

电脉冲宽度连续可调的 GaAs 光电子开关

朱鑫铭 吴次南*

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

由两块 GaAs 材料和一个电阻组成的光电子开关直接接到普克尔盒电极上,采用高阻输出方式工作,获得了宽度连续可调的 ns、kV 脉冲,输出效率达 84%。

一、引 言

自 Auston^[1] 用本征型单晶 Si 做成光电子开关后,又有许多采用 GaAs^[2,3], InP^[4], GaP^[5] 和 CdS_{0.5}Se_{0.5}^[6] 作为开关材料来获得 kV 电脉冲的实验报道。作为普克尔盒的驱动器,需要上升快、抖动小、足够高的输出电压和合适的电脉冲宽度,最好能在 Sns 到 ns 范围内连续可调。光电子开关都能满足前两个要求,但对后两个要求却很难同时达到。深能级掺杂的 GaAs、GaP 和 InP 类高阻材料,在高电场强度下不发生热致击穿,但这些材料的载流子寿命都很短,用这些材料做成的光电子开关在锁模激光作用下只能产生宽度为几十到几百 ps 的短脉冲。Si 材料的载流子寿命可长达 μs 量级,能满足第四个要求,但是暗电阻率不足够高,不能耐直流高压,用它来产生能驱动普克尔盒的 kV 脉冲比较困难。本文报道一种新型结构的光电子开关,用 Cr-GaAs 高阻材料作为开关元件,直接与普克尔盒电极连在一起,采用高阻输出方式,可以简便地同时满足前面所述的四项要求。

二、原 理

光电子开关的结构如图 1 所示。直流高压 V_0 经过同轴电缆线 1、GaAs 块 2 加到普克尔盒电极 6 和 7 上。在电极两端并联上另一块同样的 GaAs 3 和无感电阻 8,其阻值为 r 。元件都浸泡在氟氯油中防止电击穿。在没有激光照射时, GaAs 块的暗电阻为 R_0 , 这时电极上得到的分压 V_1 由下式决定:

$$V_1 = \frac{V_0 R_0 r / (R_0 + r)}{R_0 + [R_0 r / (R_0 + r)]} \quad (1)$$

只要 $R_0 \gg r$, 则 $V_1 \approx \frac{r}{R_0} V_0$ 。当时间为 T_0 时,锁模激光脉冲 4 照到 GaAs 块 2 上,其电阻

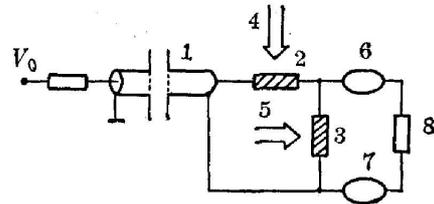


图 1 开关的结构

Fig. 1 Structure of the switch

收稿日期: 1983 年 10 月 21 日; 收到修改稿日期: 1983 年 12 月 22 日

* 中国科学技术大学学生。

立即降为 R , R 等于 GaAs 块导通时的电阻与接触电阻之和。这时, 电极 6、7 间的电压可升高到 V_2 ,

$$V_2 = \frac{V_0 R_0 r / (R_0 + r)}{Z_0 + R + [R_0 r / (R_0 + r)]}, \quad (2)$$

当 $R_0 \gg r$ 时,

$$V_1 = V_0 R_0 r / (R_0 + r), \quad (3)$$

电压上升时间常数为 $(Z_0 + R)C$, 电压与时间的关系见图 2 中的曲线 1, 这里 Z_0 为电缆的特性阻抗, C 为电极 6、7 之间的电容量。在时间为 T_1 时, 光脉冲 4 完全过去了, GaAs 块 2 又恢复高阻, 电极上的电荷通过电阻 8 开始放电, 放电时间常数为 rC , 从 T_1 开始, 电压与时间的关系将不按曲线 1 中的虚线变化, 而是按曲线 2 的实线部分变化, 曲线 2 为放电过程。在放电开始不久, 时间为 T_2 时, 另一个相对于图 1 中的光脉冲 4 有一定延时的锁模脉冲 5 照到 GaAs 块 3 上, 使块 3 的电阻由 R_0 减小到 R , 于是放电常数变为 $(r // R)C$, 图 2 中的曲线 3 表示快放电过程。普克尔盒电极上的电压脉冲波形由曲线 1、2 的实线部分以及曲线 3 组成。因此, 这种结构的 GaAs 光电子开关可以产生数 kV 的电压方脉冲, 脉宽由激光脉冲 4、5 之间的延时决定, 可以根据需要在 Sns 到几十 ns 之间连续改变。普克尔盒上得到的电压幅度接近于 V_2 , 超过 V_0 的一半, 而同轴型开关最多只能得到 $V_0/2$ 的输出电压。

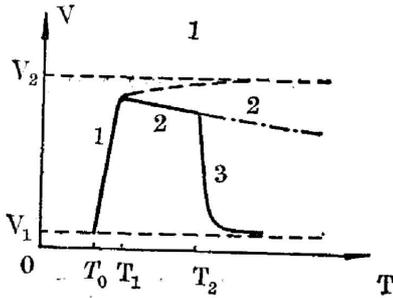


图 2 普克尔盒电极上的电压

Fig. 2 Voltage across the electrodes of the Pockels cell

普克尔盒电极上的电压脉冲波形由曲线 1、2 的实线部分以及曲线 3 组成。因此, 这种结构的 GaAs 光电子开关可以产生数 kV 的电压方脉冲, 脉宽由激光脉冲 4、5 之间的延时决定, 可以根据需要在 Sns 到几十 ns 之间连续改变。普克尔盒上得到的电压幅度接近于 V_2 , 超过 V_0 的一半, 而同轴型开关最多只能得到 $V_0/2$ 的输出电压。

三、实 验

图 3 为实验装置布置图。一台被动锁模的 YAG 振荡器 1 产生锁模激光脉冲列, 经过单脉冲选择器 2, 放大器 3 后得到能量约为 2.8mJ 的单脉冲。有 30% 的光能量透过分束器 4、柱透镜 5 聚焦到 GaAs 块上, 使开关 8 导通。70% 的光能量被反射, 再经过柱透镜 7 聚焦后照到另一块 GaAs 上, 使开关断开。普克尔盒电极上的电压通过高阻分压器 9 后由 OK-19 示波器 10 来测量。本实验中, GaAs 材料的尺寸为 $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$, 暗电阻约为 $10^8 \Omega$, 放电电阻 r 取 $50 \text{ k}\Omega$, 分压器上升时间为 1 ns , 示波器的通频带为 200 MHz , 上升时间 1.8 ns 。获得的电压脉冲照片见图 4。可以看出, 电压方波的上升时间小于测量系统的响应极限。GaAs 块在 10 kV 的直流电压下也不发生热致击穿。当直流偏压为 7.7 kV 时, 测得输出电脉冲幅度为 6.5 kV , 效率达 84% 。

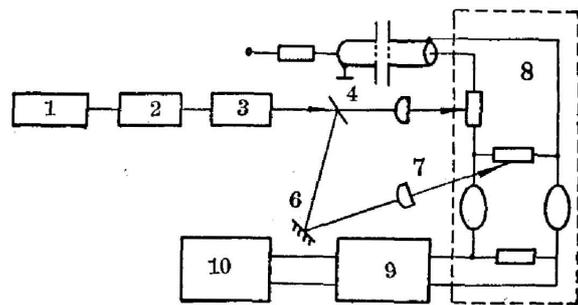


图 3 实验排布方框图

Fig. 3 Schematic diagram of the experimental arrangement

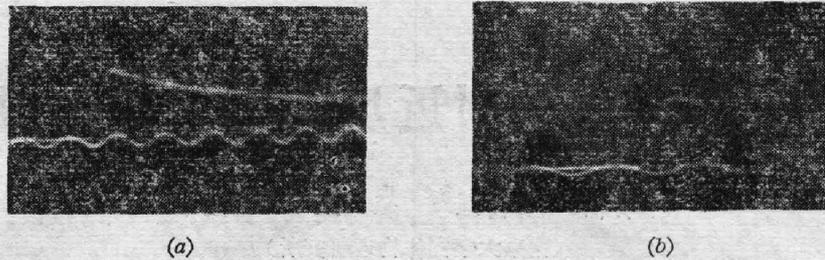


图 4 普克尔盒上的电压波形(水平时标 100 MHz)

Fig. 4 The voltage waveform across the Pockls cell Horizontal scale: 100 MHz

(a) A optical pulse was used only to turn on the switch; (b) The delay time between the two optical pulses, which were used to turn on and of the switch respectively, was 6 ns

这样的电脉冲足以驱动双晶体普克尔盒来进行 ps 精度同步的激光脉冲削波。单脉冲选择和腔倒空。

参 考 文 献

- [1] D. H. Anston; *Appl. Phys. Lett.*, 1975, **26**, No. 3 (Feb), 101.
- [2] Chi. H. Lee; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **30**, No. 2 (Jan), 84.
- [3] A. Antonetti *et al.*; *Opt. Commun*, 1977, **23**, No. 3 (Dec), 435.
- [4] E. J. Leonberger, P. F. Moulton; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**, No. 9 (Nov), 712.
- [5] W. Wargulis; "*Ph. D. Thesis*", University of London (1980).
- [6] Veerendra K. Mathur *et al.*; *IEEE J. Q. E.*, 1982, **QE-18**, No. 2 (Feb), 205.

GaAs optoelectronic switch with continuous variable electric pulse width

ZHU XINMING AND WU CINAN

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 21 October 1983; revised 22 December 1983)

Abstract

An optoelectronic switch, which consists of two GaAs cuboids and a resistance, operates in a high output resistance mode, is directly connected to a pair of Pockls cell electrodes. kV electric pulses with continuous variable width in the ns region have been obtained. The output efficiency is high as 84%.