

2.8kV、140ps 高压电脉冲的产生¹

山冰 刘进元 常增虎

(中国科学院西安光机所瞬态光学技术国家重点实验室 西安 710068)

摘要 研制了雪崩二极管脉冲成形电路, 简述了此电路的工作原理, 用此线路产生了幅度 2.8kV、宽度 140ps 的高压电脉冲。

关键词 脉冲成形电路, 雪崩二极管, 高压皮秒电脉冲

中图分类号 TN86

1 前言

近年来高压皮秒脉冲的产生技术发展很快, 并在高速摄影、激光技术、宽频带雷达等许多领域得到了广泛的应用, 特别是对于瞬态过程的研究更是许多手段的基础, 直接决定了时间分辨率等最关键的技术指标, 高压皮秒光电开关技术可以产生质量很高的高压皮秒电脉冲^[1], 但其工作时需要皮秒激光, 因而在许多情况下无法实用, 1979年 I. V. Grekhov 和 A. F. Kardo-Sysoev 发现某些硅二极管在外界高压脉冲的作用下可以产生高压皮秒信号^[2], 从而国际上开始了用雪崩二极管雪崩生成皮秒高压脉冲的工作, 近几年来这方面的工作已取得了相当大的进展, 并且在许多方面得到了广泛的应用^[3,4]。

2 脉冲成形电路

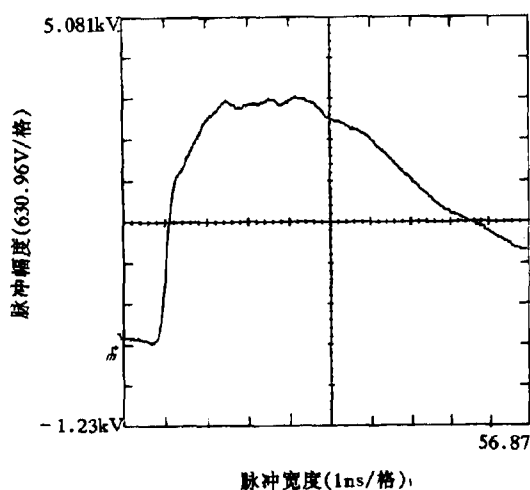


图1 用取样示波器测得的驱动脉冲波形

我们先用雪崩三极管线路产生一个有较快前沿的高压斜坡脉冲, 再用此高压斜坡脉冲驱动雪崩二极管脉冲成型线路, 从而得到皮秒高压窄脉冲。所用的驱动脉冲的总幅度为 4kV, 其上升快沿为 3kV/300ps, 图1为用取样示波器测得的驱动脉冲波形, 驱动脉冲产生线路的基本结构已另文发表^[5]。

我们所研制的雪崩二极管脉冲成形电路有两种形式:

(1) 串联形式 电路结构如图2所示, 驱动脉冲为具有较快前沿的正高压脉冲, 经过输入电感 L_1 到达雪崩二极管, 当电压未达到雪崩电压时对电容 C_1 充电, 雪崩二极管雪崩后造成一

上升速率极快的前沿经输出电容 C_2 微分及输出电感 L_2 滤波后输出高压皮秒脉冲。这种线路的特点是输出幅度主要取决于驱动脉冲的幅度, 并不限于二极管的雪崩电压, 从而幅度可以做的很高, 但宽度不易做窄。我们曾用这种线路制成了 4kV、800ps 的脉冲。

¹ 1995-09-15 收到, 1996-06-17 定稿

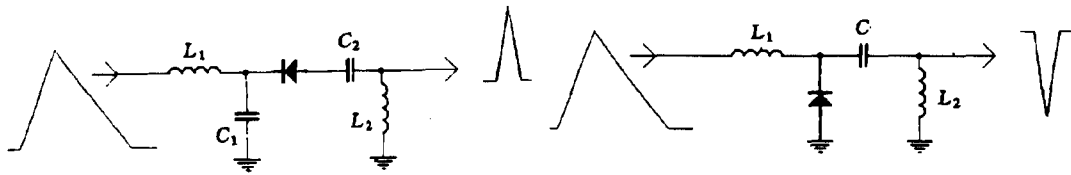


图 2 串联形式的脉冲电路

图 3 并联形式的脉冲电路

(2) 并联形式 电路结构如图 3 所示, 正高压脉冲作为驱动脉冲经过输入电感 L_1 到达雪崩二极管使其反向加压, 当输入脉冲到达一定幅度时, 二极管雪崩击穿, 从而产生一极快的电压下降沿, 经输出电容 C 耦合微分后再经输出电感 L_2 滤波输出高压皮秒脉冲。

对线路中的各个元件而言, 输入电感 L_1 主要起的是隔离作用, 要针对驱动脉冲和输出脉冲取适当值, 使得其对速度较慢的驱动脉冲阻碍不大, 而对速度很快的输出脉冲有较强的隔离作用, 以免输出脉冲返回前级线路, 同时也增加了正常输出的幅度。输出耦合电容 C 一方面隔离了驱动脉冲, 使得驱动脉冲不能直接通过对输出造成不利影响, 另一方面对二极管的雪崩沿微分使脉冲成型。输出电感 L_2 的作用则主要是对电容 C 微分成形的脉冲再次滤波以减小脉冲的宽度。

值得指出的是, 因线路的工作频带相当高, 所以其工作特性并不完全决定于各元件的取值, 而与线路的几何结构、元件的外型尺寸等因素密切相关, 甚至不同外型的元件要取不同的参数才能使线路工作在最佳状态, 因此线路的具体设计应在充分考虑了线路的几何结构和元件的外型尺寸的基础上再调试各个元件的参数。

3 脉冲测试和结果

整个线路的形式和测试如图 4 所示。脉冲成形线路的前级为雪崩三极管脉冲产生线路, 产生幅度 4kV、上升沿约 1ns 的脉冲作为成形线路的驱动源; 成形线路选用并联形式, 其输出的脉冲经大功率同轴衰减器 (工作频带 DC-8GHz) 送入取样示波器 Tek11801A 中。整个线路以 10Hz 的重复频率工作, 则在取样示波器上就测得了成形线路输出的脉冲。最终由示波器所连的绘图仪绘出波形。

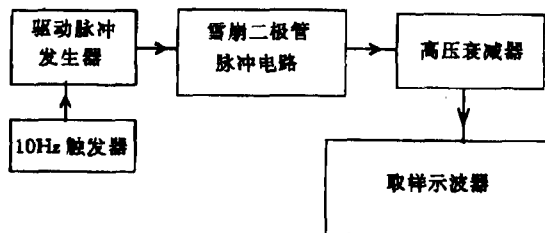


图 4 高压脉冲的测试方框图

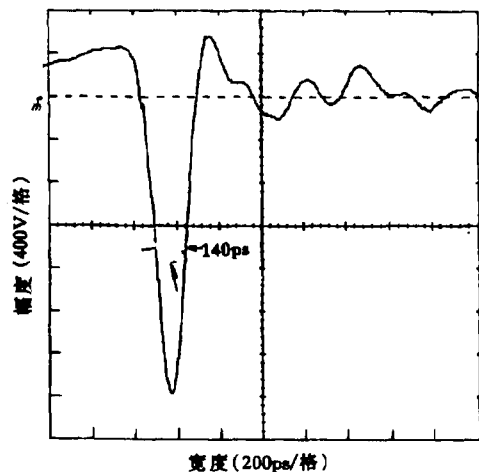


图 5 所产生的 2.8kV, 140ps 的高压皮秒

所测得的高压皮秒电脉冲如图 5 所示。由脉冲形状可看出与上节的分析相符：当驱动脉冲到来时会直接通过输出电容 C 耦合输出一部分，对应于图 5 脉冲前部的正向部分；随着电压的增加，二极管雪崩，从而输出一很快的下降沿，再由输出电容 C 和输出成形电感 L_2 共同作用使脉冲成形，产生 2.8kV、140ps 的高压皮秒脉冲。与光电开关相比，此脉冲具有相当好的稳定性。Tek11801A 取样示波器采集一个波形的取样点为 1024 个，由图 5 取样示波器的测试结果也可看出，上千次的波形取样仍能作出一条平滑的曲线。

我们曾用这种线路产生的 210ps、2.1kV 的脉冲作为选通脉冲用在皮秒分幅相机中得到了很好的使用效果^[4]。

4 结 论

用雪崩二极管的雪崩可以产生几千伏的高压皮秒电脉冲，与以往的高压皮秒光电开关方法相比，这种技术具有结构简单、性能稳定、使用方便的优点。

参 考 文 献

- [1] 朱鑫铭, 陈兰荣, 支婷婷. 用锁模激光控制的 GaAs 光电子开关. 光学学报, 1983, 3(3), 276.
- [2] Grekhov I V, Kardo-Sysoev A F. Subnanosecond current drops in delayed breakdown of silicon p-n junctions, Sov. Tech. Phys. Lett., 1979, 5(8): 395-396.
- [3] Dymoke-Bradshaw A K L, Kellett P A, Danson C N, Pepler D A. Ultrafast laser pulse chopping of a 1.053 μ m laser beam, Rutherford Appleton Laboratory Report RAL-93-031, 1993, 130.
- [4] Chang Zenghu, Shan Bing, Liu Xiuqin, Zhu Wenhua, Yang Hongru, Liu Jinyuan, Hou Jidong, Gong Meixia. Picosecond X-ray framing camera using gated MCP, 21st International Congress on High Speed Photography and Photonics, Taejon, Korea: SPIE VOL. 2513, 1994, 106-111.
- [5] 刘进元, 常增虎. 10kV/ns 斜率高压斜坡脉冲的产生. 第八届全国高速摄影与光子学会议, 成都: 94 年 10 月.

GENERATION OF 2.8kV, 140ps ELECTRICAL PULSE

Shan Bing Liu Jinyuan Chang Zenghu

(State Key Laboratory of Transient Optics Technology,

Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica, Xi'an 710068)

Abstract: A avalanche diode circuit was developed to generate picosecond high voltage pulse. The structure of the circuit was described. A pulse with 2.8kV amplitude, 140ps width was generated with this circuit.

Key words Pulse sharpening circuit, Avalanche diode, Picosecond high voltage pulse

山 冰: 男, 1965 年生, 副研究员, 现主要从事变象管高速摄影和与之相关的超高速电路研究工作.

刘进元: 男, 1964 年生, 副研究员, 主要从事超高速电路的研究工作.

常增虎: 男, 1962 年生, 研究员, 主要从事变象管高速摄影和超快激光脉冲技术的研究工作.