

双近贴管纳秒单幅高速摄影机

李元 李同民 侯洵
宋克昌 高继魁 姚彩蓉

(中国科学院西安光机所)

一、引言

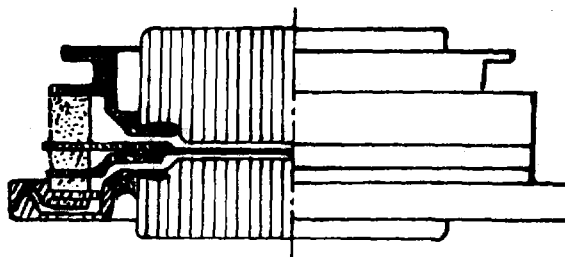
作为一种性能优越的二维图象记录设备,双近贴管纳秒单幅高速摄影机在高速摄影领域已越来越受到人们的重视。这方面的研究成果已经而且正在为核物理研究及其它学科的发展提供有效的测量工具。

将近贴管用于高速摄影始于七十年代初。当时曾用双近贴管做电子快门兼象增强器制成高速电影摄影机。在超高速摄影方面,最初是采用近贴二极管,后来便发展到应用带微通道板(MCP)的双近贴管。由于双近贴管高速摄影机具有体积小、结构简单、象质均匀无畸变、有图象增强、抗电磁干扰、极好的开关比等独特的优点^[1-3],所以近几年得到了很大的发展。我们在研究快速选通双近贴管的同时,开展了实用整机研究。利用有效画幅尺寸为 $\phi 25\text{mm}$ 的管子,已在5 ns 快门脉冲下得到了动态分辨率为8 lp/mm 的实验结果。

二、快速选通双近贴管

快速选通双近贴管是本相机的主要部件之一。制做本管采用了冷压钨封转移阴极技术。管子采用金属——陶瓷封接外壳和纤维光学面板输入、输出窗。有效成象区域 $>\phi 25\text{mm}$ 图一为管子的结构示意图。

快速选通双近贴管具有普通双近贴管的优点。评价其性能优劣的主要参数,除通常要求的几项外,这里更强调其开关特性。若采用比较简单而且有效的阴极选通方案,管子的开关性能主要与阴极——MCP 输入面间的电容



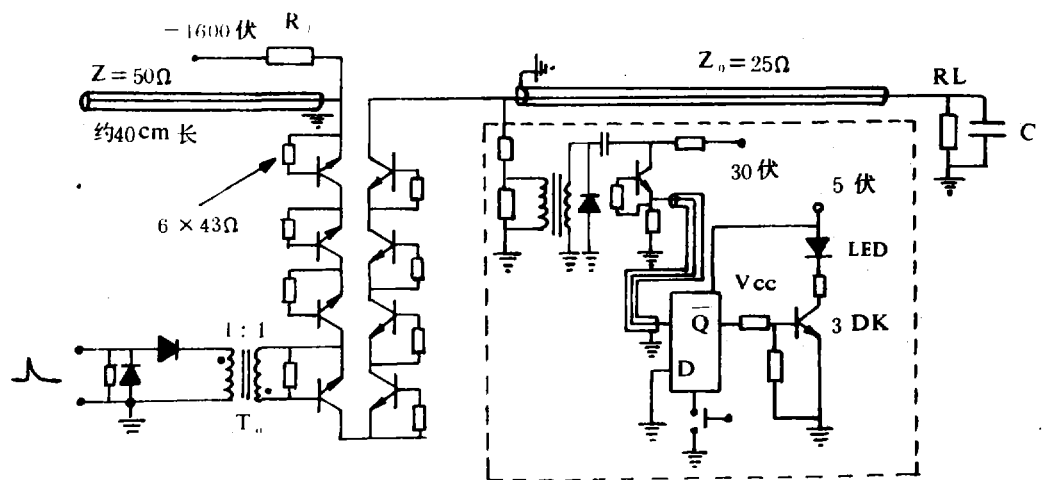
图一 双近贴管结构剖面图

本文1988年8月收到

及这两个面的面电阻的总和等因素有关^[1]。我们通过镀钼作导电基底,有效地降低了阴极的面电阻。阴极—MCP输入面间的距离控制在0.3 mm左右。加上管壳边界电容,阴极电极与MCP输入面电极间的总电容约80 pf。

三、相机驱动电路

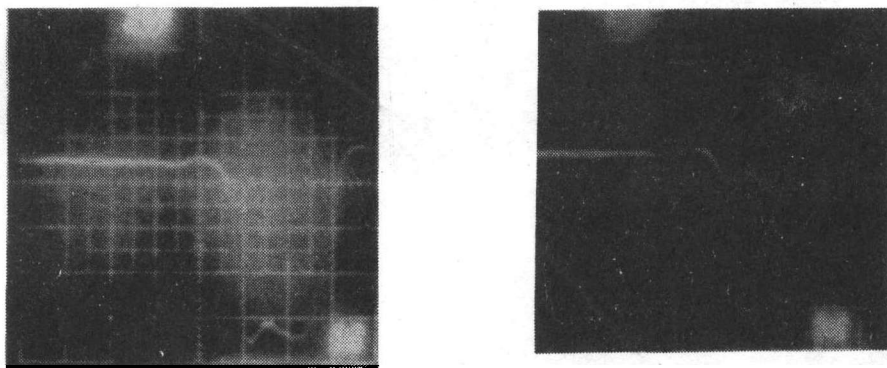
驱动电路的核心部分是快门脉冲发生器。要求这部分电路具有较短的延时,尽可能小的触发晃动,约350 V的输出幅度及5 ns的最短输出脉冲宽度,并且输出脉冲具有较好的前、后沿。因采用阴极选通,脉冲极性为负。我们采用了雪崩晶体管脉冲发生器。对于双近贴管这样一个大电容性负载,还要求脉冲发生器的输出阻抗要足够小。而通常采用的电阻分压法却使大量能量白白耗掉^[3]。这样对一定的输出幅度及输出内阻来说,成形电缆的充电电压必须很高,从而需要较多的雪崩管串联起来使用。这不仅使电路的成本,难度提高,而更重要的是因为引起了较多的雪崩管及电阻,使输出脉冲的前、后沿大受影响,从而无法得到更窄的脉冲。为解决这一问题,我们直接采用阻抗 Z_0 较低的电缆进行脉冲传输,电路直接输出象管选通所要求的脉冲而不经分压。为避免输出



图二 快门脉冲发生器与脉冲输出指示器电路原理图

脉冲有较大的台阶,充电电缆采用了阻抗 Z 比 Z_0 大些的电缆。图二是我们采用的脉冲发生器电路原理图。这里放电电缆特性阻抗为50Ω,传输缆特性阻抗25Ω,通过两根50Ω

电缆分流并分别端接 50Ω 电阻(高频性能较好的电阻器),然后从对称的两点将脉冲加给象管。对于象管,脉冲发生器的输出阻抗为 12.5Ω 。输出脉宽 5ns 时所需充电电缆的长度大约为 40cm ,更宽的脉冲可以通过增加外接电缆的长度获得。图三是脉冲的 5ns 及 10ns 的脉冲波形。考虑到所用示器本身有 1ns 的上升时间,脉冲的实际上升时间应 $<2\text{ns}$ 。脉冲的幅度 $>350\text{V}$,除去阴极预加的 40V 反偏电压,实际加到管子上的快门电压仍大于 300V 。电路触发晃动 $<100\text{ps}$ 。



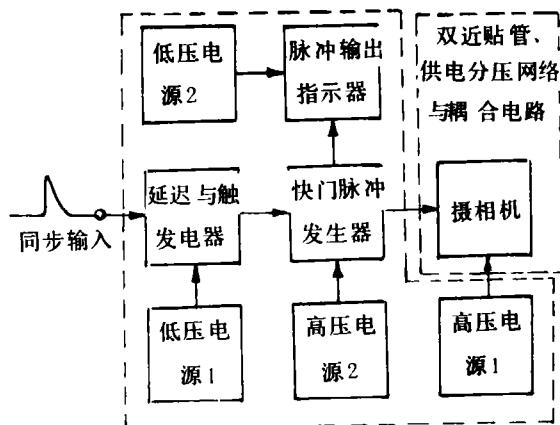
图三 脉冲波形(纵标: $100\text{V}/\text{cm}$; 横标: $5\text{ns}/\text{cm}$)

图三中还同时给出了脉冲输出指示电路。为保证作为记忆元件的D触发器在 5ns 输出时仍能可靠触发,电路采用了一级电压雪崩管脉冲发生器作信号保持器。该机电路因采用了集电极触发,使触发延时缩至 3ns ,故其能被 5ns 脉冲可靠触发。

驱动电路的其余部分是同步延时触发电路、象管供电分压网络与脉冲耦合电路、电源电路等。这里象管采用正压供电(令MCP输入面接地),是为了便于脉冲发生器与象管的耦合。而采取一定的措施后,正屏压并不影响输出面板上的近贴照相。电路的总延时 200ns 时为 $<200\text{ps}$,最短触发延时 5ns 。

四、相机系统结构及特点

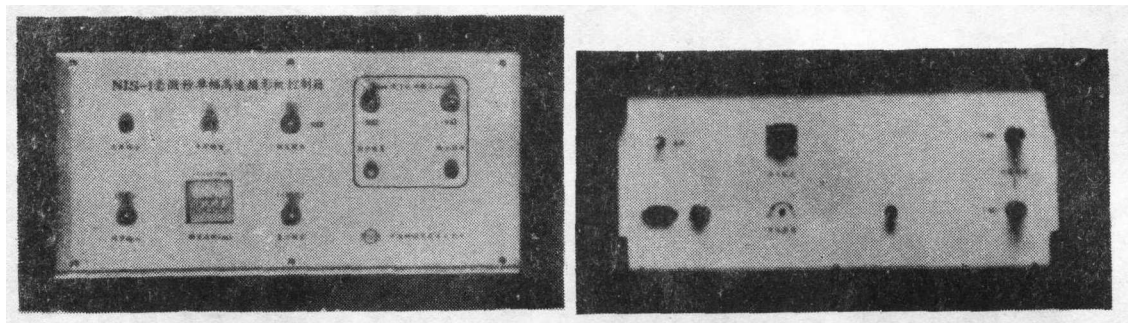
相机系统由两部分组成:电控制箱及摄像机。电控制箱装入了除象管工作分压网络及脉冲耦合电路



图四 相机系统结构方框图

两虚线框标明系统由两部分组成

外的部分驱动电路。摄像机由光学镜头、双近贴管、接触照相卷片机构、机体及支架组成。象管供电分压网络及脉冲耦合电路装在机体内。图四是相机系统结构方框图。图五是控制箱照片。



(a) 前面板

(b) 后面板

图五 (a) 相机系统电控制箱照片

相机系统结构及性能有如下几个方面的特点:

1. 结构整体化。相机由前述两个部分构成的独立实体构成,搬运、安装及使用都很方便。将两部分用电缆连接起来,再接上220V电源,相机就可投入使用。

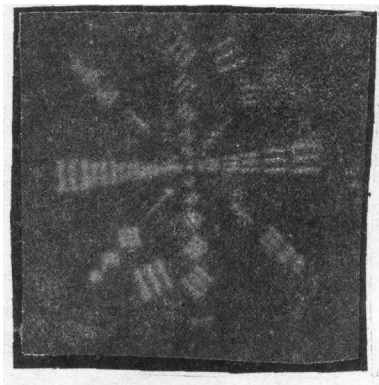
2. 以近贴管为主体的摄像机,结构小巧、紧凑、能方便地移动位置、调整俯角,充分发挥了近贴管小巧玲珑的优点。采用接触照相的图象记录方式,做到了方便、高效。象管增益分七档可调,加上光学镜头的光圈调节,使相机能在不同光照强度范围使用。光学镜头采用长焦镜头,可保证在一定的工作距离范围内对不同尺寸的被摄物成满屏象。

3. 电控制箱内有可变延时器,面板上有同步输入,触发输出插头,配有手动触发按键,故可兼做主动及等待摄影,并且可以通过启用新型的摄相单元而由几台控制箱方便地组成一部快门速度可调的、画幅时间间隔可变的通用型纳秒分幅高速摄影机;另外,控制箱面板上还备有快速光电管电源插口,从而可方便地实现相机系统光触发;相机每拍摄一次,都可由快门脉冲输出指示器显示出来,从而为实验室使用提供了方便。

综合上述,本相机实为一种通用型的单幅超高速摄影机。

五、动态结果

以脉冲氙灯做光源,我们对相机系统的



图六 5ns快门脉冲下相机的动态分辨率照片

动态空间分辨率进行了初步测量。在5ns快门脉冲下得到了8lp/mm的动态照片。图六是动态分辨率照片。

六、结束语

本工作只是我们在双近贴管高速摄影研究方面迈出的第一步。实践证明我们的双近贴管用做10ns以下选通是可行的,电路是可靠的,相机系统设计是合理的。目前工作仍在继续。首先要对相机系统的最短曝光时间做精确的标定,同时开展双近贴纳秒多幅高速摄影的研究。

七、致 谢

本研究室马宝荣同志曾给予具体的帮助,其他同志也曾给予热情支持和帮助,在此对他们表示衷心的感谢!

关键词:双近贴管,变象管相机

参 考 文 献

- [1] A. J. Lieber: *Rev. Sci. Inst.*, 1972, **Vol.43**, NO. 1, 104-108.
- [2] A. J. Lieber et al.: *Rev. Sci. Inst.*, 1971, **Vol.42**, No.No.11, 1663-1667.
- [3] Arvid S. Lundy et al.: *Proceeding of the 15th, International Congress on High Speed Photography and Photonics, San Diego 1982, Proc. SPIE Vol. 348*, 178-189.
- [4] R. B. Hammond et al.: *Proceeding of the International Electron Devices Meeting, Washington*, 1981, 157-160.
- [5] G. Mourou et al.: *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **Vol.35**, No.7, 429-439.
- [6] G. J. Yares et al.: *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 1984, **Vol. NS-31**, No.1, 399-403.
- [7] Arvid Lundy, Joseph R. Parker et al.: *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 1978, **Vol. NS-25**, No.1, 591-597.

NANOSECOND SINGLE FRAME CAMERA USING PROXIMITYFOCUSED MICROCHANNEL PLATE INTENSIFIER TUBE

Li Yuan, Li Tongmin, Hou Xun, Gao Jikui,
Yao Cairong, Song Kechang

*Xian Institute of Optics and Precision Mechanics,
Academia Sinica, Xian, China*

Abstract

A nanosecond single frame camera using 25mm proximityfocused microchannel plate intensifier has been built at our institute. On the basis of previous researches on proximity focused microchannel plate (MCP) intensifier tube for gating application and its gated operation, it has been paid more attention in this programme to building a commonly used camera with gating time $< 10\text{ns}$. The structure of the camera, the intensifier tube for fast gating application, the pulser and the way to connect the pulser to the tube are presented. The characteristics of the camera are discussed. Designed with 0.3mm gate gap and palladium photocathode substrate, the $\phi 25\text{mm}$ tubes with S-20 photocathode seem qualified for nanosecond gating application. The large gap between photocathode and MCP requires a higher voltage (about 300V) to provide good focus and to generate an effective forward bias to "shutter" the tube, which is also advantageous to the gain of the tube. The avalanche transistors working in series are employed in the pulser. In order to build the pulser with low pulser source impedance and in excess of 370V output easily, a 25Ω coax instead of the 50Ω coax is used for the output cable. As a result, few transistors are employed and shorter risetime and fall time are attained. The 25Ω cable is terminated by two 50Ω cable shunted by 50Ω terminating resistors, which are set closely and symmetrically to the tube to reduce the connection inductance so as to be able to provide a low impedance path for the gating signal and to drive the tube at two points simultaneously. Composed of only two parts, the camera system has high voltage power supply, step-variable delay network, pulser output monitor and gain control network itself. Fitted with a long focal distance zoom lens and film transport, it is made to be a commonly used and convenient camera system. Gated by 2-ns FWHM driving electrical pulse, measured optical resolution is 4.7lp/mm.

Keywords: image converter cameras, proximity-focused intensifier tubes.