

# 基于复光电导的微微秒光电子学

Chi H. Lee

(美国马里兰大学电子工程系)

近来相当大一部分注意力集中在基于微微秒光脉冲光电导效应的开关与门电路方面。光电导效应是更一般现象(半导体介质的复介电常数被引入的光感生电子-空穴等离子体而修正)的长波长限制。当等离子区域的尺寸小于人们希望控制的低频射频讯号(包括直流)的波长时,等离子区域可视作集中电路元件,大部分半导体开关属于这一类,可视作电导型设备。如射频讯号波长近于或小于等离子区域的尺寸,等离子区域必需被处理为分布电路元件,这时便是介电型设备。在有激光诱导电子空穴等离子体的半导体波导中毫米波的传播即是这种情况。激光诱导的等离子体将改变折射率与消光系数,从而导致毫米波的相移与衰减。

作电导型运转时,器件最重要的应用是在超高速光电开关方面。这种设备还可分成不同的两类:低压与高压应用。在低压应用中它当作高速光检测器或快速取样器,其重要特性是电讯号的快速上升与衰变,其总的要求是:即使在极低的迁移率的不利条件下仍要有短的载流子寿命。我们将论述这方面的某些新进展。在高压应用时,器件主要用作具有极快转换时间(微微秒量级)和无抖动的高压开关。我们将介绍用Cr:GaAs、CdS<sub>0.5</sub>Se<sub>0.5</sub>和绝缘金刚石制成的高压开关的最新成果。为提高电流容量,利用双光子吸收以激励半导体开关元件体内的载流子。为防止表面击穿,将开关元件装在阻抗为50Ω,充有100磅/吋<sup>2</sup>氮气的标准火花隙结构中。在开关上加15kV电压,我们获取到7千伏(可能的最大值为7.5kV)。还演示了Blumlein脉冲发生器结构的超高速光电开关。Blumlein脉冲发生器实为一改进了的充电传输线,在理想情况下脉冲幅度可等于充电电压。当脉冲幅度要扩展到千伏量级时,这是一个重要的优点,因为它把半导体开关上预加电压的要求降低到一般充电线结构的一半。

作为器件的介电型运转的一个例子,我们演示了介电波导中毫米波传输的光学控制。它由两端渐细的矩形半导体波导构成,这种结构便于毫米波在这种波导与通常的金属波导之间有效地过渡。在半导体波导的宽壁上辐照以微微秒光脉冲即能实现光学控制。现今尚无其它快速技术能以1ns速度控制毫米波设备诸如相移器、调制器和开关门电路等。同时光学手段使之近于完全的隔离及高功率承受能力。进一步,毫米波讯号是研究诱导载流子传输参量的理想探测器,因为它的频率较光学探针低得多,它可以在几个量级的范围内监视载流子衰减的动态发展情况。

我们成功地演示了光学控制毫米波器件的概念。制成了94GHz的毫米波相移器,截面为 $2.4 \times 10 \text{mm}^2$ 的硅波导相移为 $300^\circ/\text{cm}$ ,截面为 $2.4 \times 0.5 \text{mm}^2$ 的GaAs波导的相移为 $1420^\circ/\text{cm}$ ,这与理论预言值很好地符合,演示了具有40ps响应时间的极快的无跳动毫米波开关,并能以微微秒精度开关毫米波讯号。获得了宽度为400ps的毫米波脉冲(已报导的最短值),从而将微微秒脉冲推广到毫米波区域中。我们演示了“啁啾”毫米波脉冲的产生,这对相干脉冲毫米波雷达应用中的脉冲压缩可能是有价值的。同样首次演示了94GHz毫米波讯号的调制,采用的是掺杂Cr的GaAs波导,带宽大于1GHz,脉冲重复率高于200MHz。使用本研究工作中发展起来的动态桥路法,在相当宽的载波密度范围内,监测了动态相移与衰减,在掺杂Cr的GaAs中分别观察到 $\tau_1=100\text{ps}$ 和 $\tau_2=1000\text{ps}$ 的双成分衰减。