

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H03K 17/567

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95104505.9

[45]授权公告日 2000 年 3 月 22 日

[11]授权公告号 CN 1050719C

[22]申请日 1995.4.22 [24]颁证日 1999.12.24

[21]申请号 95104505.9

[30]优先权

[32]1994.4.22 [33]JP [31]084576/94

[32]1994.6.6 [33]JP [31]147080/94

[73]专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 中村博之

[56]参考文献

JP 平 1-261918A 1989.10.18 H03K17/56

JP 平 4-219985A 1992.8.11 H01L33/00

JP 平 4-219985A 1992.8.11 H01L33/00

审查员 郭 雯

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

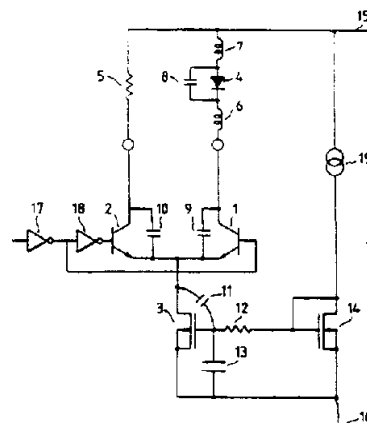
代理人 张 维

权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图页数 10 页

[54]发明名称 半导体发光元件驱动电路

[57]摘要

一种用于驱动发光元件的半导体发光元件驱动电路,包括一个双极晶体管,该管的一个基极被施以一个控制信号以驱动发光元件,并且该双极晶体管响应该控制信号,通过在一个发射极和一个集电极之间流过电流,驱动该发光元件;还包括一个绝缘栅晶体管,其连接于双极晶体管,起恒流源的作用。



权 利 要 求 书

1. 一种用于驱动发光元件的驱动电路，该电路为一集成电路，包括：

—包括 FET 驱动晶体管 (31) 的恒流源 (3)；和

—一对双极晶体管 (1, 2)，其发射极与所述恒流源相连，提供一恒流差分切换，以控制并驱动与所述双极晶体管 (1, 2) 之一的集电极相连并由其驱动的发光元件 (4)；

其特征在于，

所述恒流源 (3) 由多个 MOSFET 驱动晶体管形成 (31, 32 …) 形成，这些 MOSFET 驱动晶体管并联并且它们的漏极与所述双极晶体管 (1, 2) 的发射极相连，所述 MOSFET 晶体管的每一个分别具有与其栅极相连的由电阻 (41, 42 …) 和电容 (131, 132 …) 组成的时间常数电路。

2. 根据权利要求 1 的电路，其特征在于，所述 MOS 晶体管 (31, 32 …) 的每一个分别形成在硅基片上 (201) 的由 SiO_2 组成的场绝缘膜所隔离的有源区 (203) 上。

3. 根据权利要求 1 的电路，其特征在于，该电路与发光元件 (4) 一样装配在同一基片 (201) 上，并集成在一起。

4. 根据权利要求 1 所述的电路，其特征在于，所述发光元件驱动电路包括，两个形成于一个集成电路中的差动地连接的双极晶体管，一个连接于所述双极晶体管的公共发射极的恒流流，和一个连接于所述双极晶体管之一的一个集电极的发光元件；并且通

过向所述的双极晶体管的基极施加互补脉冲信号，驱动所述的发光元件；和

一个由一电阻和一电容组成的串联电路，其在所述的集成电路中形成，所述集成电路是其中形成有所述双极晶体管的集成电路；所述串联电路连接在所述双极晶体管的集电极与一个电源或一个基片电位之间。

5.根据权利要求4所述的电路，其特征在于，通过适当选择与在所述集成电路外部产生的寄生电感有关的所述电阻的电阻值和所述电容的电容值，将一个在互补脉冲信号施加于所述双极晶体管的基极时流过所述半导体发光元件的电流设定到一个临界状态；该临界状态是其中电流按振荡方式改变的状态与其中电流按非振荡方式改变的状态之间的状态。

说 明 书

半导体发光元件驱动电路

本发明涉及半导体发光元件驱动电路，它用作显示器的、指示器的或 LED（发光二极管）打印头的 LED 驱动电路；或用作光盘装置的、IC（集成电路）制作中曝光装置的或激光束打印机的激光源驱动电路；或者用作光通信的发光元件的驱动电路。

用于以发光二极管（LED）和半导体激光器为代表的半导体发光元件的驱动电路可以分为两类：共阴极电路和共阳极电路。

在共阴极电路中，发光元件的阴极与低电位的参考电压源相连接；而其阳极则与恒流电源相连接。

在共阳极电路中，发光元件的阳极与高电位的参考电压源相连接；而其阴极则与开关电路和恒流电源相连接。

在日本公开专利申请第 2—296382 号中公开了前一种电路的一个实例。预计后一种电路将成为未来的主流电路，因为其开关速度高于前一种电路。

图 1 是表示传统的半导体发光元件驱动电路实例的电路图。

参照图 1，这个驱动电路包括差动连接的双极晶体管 1 和 2；一

一个用恒定电流工作的双极晶体管 3；一个半导体发光元件 4；一个电阻 5；一个连接用于驱动半导体发光元件的双极晶体管和半导体发光元件的连接线的电感 6；一个连接半导体发光元件和电源的连接线的电感 7；一个半导体发光元件的结电容 8；双极晶体管 1 和 2 各自的集电极—发射极电容 9 和 10；以及双极晶体管 3 的基极—集电极电容 11。

如图 1 所示，在这个由惯用半导体集成电路组成的半导体发光元件驱动电路中，这些差动连接的双极晶体管 1 和 2 的发射极，都与有着相同导电类型并起一恒流源作用的双极晶体管 3 的集电极相连接。

可惜在图 1 所示的这类现有技术的装置中，用于驱动半导体发光元件的电流波形，在某些情况下有大的畸变。

图 2 用于解释在图 1 所示线路布置中，半导体发光元件的驱动电流发生畸变的机理。下面参照图 2 将对该机理进行描述。

半导体发光元件 4 需要在约几个 mA 至 100mA 的恒定电流下高速地得到开关。假设这个恒定电流值为 I ，电感 6 和 7 的电感值分别为 L_1 和 L_2 。如果晶体管 1 从截止状态被启动且流经半导体发光元件 4 的电流从基本为零达到恒定电流值 I 所需的时间为 t ，则由这个电流变化在电感 6 和 7 中产生的反电动势电压 V_1 和 V_2 分别为：

$$V_1 = L_1 \cdot I/t, \quad V_2 = L_2 \cdot I/t$$

V_1 是通过晶体管 1 的集电极—发射极电容 9 和晶体管 3 的基极—

集电极电容 11 而传送到晶体管 3 的基极的。同样, V_2 是通过半导体发光元件 4 的结电容 8 和电容 9 和 11 而传送到晶体管 3 的基极的。

双极晶体管的互感 g_m 用下式表示:

$$g_m = \partial I_c / \partial V_{be} = q I_c / kT$$

亦即, 集电极电流大的变化, 可引起加于基极的电势变化。因此, 在这种惯用装置中, 线路电感中产生的电势变化, 被传送到以恒定电流工作的晶体管 3 的基极, 从而使集电极电流畸变, 即半导体发光元件的驱动电流波形畸变。

这种波形畸变以过冲或减幅振荡为代表。如果发生过冲, 半导体发光元件就会劣化, 从而采用这种 半导体发光元件的产品的使用寿命就被缩短。

用来防止这种畸变的技术实例有图 3 和 4 所示的线路结构。在图 3 中, 把由电阻 12 和电容 13 组成的一个缓冲电路, 从外部附加地提供给装入有半导体发光元件驱动电路的组件。在图 4 中, 那些被差动地连接的发射极和一个以恒定电流工作的晶体管的基极与集电极都被抽为终端, 并且插入一线圈 14 或电容 15 以稳定该恒定电流。

然而, 在图 3 所示的技术中, 由于为消除过冲而安装的电阻和电容会延迟其上升时间, 从而降低了驱动频率。

在图 4 所示的技术中, 增加了组件引脚的数目和部件的数目。

在图 3 和 4 中, 连接终端用 19、20、21 和 22 表示。

本专利申请的第一项发明解决这个问题。

如图 6 所示，在装有集成电路 117 的组件 116 的外面，提供一个用于高速地开关半导体发光元件的惯用电路，即一个图 5 所示的作为分立电路元件的电阻 109 和电容 110 的串联电路。

图 5 是这种含有寄生元件（寄生电感元件）的先有技术的等效电路图。图 6 示出图 5 所示电路的组装状态。参照图 5 和 6，这种电路包括在集成电路 117 中制成的差动连接的双极晶体管 1 和 2；恒流源 3；半导体发光元件 4；电阻 5；接合导线的寄生电感 106，该导线用来把驱动半导体发光元件用的诸双极晶体管的集电极连接到组件 116 的引脚上；引脚寄生电感 107；从该引脚到半导体发光元件 4 的连接线寄生电感 108；电阻 109；电容 110；由电阻 109 和电容 110 串联引起的寄生电感 112；电源 15；用于驱动晶体管 1 和 2 的互补脉冲信号 114 和 115；以及包括晶体管 1 和 2 的集成电路 117。

半导体发光元件需要在约几个 mA 至 100mA 的恒定电流下高速得到开关。假定这一恒定电流值为 I ，且寄生电感 106、107、108 和 112 的电感值分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 。图 7 是一个近似电路，其中用开关 118 代表图 5 中的晶体管 1，且 $L_1=L_2=0[H]$ 。在图 7 中，当开关 118 在时间 $t=0$ 时被闭合时，就在点 A 建立下列方程：

$$V_A = 1/C \cdot \int i_2 dt + L_4 \cdot di_1/dt + Ri_2 \quad (1)$$

$$V_A = V_{CC} - L_3 \cdot di_1/dt \quad (2)$$

$$i_1 = i_2 + I \quad (3)$$

式中 V_A 是点 A 的电势, V_{CC} 是电源电压。

通过把方程 3 代入方程 1 并且进行微分, 就得出方程 4 如下:

$$dV_A/dt = 1/C(i_1 - I) + L_4 \cdot d^2 i_1 / dt^2 + R \cdot di_1 / dt \quad (4)$$

此外, 通过对方程 2 进行微分, 就得出方程 5 如下:

$$dV_A/dt = -L_3 \cdot d^2 i_1 / dt^2 \quad (5)$$

从方程 4 和 5, 得出方程 6 如下:

$$(L_3 + L_4) \cdot d^2 i_1 / dt^2 + R \cdot di_1 / dt + 1/C(i_1 - I) = 0 \quad (6)$$

用方程 7 表示方程 6 的特征方程 $\phi(D)$:

$$\phi(D) = (L_3 + L_4)D^2 + R \cdot D + 1/C \quad (7)$$

假定 $\phi(D)$ 的根是 λ_1 和 λ_2 , 则一个瞬态解如下:

$$i_1 = K_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + K_2 \cdot e^{\lambda_2 t} \quad (\text{式中 } K_1 + K_2 \text{ 是常数}) \quad (8)$$

在开关 118 被闭合后的稳定态之下, $i_1 = I$ 。因此, 用方程 9 给出通解如下:

$$i_1 = I + K_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + K_2 \cdot e^{\lambda_2 t} \quad (9)$$

通过求解方程 7, 得出方程 10 如下:

$$\begin{aligned} D &= -R/2(L_3 + L_4) \pm j\sqrt{(\omega_0^2 - \tau^{-2})} \\ &= -\tau^{-1} \pm j\omega_t = \lambda_1, \lambda_2 \end{aligned} \quad (10)$$

式中 $\omega_0 = 1/\sqrt{(L_3 + L_4)C}$, $\tau = 2(L_3 + L_4)/R$,

$$\omega_t = \sqrt{(\omega_0^2 - \tau^{-2})}$$

在方程 10 中, 根号内的数值可以或正或负, 所以可能出现下列三种情况:

$$(1) \omega_0 > \tau^{-2}$$

$$(2) \omega_0 < \tau^{-2}$$

$$(3) \omega_0 = \tau^{-2}$$

在情况 (1) 中, λ_1 和 λ_2 都是复数, 因此 i_1 成为振荡的。通过对方程 9 进行微分, 得出方程 11 如下:

$$di_1/dt = K_1 \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + K_2 \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 t} \quad (11)$$

假定在方程 9 和 11 中, 对 $t=0$, $i_1=0$, $t=\infty$, 和 $i_1=1$, 得出

$$0 = I + K_1 + K_2 \text{ and } 0 = K_1 \lambda_1 + K_2 \lambda_2$$

因此,

$$K_1 = \lambda_2 I / (\lambda_1 - \lambda_2) \text{ and } K_2 = -\lambda_1 I / (\lambda_1 - \lambda_2)$$

从而得出方程 12 如下:

$$i_1 = 1 [1 - \{\omega_0/\omega_r \cdot e^{-(t/\tau)} \cdot \sin(\omega_r t + \theta)\}]$$

$$\theta = \tan^{-1} \omega_r \tau \quad (12)$$

方程 12 表明, 频率 ω_r 的振荡按时间常数 τ 对数地减小。

在情况 (2) 中, λ_1 和 λ_2 是负实数, 因此不导致振荡态。

$$\lambda_1, \lambda_2 = -\tau^{-1} \pm \omega_s$$

式中 $\omega_s = j\omega_r$,

$$\omega_r = \sqrt{[R/2(L_3 + L_4)]^2 - \{1/\sqrt{(L_3 + L_4)C}\}^2}$$

由此得出方程 13 如下:

$$i_1 = I [1 - \{\omega_0/\omega_s \cdot e \text{ 的 } -(t/\tau) \text{ 次幂}\} \cdot \sin(\omega_s t + 0)]$$

$$\theta = \tan^{-1} \omega_s \tau \quad (13)$$

从而 i_1 对数地变化。

在情况 (3) 中, $\lambda_1 = \lambda_2 = -\tau^{-1}$, 这意味着一个临界点。

对 $\omega_f = 0$,

$$\omega_0 = \tau^{-1}$$

$$i_1 = I [1 - \{\omega_0/\omega_s \cdot e \text{ 的 } -(t/\tau) \text{ 次幂}\} \cdot \sin(\omega_s t + 0)]$$

因此对 $\omega_f \rightarrow 0$,

$$i_1 = I \{1 + (1 + t/\tau) \cdot e \text{ 的 } (-t/\tau) \text{ 次幂}\}$$

在情况 (1)、(2) 和 (3) 中, 流过半导体发光元件的电流的波形分别如图 8A 至 8C 中 (a)、(b) 和 (c) 所示。图 8A 所示的波形, 由于过冲的出现而缩短半导体发光元件的寿命, 从而缩短产品寿命。图 8B 所示的波形增加其上升时间, 从而不可能进行高速开关。最好的波形如图 8C 所示。在这种情况下, 从方程 11 得出方程 14 如下:

$$1/\sqrt{((L_3 + L_4)C)} = R/2(L_3 + L_4) \quad (14)$$

因此, 能够从寄生电感 L_3 和 L_4 的值确定可用来使上升时间减至最少的电阻 109 的电阻值和电容 110 的电容值。

在此, 上面定量考虑中假定的 $L_1 = L_2 = 0$ [H] 是重要的。因为假定 $L_1 = L_2 = 0$ [H], 就可确定藉以使上升时间减至最少且不发生过

冲的电阻 109 的电阻值和电容 110 的电容值。然而，因为惯用电路利用一个电阻和一个电容作为组件外部的分立部件，所以存在着接合导线的寄生电感 106 ($=L_1$) 和组件引脚的寄生电感 107 ($=L_2$)。结果，不能建立 $L_1=L_2=0$ [H]。这就使它难以防止过冲。为了防止过冲，必须加大电容 110 的电容值。可惜加大电容 110 的电容值会降低工作速度。

本申请的第二项发明解决上述问题。

本发明之第一个目的在于实现能够用稳定驱动电流去驱动半导体发光元件的半导体发光元件驱动电路，方法是通过消除半导体发光元件的驱动电流波形的畸变，从而防止半导体发光元件受损，并延长产品寿命。

本发明之第二个目的在于提供一种能够防止驱动频率下降、或组件引脚数目和部件数目增加的半导体发光元件驱动电路。

本发明之第三个目的在于提供一种用于驱动发光元件的半导体发光元件驱动电路，它包括一个双极晶体管，对该管的基极施以用于驱动发光元件的控制信号，该双极晶体管响应此控制信号，通过在发射极和集电极之间流过电流来驱动发光元件；还包括一个绝缘栅晶体管，它与该双极晶体管相连接，起恒流源的作用。

本发明之第四个目的在于提供一种用于驱动发光元件的半导体发光元件驱动电路，它包括一个双极晶体管，对该管的基极施以用于驱动发光元件的控制信号，该双极晶体管响应此控制信号，通过

在发射极和集电极之间流过电流来驱动发光元件；一个与该双极晶体管相连接的恒流电源；和一个插入在双极晶体管与发光元件之间的线路之中的串联电路，其由一个电阻和一个电容组成；上述的双极晶体管，恒流电源和串联电路都集成至一个单独的芯片中。

本发明之第五个目的在于提供一种利用一个半导体发光元件驱动电路作其装置的电路，该驱动电路是一个半导体集成电路，其中一些差动地连接的双极晶体管和一个 MOS 晶体管形成于同一基片上；还具有一个半导体发光元件连接于这些差动连接的双极晶体管的集电极上，并受它们驱动；其中，差动连接的双极晶体管的发射极都连接于 MOS 晶体管的漏极，而 MOS 晶体管作为一恒流源工作，并且具有与双极晶体管一样的导电类型。在这种配置下，该电路通过用其互导很小的 MOS 晶体管来控制恒流源的响应特性，能够防止在半导体发光元件的驱动电流中发生过冲或减幅振荡。

本发明之第六个目的在于提供这样一种电路，该电路中提供有一个由一个电阻和一个电容组成的串联电路，该串联电路在一个形成双极晶体管的集成电路中形成，并且连接于这些双极晶体管集电极与一个电源或一个基片电位之间。利用这种设置，该电路能够有效地抑制过冲并防止操作速率降低。

图 1 是一个表示惯用半导体发光元件驱动电路的电路图；

图 2 是一个表示图 1 中电路工作时各节点电压波形和电流波形的图：

图 3 是一个表示另一个驱动电路的电路图；

图 4 是一个表示又一个驱动电路的电路图；

图 5 是一个表示惯用半导体发光元件驱动电路的电路图；

图 6 是一个表示图 5 中电路的组装状态的视图；

图 7 是图 5 的一个近似电路图；

图 8A 至 8C 是一些表示驱动电流波形的图；

图 9 是一个表示根据本发明第一个实施例的一个半导体发光元件驱动电路的电路图；

图 10 是一个用于解释当图 9 中电路工作时各节点电压波形和电流波形的图；

图 11A 至 11C 是一些表示运用本发明的半导体发光元件驱动电流波形和恒定电流 NMOS 栅压波形的图；

图 12 是一个表示根据本发明第二个实施例的一个驱动电路的电路图；

图 13 是一个表示根据本发明第三个实施例的一个驱动电路的电路图；

图 14 是一个表示根据本发明各实施例的驱动电路芯片局部的截面图；

图 15 是一个表示根据本发明各实施例的驱动电路芯片的局部的截面图；

图 16A 和 16B 是表示使用本发明驱动电路的系统布置示意图。

本发明之基本配置是一个驱动电路，它包括一个用来驱动发光元件的被施以控制信号的双极晶体管，和一个用来向该双极晶体管供给恒定电流的恒流源。

当施加一个 ON (接通) 信号用作控制信号时，双极晶体管被接通，以便在发射极与基极之间流通电流。此电流用于驱动发光元件，由恒流源供应。

本申请的第一项发明的一个实施例是一个半导体发光元件驱动电路，它是一个具有一些差动地连接的双极晶体管和一个在同一基片上的 MOS 晶体管的半导体集成电路，它利用这些差动连接的双极晶体管作为一个开关电路，并且它还具有一个连接于这些双极晶体管且由它们驱动的发光元件。在这个电路中，一个使用一个 MOS 晶体管的恒定电流电路与这些差动地连接的双极晶体管相连接。利用这一配置，可以通过用一个其互导很小的 MOS 晶体管控制恒流源的响应特性，来抑制发光元件驱动电流中出现过冲和减幅振荡。

这个驱动电路之特征还在于有多个 MOS 晶体管被并联。除了那些通过特殊方法制作的 MOS 晶体管(例如一些功率 MOS 晶体管)之外，有一个 MOS 晶体管(例如在本发明中与诸双极晶体管在同一集成电路中形成的一个晶体管)主要用于逻辑电路中。因此，一个 MOS 晶体管操纵的电流一般为 $1\mu\text{A}$ 或小于 $1\mu\text{A}$ 。因此，需要一个非常大的 MOS 晶体管才能得到用于驱动一个半导体发光元件的几个 mA 至 100mA 的电流。通过仿真获得的这样一个 MOS 晶体管的尺寸是，栅

极宽度为 $2000\mu\text{m}$ 和栅极长度为 $3\mu\text{m}$ 。这种尺寸的一个 MOS 晶体管不能再被当成是一个集总常数来处理，所以在该晶体管中有时发生电流密度变化。为了防止这种情况，最好并联地连接多个 MOS 晶体管。

此外，半导体发光元件驱动电路之特征在于，有一个在用作恒流源的 MOS 晶体管的同一集成电路中形成的一个时间常数电路，它由一个电阻和一个电容构成，连接于 MOS 晶体管的栅极。利用这一配置，能够控制栅极电位的波形，因为时间常数是被最佳化的。据此，可以得到一个没有过冲和减幅振荡的电流波形。

此外，半导体发光元件驱动电路之特征在于，双极晶体管的基极是在施以一互补信号时被驱动的。因此，双极晶体管不会被饱和地得以开关。这就容许电流以最高速度切换。

这就是说，根据本发明，有一 MOS 晶体管用作一恒流源而连接于差动地连接的诸双极晶体管的发射极，并且，如果必要的话，还有一个由一电阻和一电容构成的时间常数电路连接于 MOS 晶体管的栅极。据此，就有可能得到一个没有过冲和减幅振荡的高速电流脉冲波形。

在本申请的第二项发明中，一个由一对差动地连接的双极晶体管组成的开关电路，和一个由一电阻和一电容组成的串联电路，都被集成到一个单芯片的 IC（集成电路）之中。

更为可取的是这种电路是一个驱动电路，在该电路中，一个驱

动装置连接于发光元件的阴极，该驱动装置具有一个由一对差动地连接的双极晶体管组成的开关电路和一个由一 MOS 晶体管构成的恒流电路。在这种电路配置中，电阻和电容的串联电路与发光元件的阴极相连接，并且驱动电路和串联电路都集成到一个芯片之中。

用众所周知的 IC 工艺技术，可以把这些驱动电路作成单芯片的 IC。还可以用例如砷化镓或铟磷 (indium phosphorus) 之类的化合物半导体来制作这些电路。当一个驱动电路是用同发光元件一样的化合物半导体来制造时，完全可以把二者集成到一个集成电路芯片之中。

(第一实施例)

图 9 是表示根据本发明第一个实施例的半导体发光元件驱动电路的一个电路图。参照图 9，NPN 型晶体管 1 和 2 是差动地连接的。一个 NMOS 晶体管 3 具有一个连接于 NPN 型晶体管 1 和 2 的共发射的漏极，且以恒定电流工作。一个半导体发光元件 4 的阴极经过线路的寄生电感 6 连接于 NPN 型晶体管 1 的集电极。一个作为负载的电阻 5 连接于 NPN 型晶体管 2 的集电极。一个寄生电感 7 是由于在半导体发光元件 4 的阳极与一用作高电位参考电压源的电源 15 之间的线路而产生的。半导体发光元件 4 有一个结电容 C_j ，8。NPN 型晶体管 1 和 2 分别具有发射极—集电极电容 9 和 10。作为一恒流源工作的 NMOS 晶体管 3 有漏极—栅极电容 11。电阻 12 的一端连接于 NMOS 晶体管的栅极和电容 13 的一端；电阻 12 的另一端连接

于一个用于施加偏置电位的 NMOS 晶体管 14 的栅极和漏极。电容 13 的另一端连接于作为低电位参考电压源的地电位 16。反相器 17 和 18 把互补开关信号提供给那些差动地连接的 NPN 型晶体管的基极。一个恒流源向 NMOS 晶体管 14 提供恒定电流。

图 10 是一个表示第一个实施例中各节点电压波形和电流波形的图。下面参照图 10 描述该实施例的工作。

反相器 17 把高电平信号提供给 NPN 型晶体管 1 的基极；而反相器 18 则将低电平信号提供给 NPN 型晶体管 2 的基极。因此，NPN 型晶体管 1 导通，而 NPN 型晶体管 2 截止。NPN 型晶体管 1 的集电极电流，即半导体发光元件的驱动电流，在某一时刻 t 从 0 变到以恒定电流工作的 NMOS 晶体管 3 的漏极电流 I 。如图 10 中 (a) 和 (b) 所示，在时刻 t 的电流变化 I ，由于寄生电感 6 ($=L_1$) 和 7 ($=L_2$) 而分别产生反电动势电压脉冲 $L_1 \cdot I/t$ 和 $L_2 \cdot I/t$ 。这些反电动势电压脉冲，通过半导体发光元件的结电容 8、NPN 型晶体管 1 的发射极—集电极电容 9 和 NMOS 晶体管 3 的栅极—漏极电容 11，而传送到 NMOS 晶体管 3 的栅极。在 NPN 型晶体管 1 和 2 的发射极的电位变化示于图 10 的 (e) 中，图中实线波形是由给各基极的互补驱动信号产生的，而虚线波形是用反电动势电压脉冲而合成的。因此，图 10 的 (f) 中示出的虚线电位波形是在 NMOS 晶体管的栅极产生的。

NMOS 晶体管的互感 g_m 被表达成：

$$g_m = \sqrt{(I_D \cdot \mu_n C_{ox} W / L)}$$

式中 I_D : 漏极电流

μ_n : 电子迁移率

C_{ox} : 栅极电容

W : 沟道宽度

L : 沟道长度

上述方法表明, NOS 晶体管的互感远小于双极晶体管的互感。这说明, 在漏极电流变化时在其栅极的电位变化的影响是小的。

此外, 在本实施例中, 电阻 12 和电容 13 连接于 NMOS 晶体管 3 的栅极。因此, 栅极电位的行为受时间常数 $\tau = C_G \cdot R_G$ 所控制。这就是说, 栅极电位按照时间常数 τ 响应高速脉冲。

图 11A 至 11C 表示半导体发光元件的驱动电流波形, 和在改变时间常数时得出的栅极电压波形, 该时间常数是通过连接于以恒定电流工作的 NMOS 晶体管 3 的栅极的电阻 12 和电容 13 而获得的。图 11A 至 11C 表明, 当时间常数被调到很相宜时, 便能够得到没有过冲和减幅振荡的电流波形。

NOS 晶体管 3 最好是用若干个 NOS 晶体并联组成的, 这些 NOS 晶体管是在一个 Si 基片上形成的多个有源区中单独形成的, 并且用一种由作为介电物质的 SiO_2 制成的场绝缘膜加以隔离。

(第二实施例)

图 12 是一个表示根据本发明第二个实施例的半导体发光元件驱动电路的电路图。在该实施例中, 有多个 NMOS 晶体管并联地连

接，还有一个电阻和一个电容连接于各 MOS 晶体管的栅极。

这样配置的原因在于，如果增加一个 NMOS 晶体管的 W/L 以获得所需的驱动电流的话，就必须把栅极的行为看成是一个分布常数电路，也就是说，不可能把该晶体管当作一个集总常数来对待，并且这种情况还使得难以对电路进行最佳设计。

如上所述，用一个 MOS 晶体管作为连接于差动连接的双极晶体管发射极的恒流源，还有一个由一电阻和一电容组成的时间常数电路连接于这个 MOS 晶体的栅极。因此，可以得到一个没有过冲和减幅振荡的电流脉冲波形。

因为半导体发光元件是用稳定的驱动电流来驱动的，所以该元件并不受损。这可有效地延长产品使用寿命。

还可以解决由于一般干扰引起的驱动频率下降的问题，或者组件引脚数目和部件数目增加的问题。

(第三实施例)

下面描述根据本发明第三个实施例的一个半导体发光元件驱动电路。图 13 是一个表示该半导体发光元件驱动电路的电路图。参照图 13，这个驱动电路包括在一个集成电路（图中未画出）中制成的差动地连接的双极晶体管 1 和 2，恒流电源 3，半导体发光元件 4，电阻 5，寄生电感 106、107 和 108，电阻 109，和电容 110。寄生电感 106 是由于接合导线引起的，该接合导线将用于驱动半导体发光元件的双极晶体管的集电极连接到组件 116 的引脚上。寄生电感 107

是由于此引脚引起的，寄生电感 108 是从该引脚到半导体发光元件 4 的线路中衍生出的。电阻 109 是在其中形成有双极晶体管的集成电路中形成的。电容 110 也在同一集成电路中形成。电阻 109 和电容 110 串联地连接于集成电路中。这个串联电路的一个终端连接于驱动半导体发光元件用的双极晶体管的集电极；而串联电路的另一个终端则与电源 15 或基片电位连接。晶体管 1 和 2 分别由互补信号 114 和 115 驱动。

对图 13 中这种电路配置设想一个近似电路，例如图 7 所示电路，如果寄生电感 106、107 和 108 的合成电感 $L_1 + L_2 + L_3$ 也用 L_3 取代之，这个 L_3 就相当于图 7 中箭头指示的 L_3 。此外，因为 CR 串联电路是在集成电路中形成的，故寄生电感 112，即在说明现有技术的图 5 中的 L_4 ，可被设定为接近 0。这就是说，可以将在用于驱动半导体发光元件的双极晶体管的集电极与 CR 串联电路之间在现有技术中产生的寄生电感降低至 0。换句话说，这在现有技术情况下，实现了 $L_1 = L_2 = 0$ 。

在上述情况下，由于 $L_4 = 0$ ，方程 (14) 就变成下述方程 15：

$$1/\sqrt{(L_3 C)} = R/2L_3 \quad (15)$$

由于这一原因，通过适当选择与寄生电感 L_3 相关的电阻 9 的电阻 R 和电容 10 的电容 C ，就能够把在互补脉冲信号施加于半导体发光元件驱动电路时流过半导体发光元件的电流，设定于一个临界状态：该临界状态处于电流按振荡方式变化的状态与电流按非振荡方

式变化的状态之间。

(第四实施例)

在本实施例中，一个用图 13 中参考数字 3 表示的恒定电流电路，是用例如图 12 所示的一些 MOS 晶体管组成的。

在上述第三个和第四个实施例中的每个实施例的半导体发光元件驱动电路中，一个由一电阻和一电容组成的串联电路，其通常安置在一个形成了若干双极晶体管的集成电路的外面，该串联电路被直接连接于该集成电路中双极晶体管的集电极上。因此，在用于驱动半导体发光元件的双极晶体管的集电极与该串联电路之间，不产生惯用电路中产生的寄生电感。因此，通过适当选择与出现在电路外部的寄生电感有关的电阻的电阻值和电容的电容值，在互补脉冲信号施加于半导体发光元件驱动电路时流过半导体发光元件的电流，就能够设定成某一临界状态；该临界状态处于电流按振荡方式改变的状态与电流按非振荡方式改变的状态之间。用这一设定，可以防止过冲，还可以在半导体发光元件驱动电路中进行高速开关。

图 14 是一个说明一个 IC 芯片局部情况的截面图，在芯片中形成有本发明的驱动电路。在图 14 中，只示出一个双极晶体管 BPT 和两个 MOS 晶体管 MOS，而象保护层之类的其他部件均被略去。图 14 所示的部件有：一个 P—型硅基片 201，一个 n^+ —型集电极隐埋层 202，一个 P—型阱 203，一个 n^- —型外延层 204，一个 P 型基极 205，和一个 n^+ —型发射极 206。

两个 NMOS 晶体管 MOS 具有源/漏极 207 和 208, 以及栅极 210。一个场绝缘膜 209 隔离诸元件。

双极晶体管的集电极连线 211 连接于发光元件的终端。基极连线 212 用作一个输入终端, 且连线 213 将恒流源连接于双极晶体管。地线 214 连接于一个低电位参考电压源。

图 15 是一个说明一个 IC 芯片的局部情况的截面图, 在该芯片中形成有电阻 R 和电容 C 的串联电路。

在图 15 的这个串联电路中, 形成有 n^+ -型扩散层 221 和 222, 且串联连线 215 连接电阻 R 和电容 C。该电路还包括一个绝缘中间层 230。

在本发明中, 用一种叫做 BiMOS (双极组合型金属氧化物半导体场效应晶体管) 工艺或 BiCMOS (双极组合型互补金属氧化物半导体场效应晶体管) 工艺的制作方法, 将驱动电路做到一个如图 14 所示的单独芯片之中。如果必要, 图 15 所示的串接电路也与驱动电路一起作成单块集成电路。

图 16A 和 16B 说明一些使用本发明电路的系统的实例。图 16A 表示一个打印机, 图 16B 表示一个光通信系统。

图 16A 所示的打印机包括一个光敏鼓 DRM, 一个清洁器 CLN, 一个充电器 CGR, 和一个采用本发明驱动电路的曝光装置 EXP, 一个显影装置 DVLP, 和记录介质 P。

曝光装置 EXP 使用一个 LED 阵列或一个激光二极管作为发光

元件，并且利用来自该发光元件的光在光敏鼓上形成潜象。

在图 16B 所示的通信系统中，其发送侧包括一个用作发光元件的激光二极管 LD，和一个具有驱动电路的发射机 SYS1；而接收侧则包括一个光电二极管传感器 PHD，和一个接收机 SYS2。

还提供有光纤 OFR。

在发射机 SYS1 中采用本发明。

图 1

现有技术

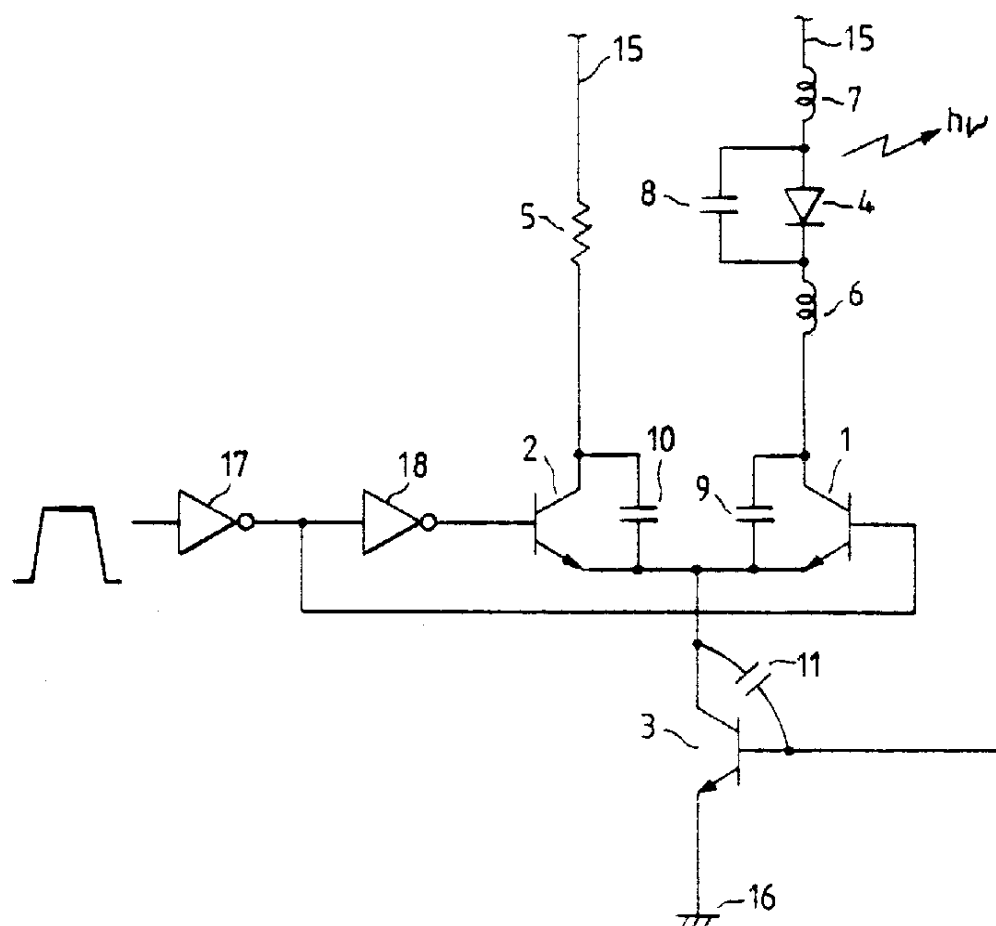


图 2

每个结点的电压波形和电流波形

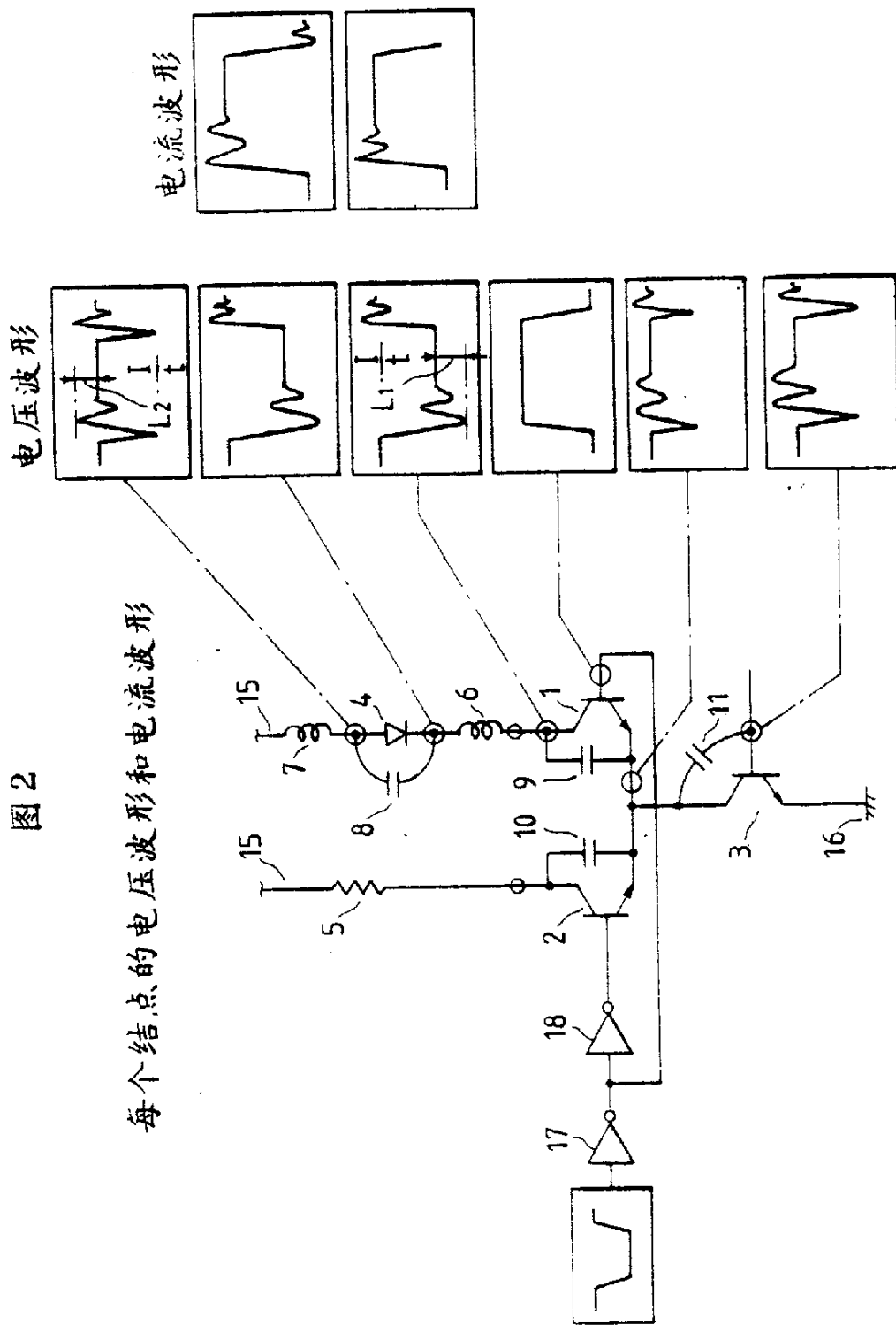


图 4

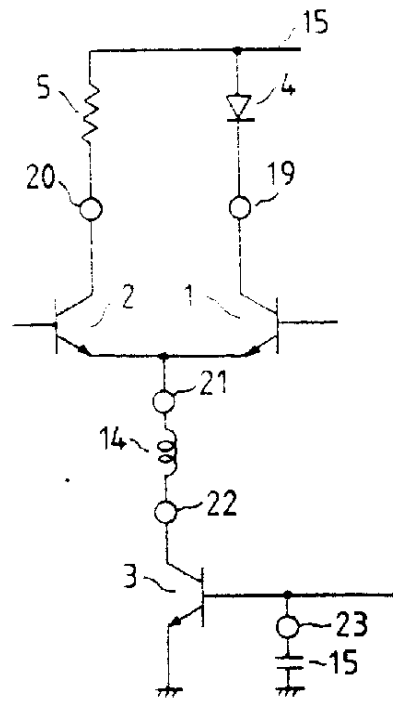


图 3

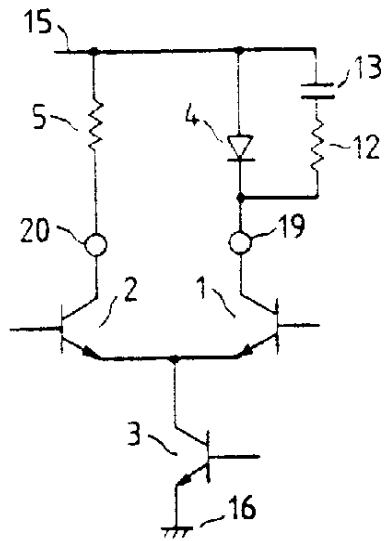


图 5
现有技术

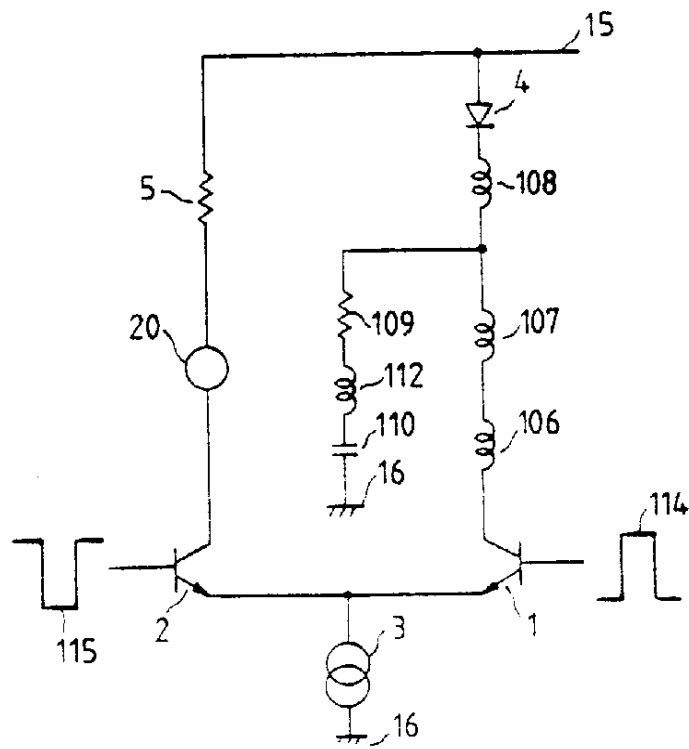


图 6

现有技术

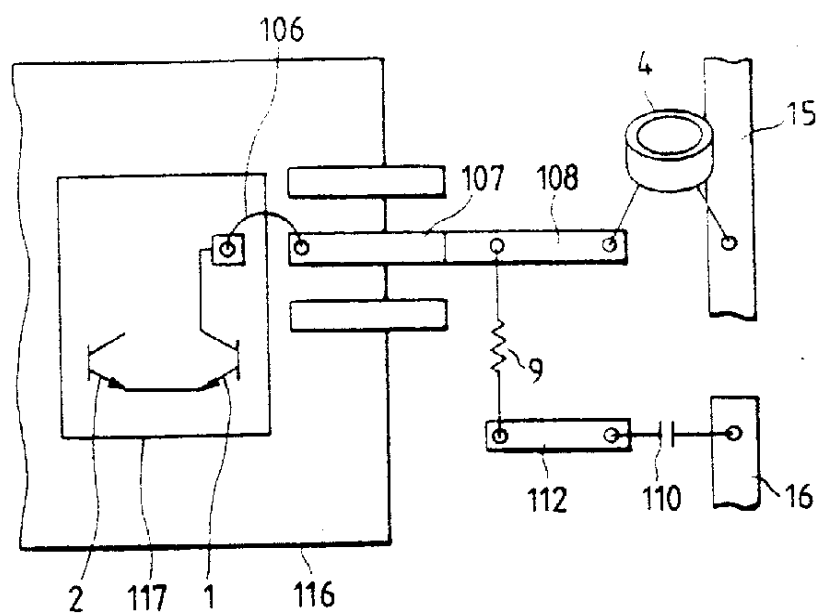


图 7

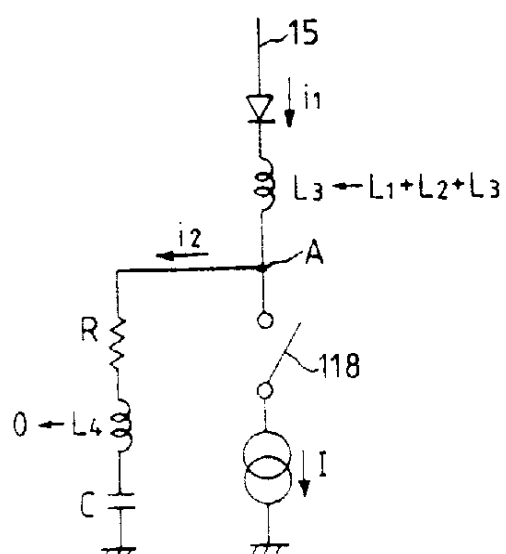


图 8 A

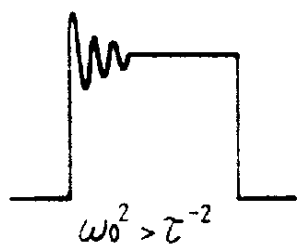


图 8 B

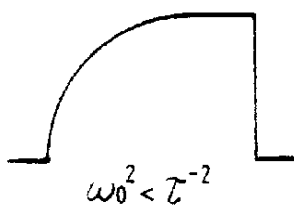


图 8 C

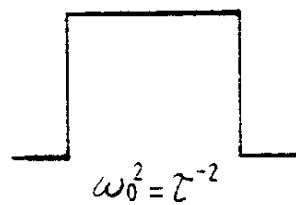


图 9

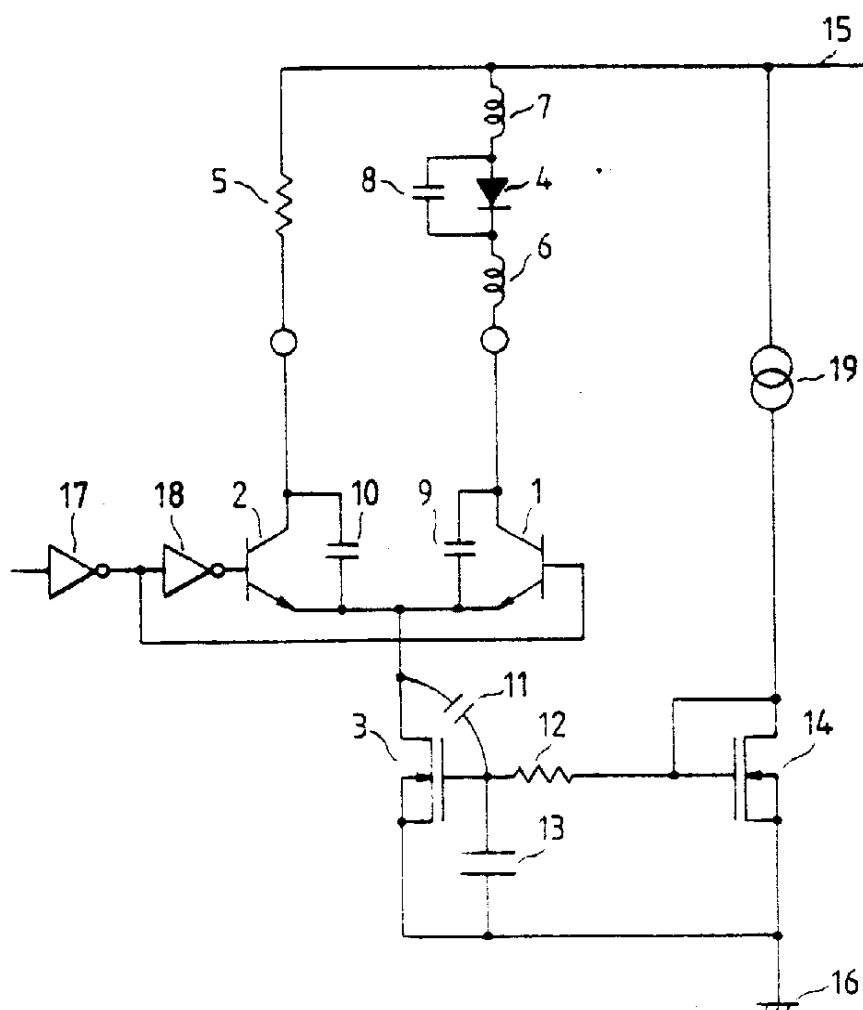


图 10

每个结点的电压波形和电流波形

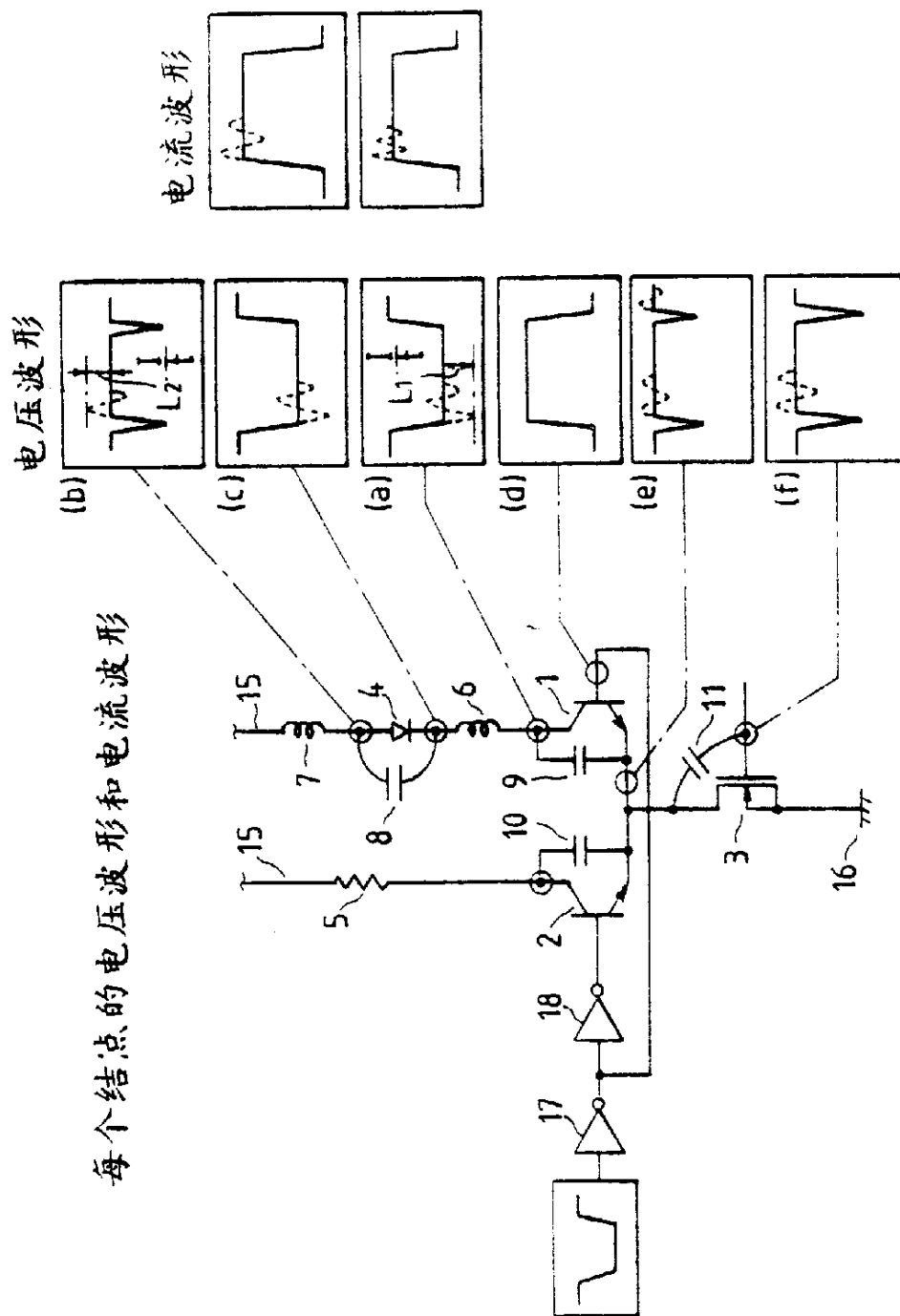
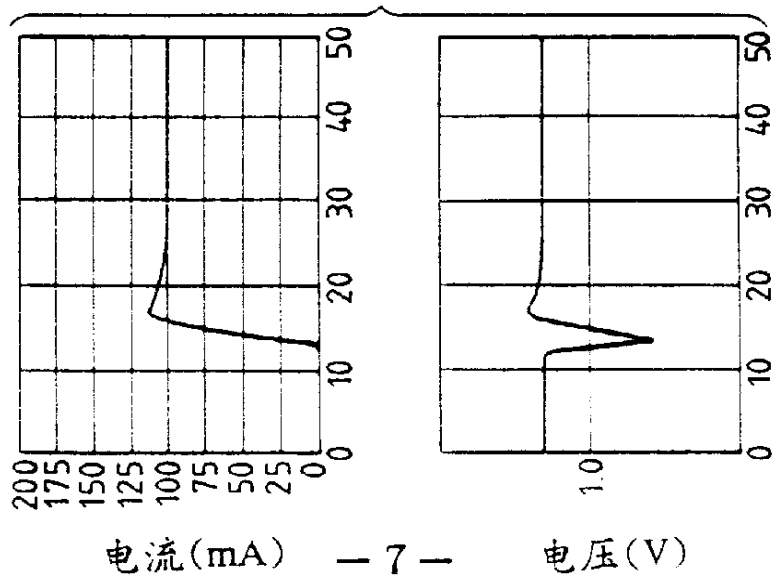
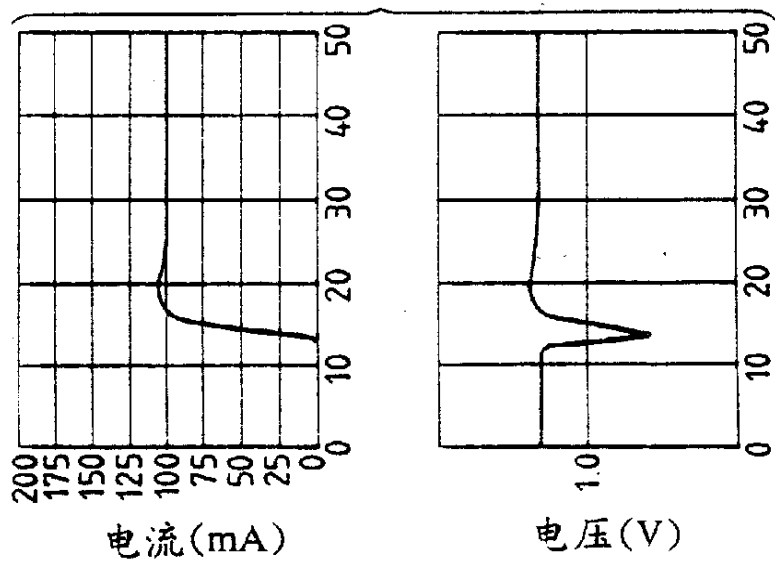


图 11 A



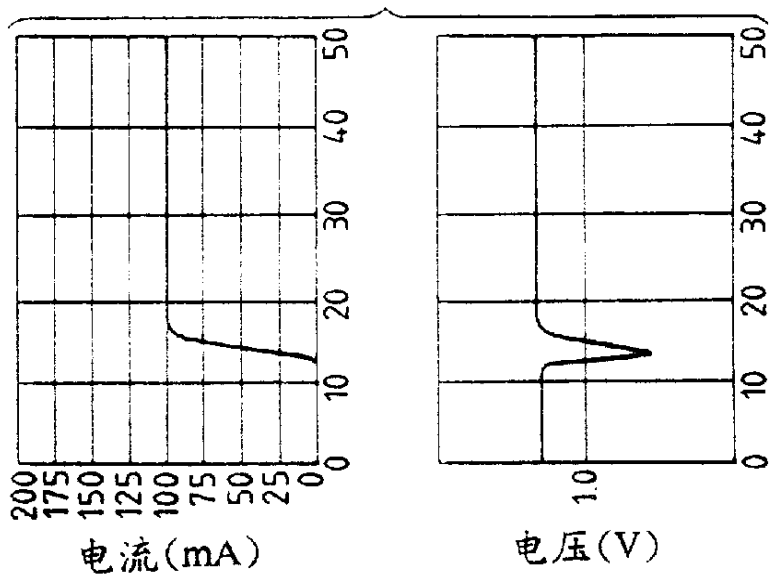
$Z = \text{较小}$

图 11 B



$Z = \text{适中}$

图 11 C



$Z = \text{很适宜}$

半导体发光元件驱动电流波形(上图)
恒流 NMOS 栅压波形(下图)

12

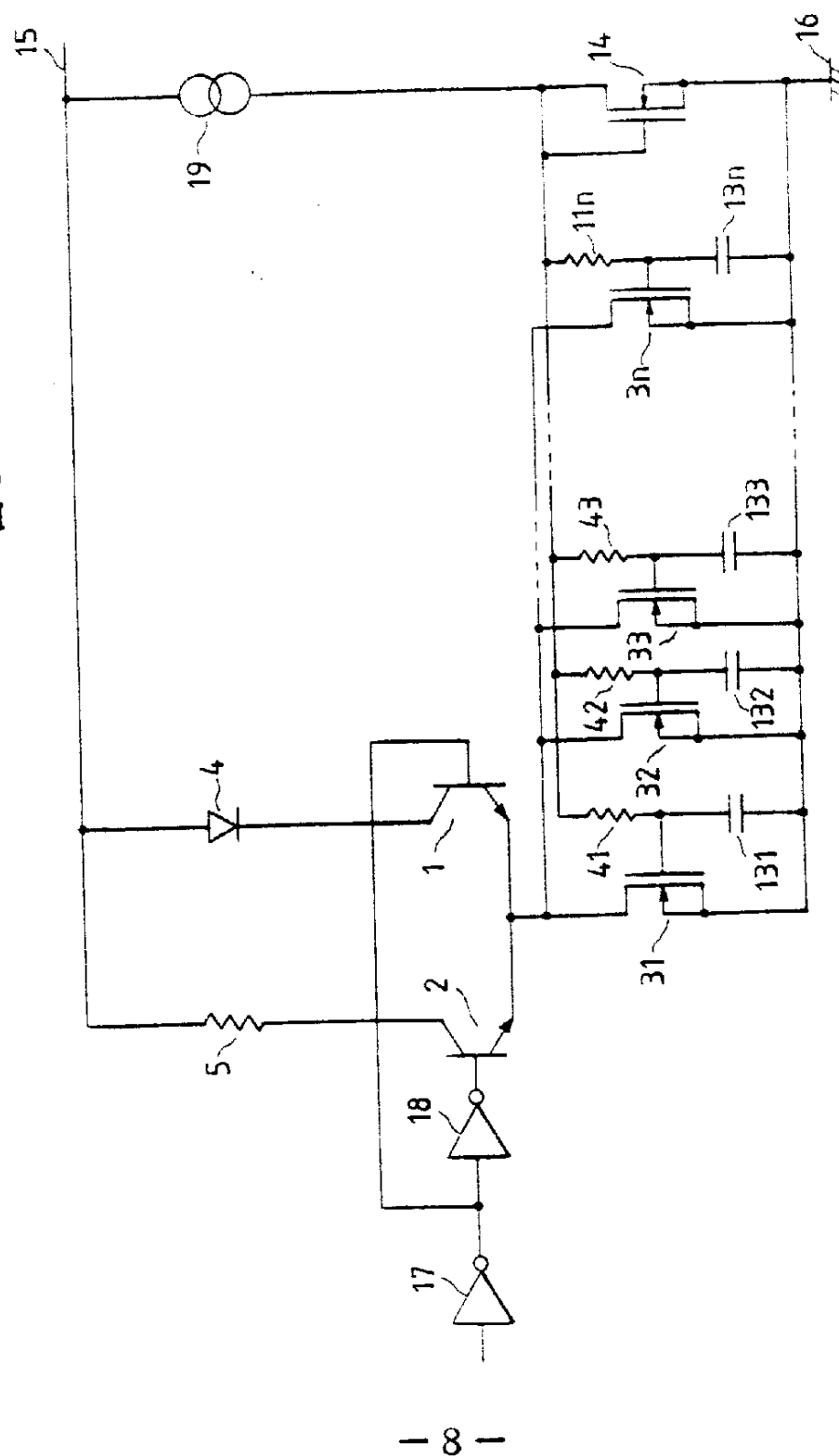


图 13

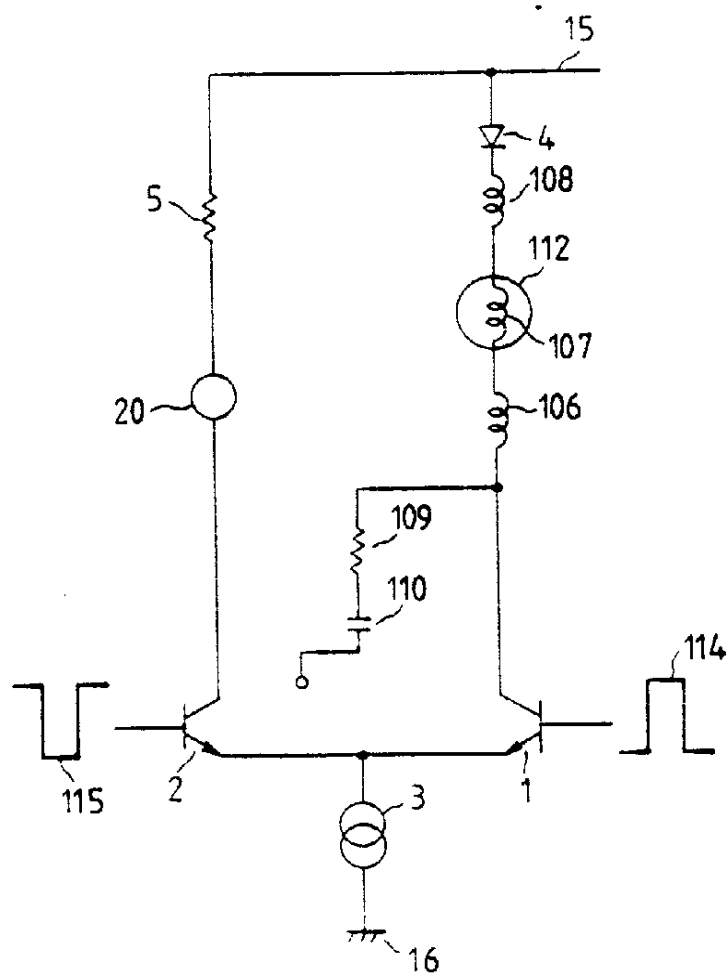


图 1 4

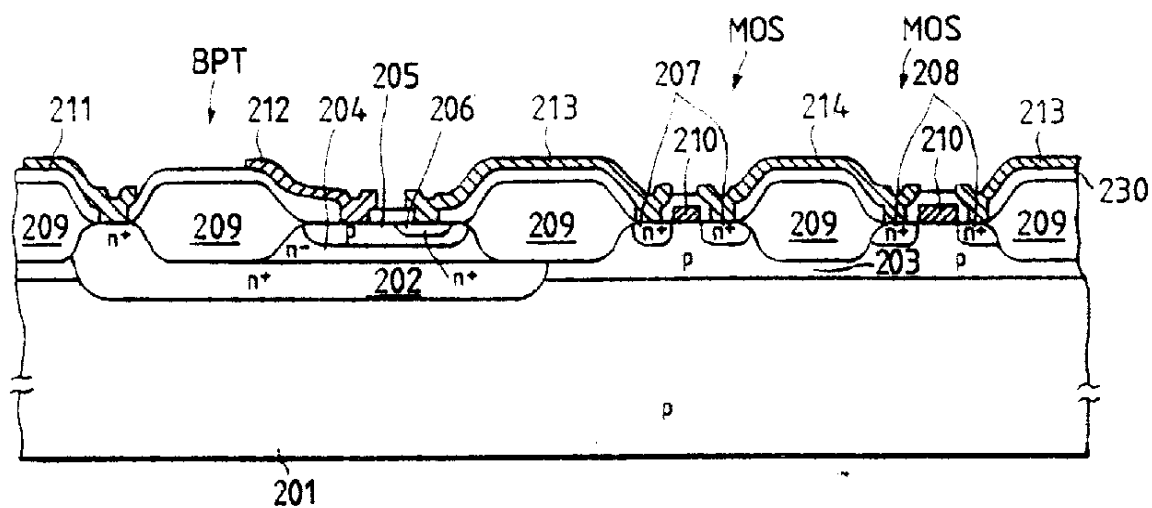


图 1 5

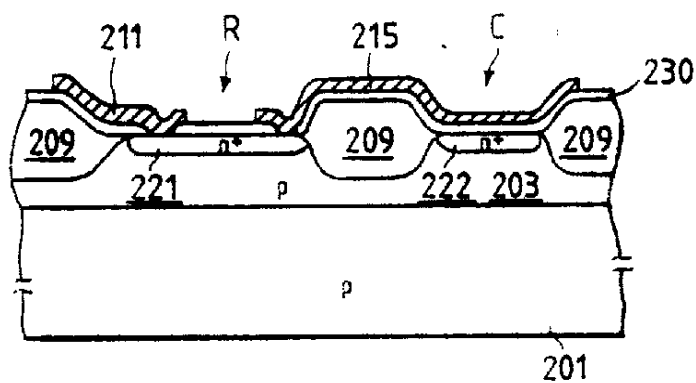


图 1 6 A

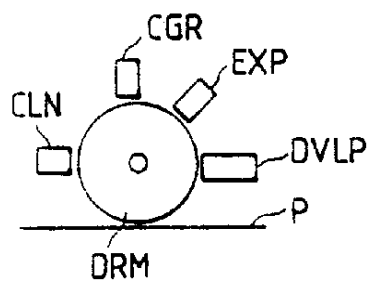


图 1 6 B

