

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05F 1/10 (2006.01)

H03K 5/1252 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710199730.9

[43] 公开日 2008 年 6 月 18 日

[11] 公开号 CN 101201637A

[22] 申请日 2007. 12. 12

[21] 申请号 200710199730.9

[30] 优先权

[32] 2006. 12. 12 [33] US [31] 11/637494

[71] 申请人 普拉特及惠特尼火箭达因公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 T·A·赫特尔 D·谭

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王 岳 王忠忠

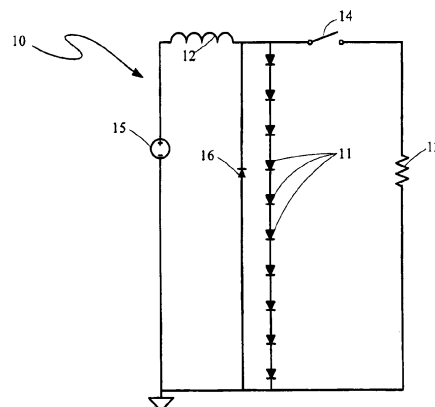
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

碳化硅二极管限压器

[57] 摘要

一种电压漂移控制系统，用来限制电路中换而言之是由响应该电路中的条件变化而跨过其中选用的元件出现的瞬态电压峰值，其具有多个在一系列中被相互串联连接的碳化硅二极管模片，而使每个模片的每个阴极区均朝向该系列一公共端。第一和第二个导电电极中的每个电极，与该系统相反两端的相应模片之一相互电连接。



1. 一种电压漂移控制系统，用来限制电路中换而言之是由响应该电路中的条件变化而跨过其中选用的元件出现的瞬态电压峰值，该系统包括：

多个碳化硅二极管模片，每个模片中具有阳极区和阴极区，而且位于这种被互连接的每个模片的空间系列中的每个模片，通过导电金属连接与该系列中的每个相邻模片互连，而使每个模片的每个阴极区均朝向该系列一公共端，以及

第一和第二个导电电极，其中每个电极通过导电金属连接与该系列相反两端的相应模片之一相互电连接。

2. 根据权利要求 1 的系统，其中该导电金属连接系由金-锑合金形成。

3. 根据权利要求 1 的系统，其中与一模片的阳极区相互电连接的第一和第二电极之一，通过在该电极中提供的其间具有间隔的一对延伸部之一被如此相互连接，且该空间系列和剩余电极位于该间隔中；并且进一步包括一具有阴极区和阳极区的反向并联的二极管模片，且其阴极区通过导电金属连接与这对延伸部的剩余一个相互电连接，而且其阳极区通过导电金属连接与第一和第二电极中的剩余一个相互电连接。

4. 根据权利要求 3 的系统，其中该反向并联的二极管模片是碳化硅二极管模片。

5. 根据权利要求 3 的系统，其中该导电金属连接系由金-锑合金形成。

6. 根据权利要求 1 的系统，其中第一和第二电极是跨过电路的被选用元件被电连接的，且此被选用的元件包括电路开关。

7. 根据权利要求 6 的系统，其中与一模片的阳极区相互电连接的第一和第二电极之一，通过在该电极中提供的其间具有间隔的一对延伸部之一被如此相互连接，且该空间系列和剩余电极位于该间隔中；并且进一步包括一具有阴极区和阳极区的反向并联的二极管模片，且其阴极区通过导电金属连接与这对延伸部的剩余一个相互电连接，而且其阳极区通过导电金属连接与第一和第二电极中的剩余一个相互电连接。

8. 根据权利要求 7 的系统, 其中该反向并联的二极管模片是碳化硅二极管模片。

碳化硅二极管限压器

技术领域

本发明涉及包括抑制瞬态电压峰值在内对电路中电压漂移的限制，更准确地说，涉及对它们迅速地抑制。

背景技术

‘缓冲器’装置被用在出现大的电压峰值或者电压‘尖峰’可能性的电路中，往往紧跟在该电路中被打开开关的后面，因为该电路中的电感引起瞬态电压峰值，即感应‘冲击’。这种电压尖峰对于该开关是有害的，因为当开关被打开时大电压将跨过分开的开关触点间的间隔产生放电，导致这些触点损坏，从而限制该开关的失效时间。

作为例子，图 1A 表示一典型电路 1 的示意图，其中功率流的发生受到接通和断开的支配。电路 1 包括被认为具有 $100\mu\text{H}$ 代表电路的寄生电感的电感器 2，以及被认为在此大功率电路中具有 0.03Ω 代表电路电负荷值的电阻器 3。此外，还提供有功率流控制开关 4，当其触点被闭合时具有 0.2Ω 的电阻。所有上述元件被相互串联连接，并且跨过在其两个端子之间提供 25V 电位的直流电压源 5。

对于该电路性能在其开关 4 被关闭至少足以使相关的瞬变消失之后打开该开关 4 时的有效模拟，无法模拟出在打开该开关时跨过分开理想的开关触点之间间隔发生的实际放电，以表明该电路寄生现象（parasitic）的全部效果。然而图 1B 中的曲线图所具有的上部曲线，为具有用方块标出的模拟数据点的模拟电压对开关 4 打开的响应；且其下部曲线，为具有用三角标出的模拟数据点的相应的电流响应，由于伴随有跨过该触点分开的间隔的放电，所以两者均不受任何影响。不过上部的曲线表明其峰处的电压响应大于 35kV。这是一个大到足以跨过打开的开关触点之间的间隔引起弧光放电的峰值，如在打开典型继电器触点时发生的那样。尽管下部的曲线表明该电路的电流在此切换事件之后下降至零，但在该电压尖峰出现时该电路中仍然存在相当大的电流，从而导致相应的电功率尖峰。跨过开关 4 不带某种缓冲器装置，此瞬态电压峰值和相关联的弧光放电将损坏该开关的触点，

以致减少其使用寿命。

过去，电感器和电容器的综合体常被用在提供这种缓冲器装置的滤波器结构中。这些结构往往比较大。在这些应用中使用的可供替换的装置是齐纳二极管和瞬态电压干扰抑制器或者传输吸收器（transorbs），而且齐纳二极管还被用作电路‘箝位’，以将电路工作电压的漂移同样限制在某个最大或最小值。虽然这些器件要比该滤波器装置小很多，但是这些器件的响应和额定功率使它们的适用性在实际的功率控制电路中受到限制。因此，期望有一种适于载荷大功率流的电路的缓冲器装置，但其提供比较小规格的缓冲器，而且反应迅速。

发明内容

本发明提供一种电压漂移控制系统，用来限制电路中换而言之是由响应该电路中的条件变化而跨在其中选用元件上出现的瞬态电压峰值，该系统具有多个碳化硅二极管模片，每个模片中具有阳极区和阴极区，而且每个模片位于其空间系列中。每个这些碳化硅二极管模片，通过导电金属连接与该系列中的每个相邻的模片互连，而使每个模片的每个阴极区均朝向该系列一公共端。第一和第二导电电极中的每个电极，通过导电金属连接与该系列相反两端的相应模片之一相互电连接。与一模片的阳极区相互电连接的该电极，通过在该电极中提供的其间具有间隔的一对延伸部之一被如此相互连接，且该空间系列和剩余电极位于该间隔中。一具有阴极区和阳极区的反向并联的二极管模片，其中该阴极区通过导电金属连接与这对延伸部的剩余一个相互电连接，其中该阳极区通过导电金属连接与第一和第二电极中的剩余一个电极相互电连接。

附图说明

图 1A 和 1B 分别表示一开关的瞬时开启试验电路的示意图，以及一具有电气响应曲线的曲线图；

图 2 表示电器元件所具有的电流与电压的关系曲线的曲线图；

图 3 表示具有体现本发明的改进的图 1A 中电路的示意图；

图 4 表示拥有对图 3 电路中开关的开启的电气响应曲线的曲线

图;

图 5A,5B 和 5C 分别表示分层图和用于本发明的等效电路,以及图 6A 和 6B 分别表示一脉冲瞬变试验电路的示意图和拥有一电气响应曲线的曲线图。

具体实施方式

作为更加适合的电压漂移控制电路的基础,是通过使用高电压的碳化硅(SiC) p-i-n 二极管、具有本征的或者位于二极管中 p 区和 n 区之间的轻掺杂区的 p-n 结二极管提供的。用于缓冲器装置的这种二极管,必须被成形为能够承载所通过的大电流,以适应在大功率流电路中控制功率流时发生的、在控制切换的过程中将作为限制电压峰值结果产生的大电流瞬变。此外,通过该二极管的这些大电流,希望与跨过该二极管的实际正向电压降相关联,从而使比较少的这种二极管能被串联连接,以将该缓冲器的击穿电压设置在,适于其开关被提供该缓冲器装置所保护的功率电路的稳态操作期间所遇到的电压水平。其结果是,这些二极管也必须能够经受其中出现大的电功率峰值,并且将从此功率峰值得到的热散发到周围的环境中。二极管中的这种需要,还可以出现在某些箝位电路装置中而不是控制瞬态电压峰值的大小,在这种场合下,使用该电路时遇到的工作电压幅度的漂移,被相对于该电路中的某个电压值(如电源电压)或某个其它参考电压(如地电压)加以限制。

可以制做具有非常适于满足这些要求的特性的 SiC p-i-n 二极管。图 2 是具有可从 Cree 公司大批供应的 10 密尔厚度的碳化硅 p-i-n 二极管模片的电流与电压特性关系的曲线图,能够承载高达 50A 之多的各种正向电流值,其所具有的正向电压 V_f 在 2.8V 和 3.6V 之间,取决于其中通过的传导电流的大小。低于 2.8V 时,图 2 所示的二极管传导其 50A 的额定电流的小份额,即在 2.5V 下该二极管传导 182.9 μ A 电流。高于 2.8V 时,该二极管传导的电流高达其 50A 之多的额定电流。

其额定电流为 50A 的该二极管,将能传导 50A 的瞬时电流从中通过。与传导大电功率流用的电路中的切换相关联的瞬变,具有非常快的上升时间和非常短的持续时间。这种切换比较不经常发生,以致其中存在的每个具有短的持续时间的切换比较少,从而导致有限的工

作温度上升。因此在很多使用场合,该二极管可以是能够控制更加大幅度电流瞬变的,因为 SiC 是热的极好导体,并且具有正的热阻系数。

因此,与图 1A 的电路 1 非常类似的电路 10 的示意图,被表示在图 3 中,只不过在此插入其中的缓冲器装置配备有 10 个串联连接的 SiC p-i-n 二极管 11,每个二极管实际上具有图 2 所示的电流与电压特性。电路 10 仍具有其值为 $100\mu\text{H}$ 的寄生电感的电感器 12,以及其值为 0.3Ω 的负载电阻器 13,它们被相互、并且与具有 0.2Ω 的触点闭合电阻的功率流控制开关 14 串联连接在一起。所有这些串联连接的元件,如图 1 电路中那样跨过 25V 电位的直流电压源 15 相连。

形成该缓冲器的 10 个串联的二极管,作为一串联的二极管串,在其阳极端或与二极管的 p-型导电区相连的一端,被连在寄生电感 12 和功率控制开关 14 之间的接合处;该二极管串剩下的阴极端或与二极管的 n-型导电区相连的一端,被与地连接。如该二极管串那样,另一个单二极管 16 位于同样两个电路点之间,只不过与上述其它一些二极管反向并联,且其阳极与地连接,其阴极与电感 12 和开关 14 接合处连接,以削去 (clip off) 切换开关 4 所产生的任何‘瞬变’波形的低值部分。

每个二极管的正向电压 V_f 加在一起,以提供该缓冲器的击穿电压,高于它时此串联连接的二极管串 11 开始将显著的电流通到地。因此,对于具有至少 2.8V 正向电压降 V_f 以载荷显著电流的每个二极管 11,该二极管串所提供的 $10V_f = 28\text{V}$ 最小缓冲器击穿电压,对于载荷显著电流的二极管串必须超出 DC 电压源 15 所提供的电位以超出的值。因此,图 3 的电路中并不具有稳态工作时足以使该二极管串载荷显著电流的足够幅度的电压,所以该电路工作在恰好像图 1 的电路所工作的那些情况下。

然而,在开关 14 关闭持久足以使关闭瞬变消失之后打开开关 14 时,电感 12 周围消失的磁场,将试图跨过开关 4 打开的触点和负载电阻 3 产生大的电压峰值。一旦该电压上升到超出该二极管串 11 的击穿电压值时,它们就将能够传导大电流,从而保持跨过它上升的电压接近该击穿电压,因而对开关 4 打开的触点间产生的电压加以限制,以防止其间发生弧光放电。在打开开关 4 时跨过电路 10 中开关 4 的触点的电压降的模拟,被表示在图 4 的曲线图中,其上部的曲线仍为

电压响应, 该曲线中目前带有模拟数据点用的三角, 它表明峰值电压被限制在恰好 35V, 从而防止任何的弧光放电。下部的曲线仍为电流响应, 其中的数据点被表示为方块, 它表示该电路中的电流在打开的开关 4 之后减少至零。

对于 SiC p-i-n 二极管中比较大的 V_f 值, 仅要求 10 个这样的二极管被串联连接, 以超过图 3 的电路 10 中 25V 电位的电源 15, 而使该电路恰好像图 1 的电路 1 在稳态工作时那样工作。换一种方式, 假如用于该缓冲器装置的硅 p-n 结二极管仅具有 0.7V 的正向电压 V_f , 那么这样的二极管串会要求串联 40 个模片, 组装串联连接的模片装置的费用要比其中具有 10 个模片的高很多。碳化硅材料还具有超过硅材料的 13:1 功耗的优点, 所以其模片可以小很多。此外, SiC 还是非常耐用的材料, 因此牵涉到较高温度的封装技术可被使用, 从而可将好得多的模片连接提供给相应的器件外壳, 由此产生的 SiC 二极管, 可提供比使用硅半导体材料更大的可靠性。

作为另一种使用, 例如, 如果 10 个二极管串中的 6 个二极管被一短路的导电体取代, 而且电感器 12 被一电阻值基本上与电阻器 3 的阻值相匹配的电阻器取代, 那么该二极管串中剩余的 4 个有效的二极管会相对于地形成‘箝位’电路。在开关 14 闭合的该电路工作期间, 跨在电阻器 3 上的电压降将被限制在大约 11.2V, 而且由电源 15 所供给的剩余电压, 在跨过取代电感器 12 的电阻器后下降; 所有这些总会发生, 即便电源 15 的输出电压幅度随时间变化, 只要该电压幅度继续为正的。这样的二极管串也可被用在工作电压幅度为正的或者时间的负部分 (negative part of the time) 的电路中, 并且通过适合的电路变化, 可相对于基准电压而不是地提供对电路工作电压的箝位。

如同图 3 中由串联的二极管串 11 示意表示的缓冲器装置的该电压漂移限制电路, 被实现如图 5 中所示。图 5A 表示单独的 SiC p-i-n 二极管模片 11 的侧视图, 其所具有的阳极 p-型导电区位于其中竖直中心处的虚线上方, 且其阴极 n-型导电区位于该虚线下方。本征的或者轻掺杂区域位于该虚线附近。

在图 5B 的切开的分层图中, 10 个 SiC p-i-n 二极管模片 11, 被表示为每个模片均使用金和锆的共晶合金与其相邻的模片焊接的堆,

该焊料由 88%的金和 12%的锗构成。此外,在该堆的顶部的模片 11 中的阳极 p-型导电区,类似地使用焊料 17 与‘双腿’上触点 18 的上腿焊接,而且该堆的底部的模片 11 中的阴极 n-型导电区,被使用焊料 17 与下触点 19 焊接。反向并联的二极管模片 16,以其阳极 p-型导电区使用焊料 17 与底部触点 19 焊接;并且以其阴极 n-型导电区使用焊料 17 与‘双腿’上触点 18 的下腿焊接。上触点 18 和下触点 19 通常皆由镀金的铜制成。模片 11 和 16 以及触点 18 和 19 的一部分,被收容在适合的传统电子器件外壳 20 中,触点 18 和 19 的其它部分从该外壳中引出,以在待使用的电路中提供相互连接。用于图 5B 中装置的等效电路被表示在图 5C 中,对于其外壳无任何表示。

用来从一脉冲发生器提供 30V 幅度的正的电压脉冲给图 5B 和 5C 的缓冲器装置的试验电路,被表示在图 6A 中。该缓冲器装置与拥有 3.0Ω 电阻的负载电阻器 21 的串联连接,被跨接在提供幅度为 42.5V 的电压脉冲的脉冲电压源上。

用来将脉宽为 100ns 的这种电压脉冲施加在该缓冲器装置和负载电阻上的结果,被表示为图 6B 的曲线图中所代表的曲线,其表示跨过电阻器 21 得到的电压。如在此可以看到的那样,该电压被施加在第一列 (the first course) 的垂直虚线上,并且上升至 12.5V,跨过该电阻器以大约 40ns 的细垂直虚线的时间而产生该脉宽的上升时间,从而跨过该缓冲器装置在该点处留下约 30V 的电压降。所施加的 42.5V 脉冲在 100ns 处终止,而且跨过电阻器 21 的电压,此后不久便随着通过它的电流下降至零而下降到零。因此,该缓冲器装置能够达到击穿,并且在非常短的时间 40ns 内传导相当大的电流,从而能够非常迅速地将其限压保护提供给任何跨过它相连接的开关,以防止该开关于其打开时在其触点之间发生弧光放电。

尽管在此所示的缓冲器装置实例是以 10 个二极管模片形成的堆为基础的,其将对开关电路中所施加的高于 28 至 30V 到大约不超过跨接电压的电压箝位。然而在被焊接的二极管系列中也可以提供任意数量的二极管模片,以相应的提供所希望的箝位电压值。例如,5 个二极管模片形成的堆会将开关电路中施加的电压箝位在 14 至 15V 的范围内,以将其限制在这些值附近。

这种缓冲器装置所固有的模件性(modularity)，还允许用户很容易地安排每个只能将所跨接的电压限制在仅小于所需要的值的这种缓冲器，使其跨过该开关电路被保护的元件相互串联连接，以将所跨接的电压限制为等于每个被串联连接的缓冲器装置的限压值之和的更大值。并且，具有类似限压能力的每个这种缓冲器装置，在某些情况下为了更大的电流和功率应对能力，实际上跨过开关电路中被保护的元件可以被相互并联连接，以适应更大的电流瞬变。

虽然本发明已经参照优选实施例进行了描述，不过本领域的技术人员将会认识到，在不脱离本发明精神和范围的情况下，可以从形式和细节上进行改变。

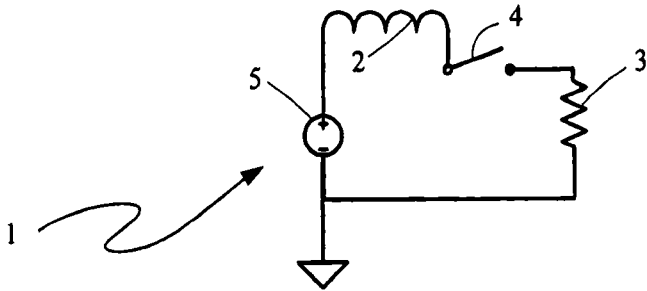


图 1A

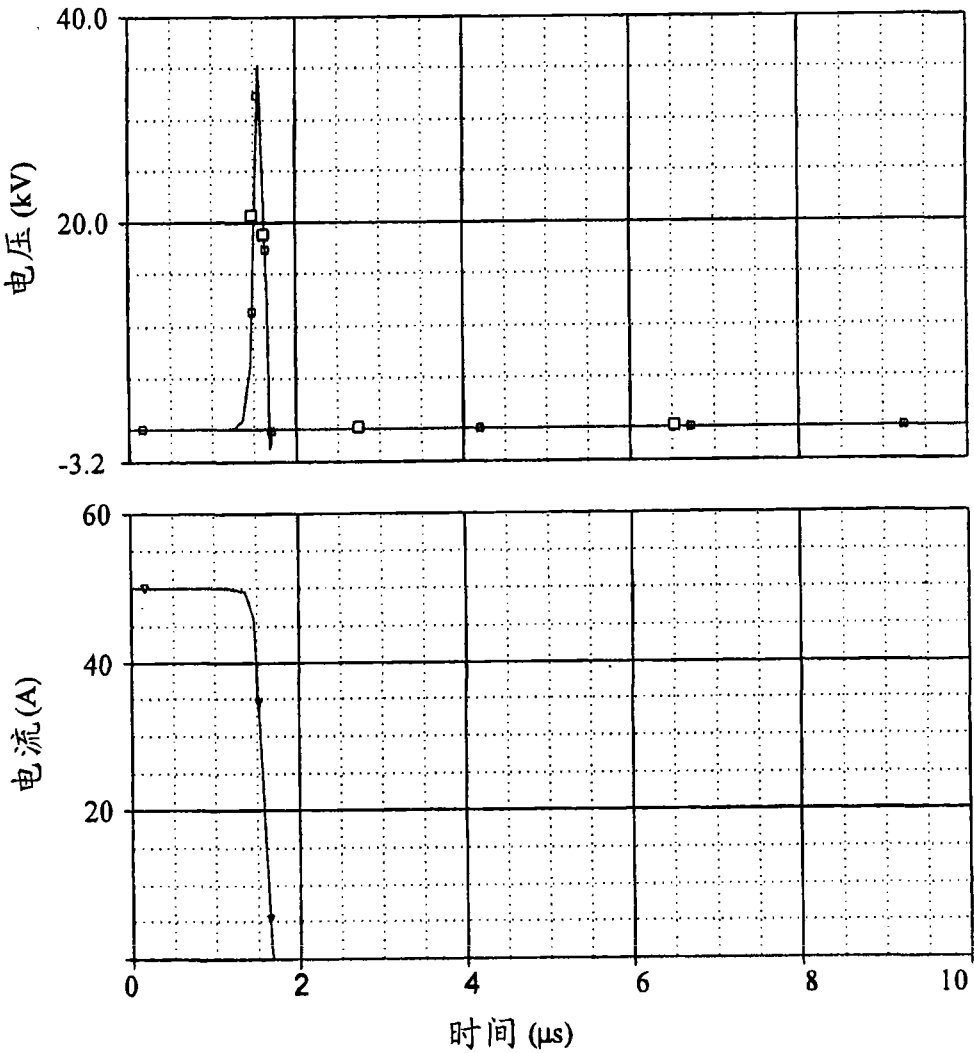


图 1B

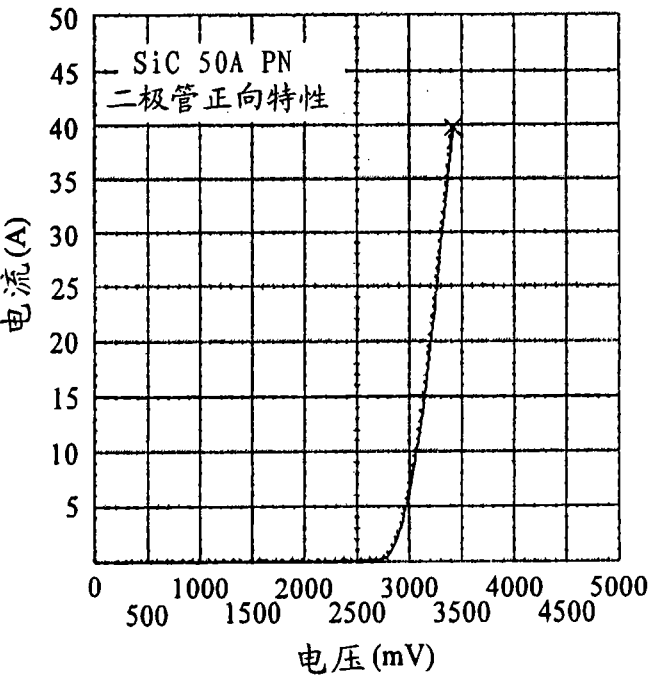


图 2

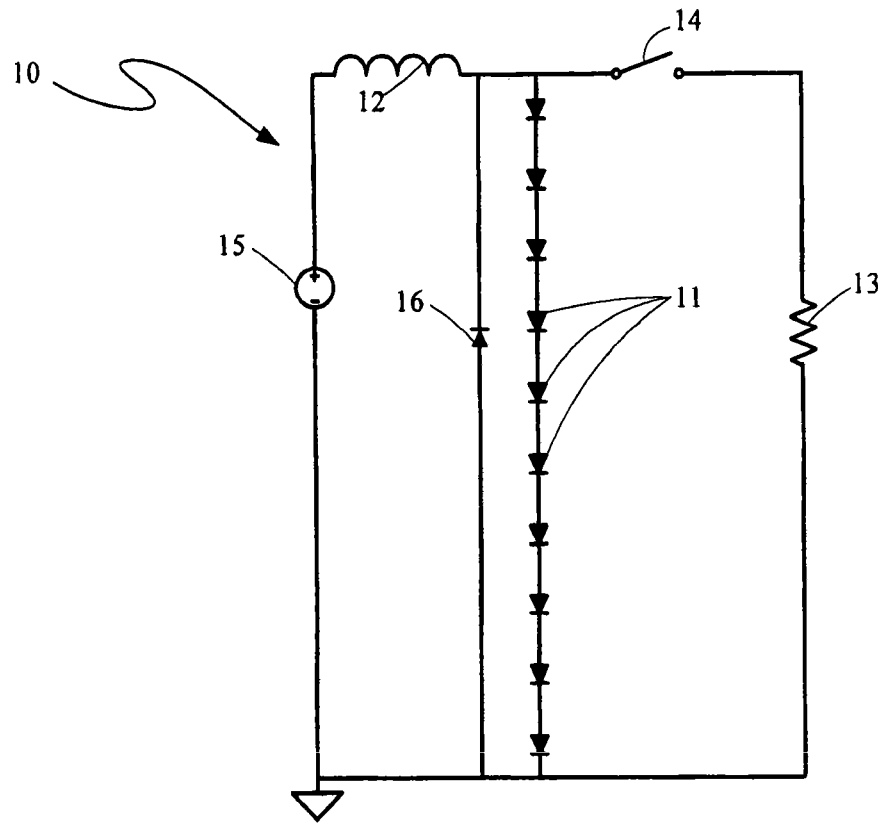


图 3

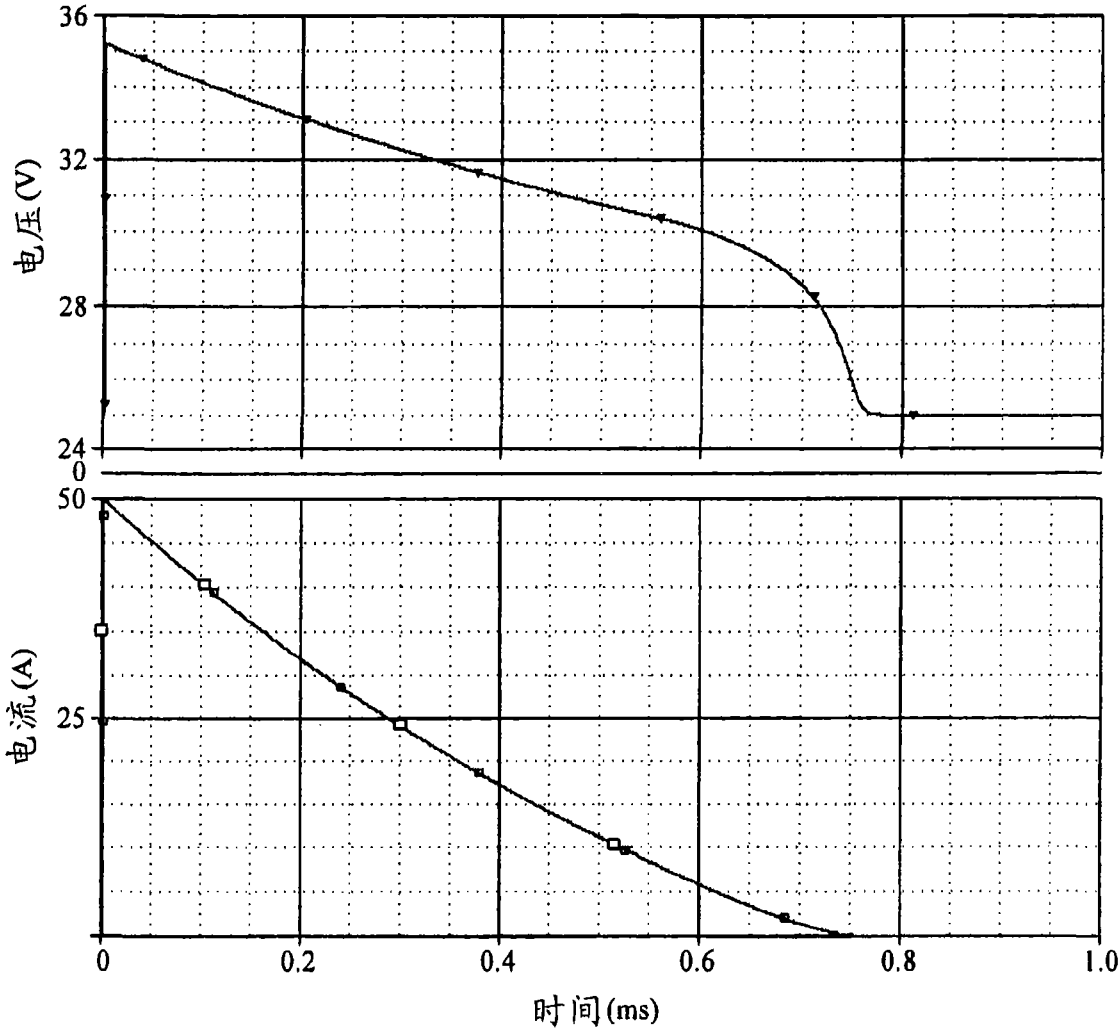
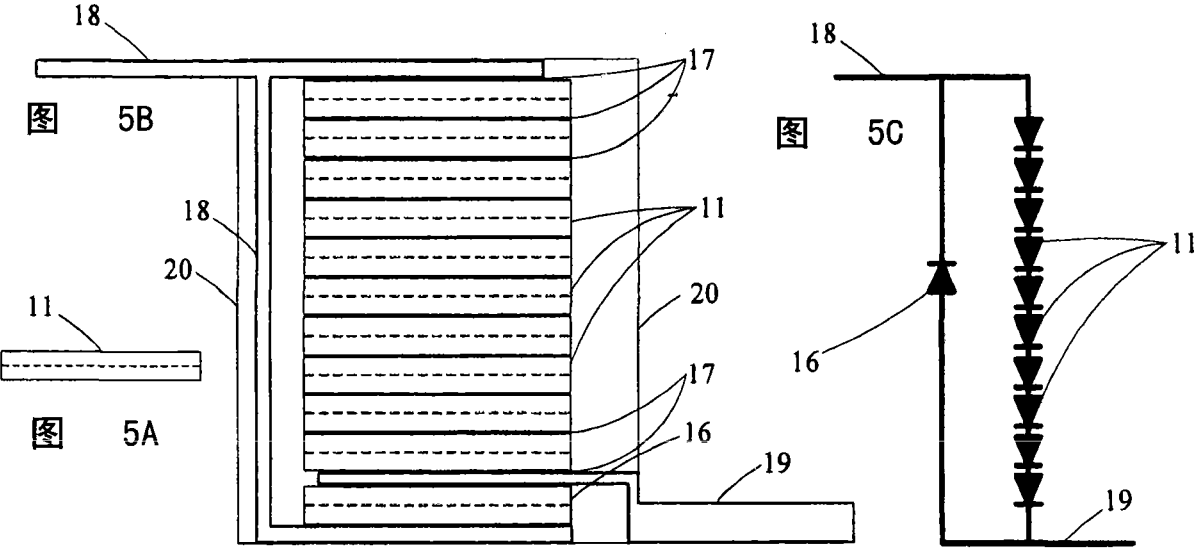


图 4



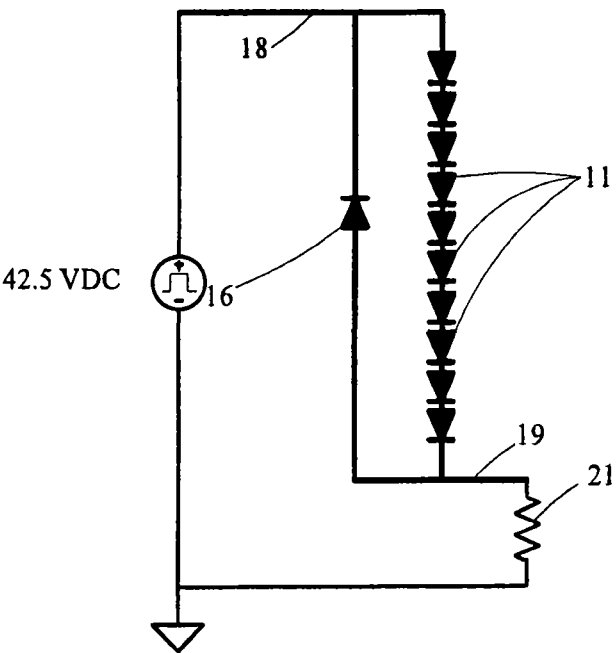


图 6A

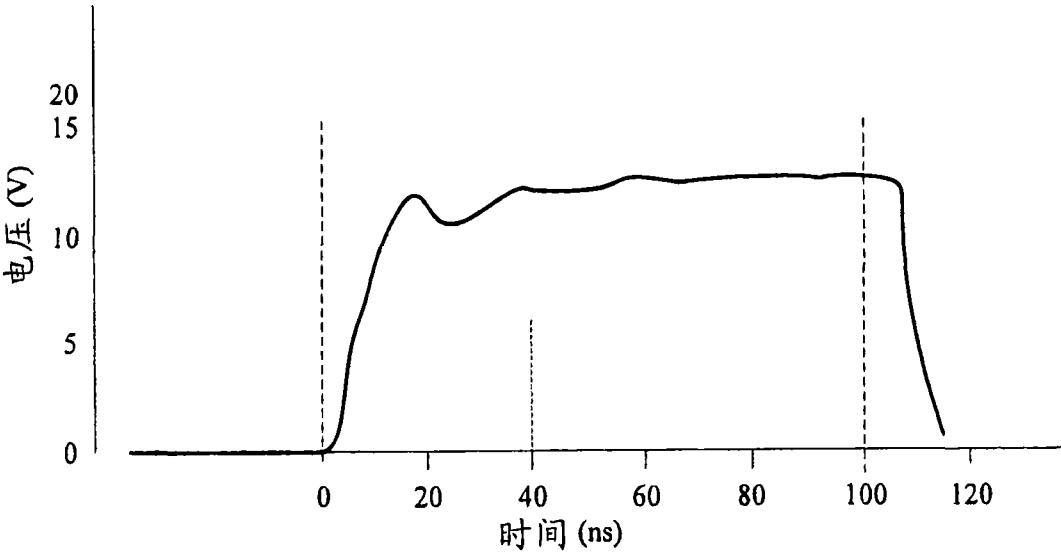


图 6B