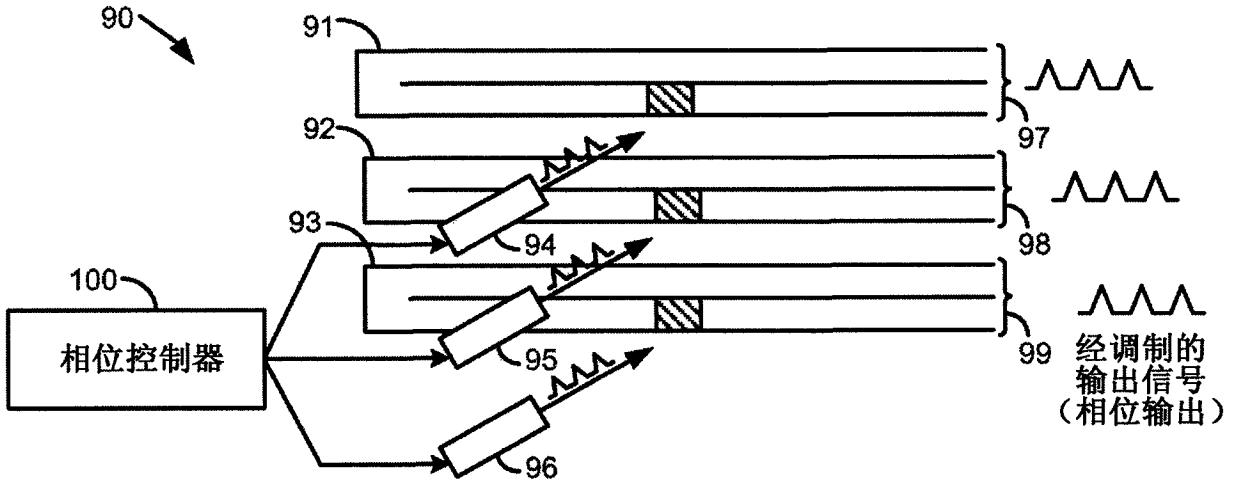

90
91
92
93
94
97
98
100
相位控制器
95
99
经调制的
输出信号
（相位输出）
96

图 10

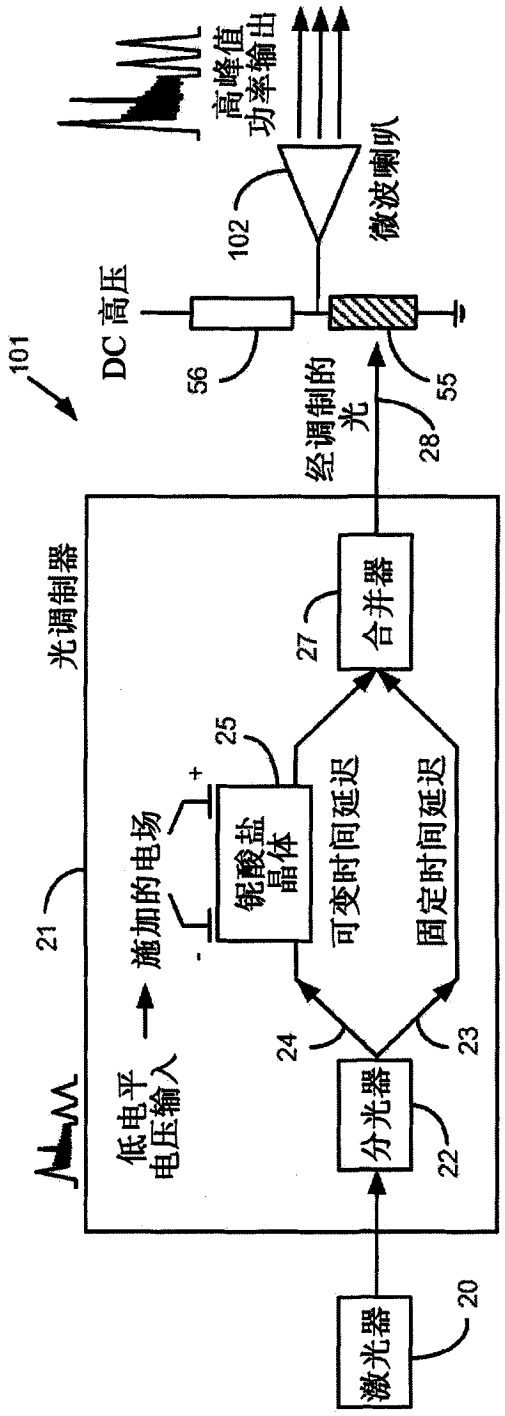

101
DC 高压
56
55
102
微波喇叭
高峰值
功率输出
经调制的
光
28
光调制器
21
施加的电场
低电平
电压输入
铌酸盐
晶体
25
可变时间延迟
固定时间延迟
27
合并器
24
23
分光器
22
激光器
20

图 11

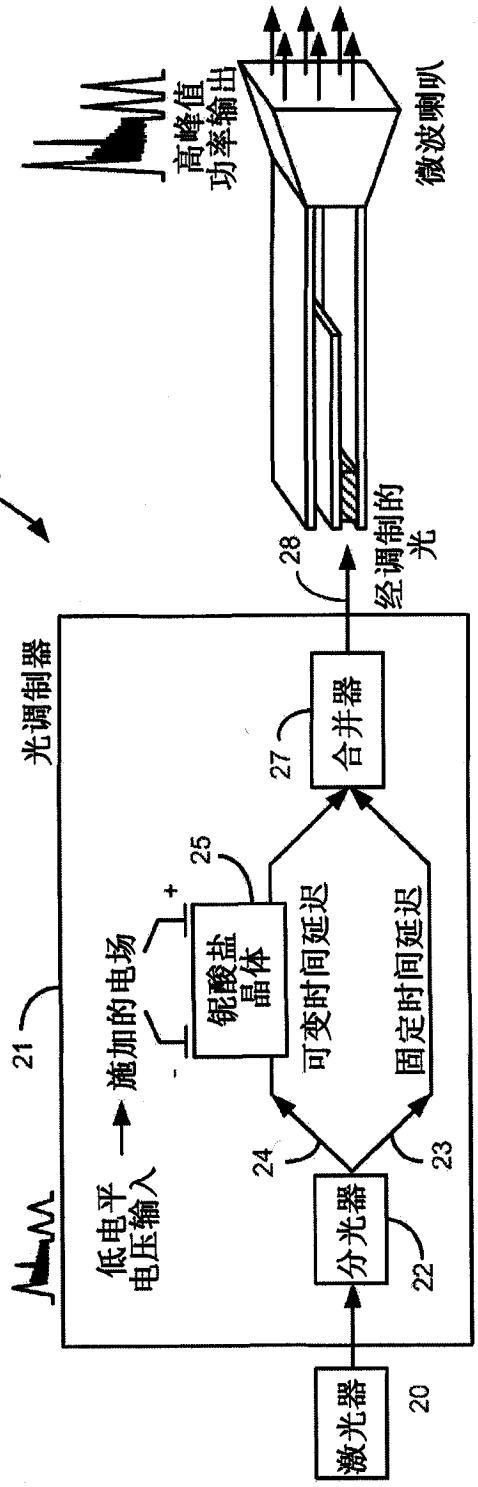

101
高峰值
功率输出
微波喇叭
28
经调制的
光
光调制器
21
施加的电场
低电平
电压输入
铌酸盐
晶体
25
可变时间延迟
固定时间延迟
27
合并器
24
23
分光器
22
激光器
20

图 12

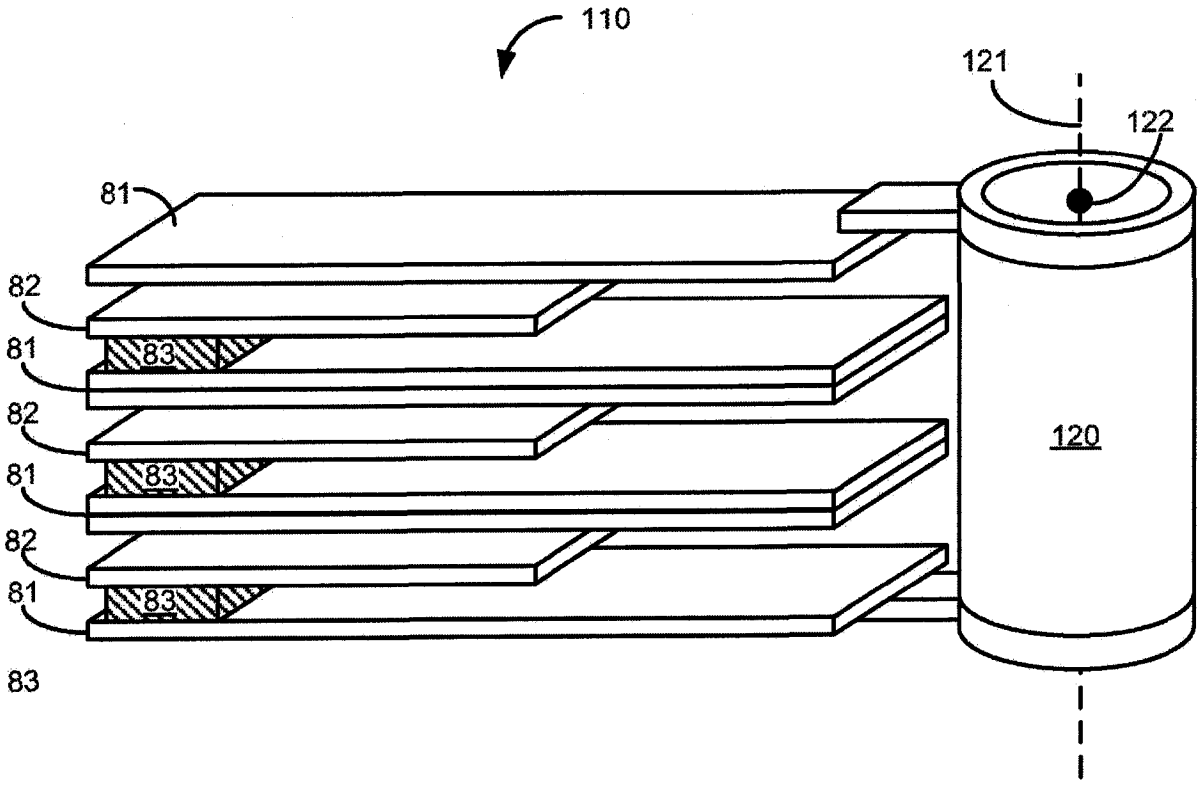

110
121
122
81
82
83
120

图 13

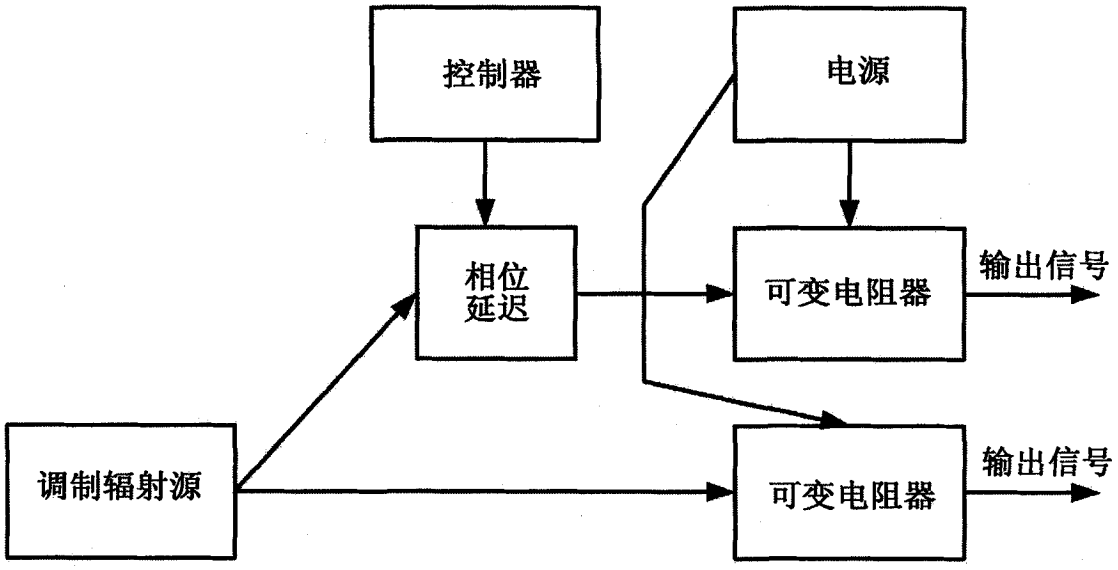

控制器
电源
相位
延迟
可变电阻器
输出信号
调制辐射源
可变电阻器
输出信号

图 14

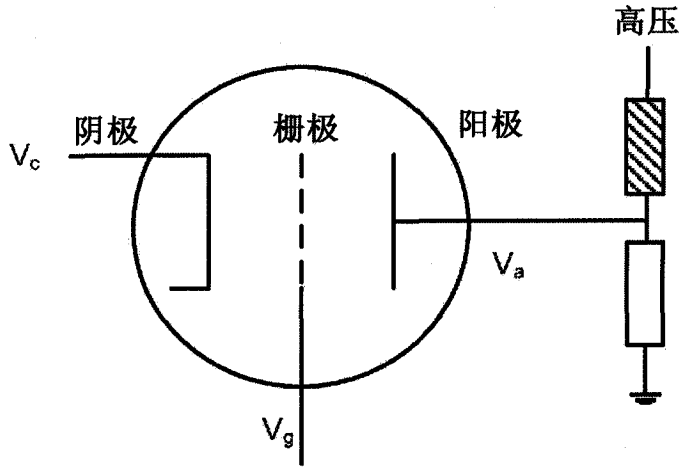



图 15

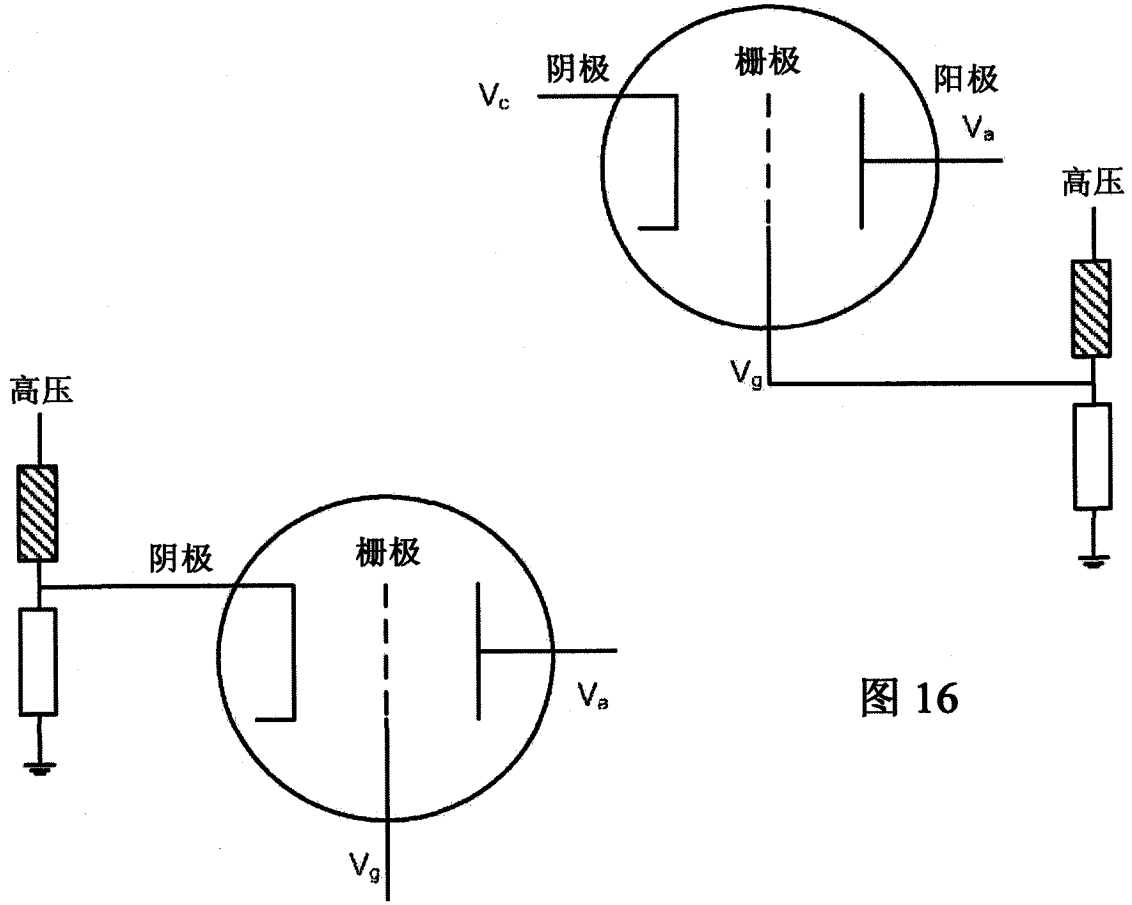



图 16

图 17