

用于行波分幅的大功率皮秒 高压电脉冲的产生

山 冰 刘进元 常增虎

(中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学技术国家重点实验室, 西安 710068)

摘 要 针对行波分幅相机的要求, 用纯电子学线路产生了幅度 2.1kV、宽度 210ps 的高压皮秒脉冲, 并将其用于行波分幅相机作为 MCP 的选通脉冲, 获得了 60ps 的时间分辨率。

关键词 高压皮秒脉冲; 选通; 行波分幅

0 前言

微通道板选通行波分幅技术是近年来发展起来的一种新型分幅技术, 由于具有时空分辨率高、画幅数多、动态范围大、成象无空间畸变等一系列突出的优点而受到美、英、法、日等国的广泛重视, 并在近几年的研究中取得了很大进展^{1,2}。

作为选通脉冲的皮秒高压脉冲的产生, 则是行波分幅技术的关键, 直接决定了行波分幅的时间分辨率。对于行波分幅相机而言, 其对选通脉冲的要求是在大负载下有千伏以上幅度、几百皮秒脉宽的大功率高压脉冲, 以在 MCP 上有足够的选通增益。

以往的皮秒高压脉冲的产生方法主要是用光电开关, 但对于行波分幅技术, 用光电开关来产生选通脉冲有使用不便、脉冲幅度与形状易受激光脉冲影响等缺点, 因而无法实用。用雪崩二极管产生皮秒高压脉冲是近几年才发展起来的技术, 并在行波分幅、激光技术、宽频带雷达等许多领域得到了广泛的应用。与光电开关相比, 这种技术具有使用简单、输出稳定的特点, 从而更易于实用。

1 雪崩二极管及脉冲成形线路

所研制的脉冲成形电路的原理图如图 1 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。

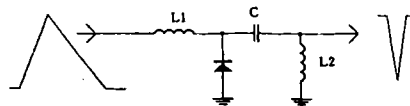


图 1 脉冲成形电路

Fig. 1 Pulse circuit

收稿日期: 1995-08-30

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.

线路中所用的雪崩二极管为俘获等离子体雪崩(Trapatt)二极管,这种二极管的工作效率与前级驱动脉冲的关系很大,一般要求驱动脉冲有一个有很快的前沿,在此脉冲的驱动下,有一个雪崩带在二极管上传播,雪崩冲激前沿快速扫过二极管的大部分,并在其后造成空穴和电子的高电导等离子体,同时这些空间电荷把电场压到一个很低的值.从而二极管的导通时间就是雪崩带在二极管上的传输时间,而其开关时间则取决于雪崩带的宽度及其在二极管中的传播速度.由于雪崩二极管在俘获等离子体雪崩工作模式下雪崩区域传播的速度远大于载流子的饱和漂移速度,所以这种雪崩模式的导通时间大大快于传统过压雪崩的导通过程,并可以获得一个极快的上升时间³.

2 选通脉冲的测试及其在行波分幅相机上的应用

如图 2 所示,我们用取样示波器 Tek11801A 来测试所生成的选通脉冲,线路以 1Hz 的重复频率工作,其输出的脉冲经大功率同轴衰减器(工作频带 DC—8GHz)送入示波器,在取样示波器上就测得了成形线路输出的脉冲.所测得的高压皮秒电脉冲如图 3 所示.

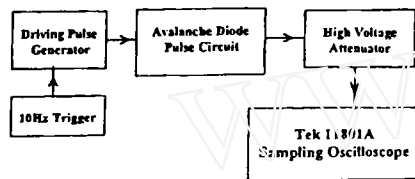


图 2 脉冲测量系统方框图

Fig. 2 Schematic diagram of measurement setup

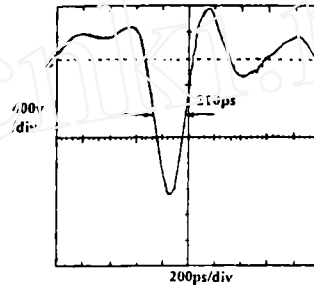


图 3 测得的选通脉冲

Fig. 3 Measured gating pulse

对于行波分幅相机,其选通脉冲的传输路径如图 4 所示,选通脉冲由 50Ω 同轴电缆送入分幅管的 50Ω 微带传输线,此 50Ω 微带线再经渐变线变至约 17Ω ,以增大 MCP 上的有效成象面积,故 MCP 上的微带传输线型阴极管的传输阻抗很低,从而加在 MCP 上的实际电压比在 50Ω 负载上所测得的电压要低得多,将图 3 中的选通脉冲送入行波分幅管后在 MCP 上的有效电压大约为 1kV ,从而可以保证有较高的选通增益.

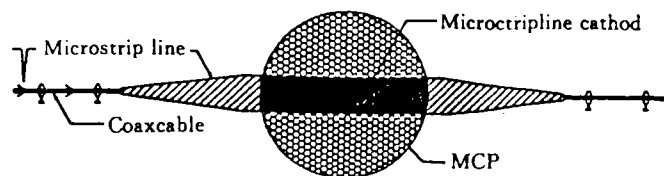


图 4 选通脉冲在行波分幅相机中的传输通路

Fig. 4 The transmission path of gating pulse in gated MCP framing camera

我们用上述 2.1kV 、 210ps 的高压皮秒电脉冲作为选通脉冲送入行波分幅管,并加上适当的反偏压,最终得到了 60ps 的时间分辨率⁴.

3 讨论

对于在行波分幅中应用的选通脉冲而言,其脉冲幅度与脉冲宽度共同决定了选通增益,脉冲宽度则主要决定了时间分辨率,所以对实际应用并不是脉冲越窄越好,一方面行波分幅管的极限时间分辨率由MCP的电子渡越时间与电子渡越时间弥散决定,过窄的选通脉冲会严重降低增益;另一方面行波分幅管的微带传输线的通频带有限,选通脉冲通过时会有较大损耗.所以要根据设计的增益与时间分辨率来选用适当的高压皮秒电脉冲来作为选通脉冲.

参考文献

- 1 Katayama M, Nakai M, Yamanaka T, et al. Rev Sci Instrum, 1991, 62(1): 124~129
- 2 Bell P M, Kilkenny J D, Landen O, et al. SPIE 1992, 1801: 1140~1159
- 3 Grekhov I V, Kardov-Sysoev A F Subnanosecond current drops in delayed breakdown of silicon p-n junctions. Sov Tech Phys Lett, 1991, 5(8): 395~396
- 4 Chang Zenghu, Shan Bing, Liu Xiuqin, et al. SPIE, 1994, 2513: 106~111

GENERATION OF HIGH VOLTAGE PICOSECOND ELECTRICAL PULSE FOR GATING MCP

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, Shaanxi 710068, P. R. China

Received date: 1995-08-30

Abstract An avalanche diode pulse shaping circuit was developed to generate high voltage picosecond electrical pulse for MCP gating. The parameters and structure of the circuit were designed to fit the MCP gating tube. An electrical pulse of amplitude 2.1kV and width 210 ps was generated with the circuit and was applied to the MCP gating tube along with a reverse bias. The resultant exposure time was measured 60ps. To the gating pulse, its amplitude and width determined the output gain of the MCP gating framing camera, and its width determined the exposure time. Considering the shortest exposure time is given by the electron transit time and its dispersion of MCP and the working frequency band is limited, a suitable pulse should be chosen to fit the designed exposure time and working frequency band of MCP gating tube, to avoid seriously gain dropping.

Keywords High voltage picosecond pulse; Gating; MCP gating

Shan Bing was born in 1965, graduated from Wuhan University in 1985, and did his M. S. at Institute of Solid Physics, Academia Sinica. He has been working in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics from 1988. His scientific interests are ultrahigh speed photography, and high voltage ultrafast electrical pulse.

