

利用光触发产生超短电磁脉冲 及其应用前景

郭开周

(中国科学院电子学研究所, 北京 100080)

摘要 本文对利用超短激光脉冲触发半导体光导开关产生超短电磁脉冲的装置、器件、材料以及应用方面的研究状况进行了介绍。

关键词 超短电磁脉冲; 半导体光导开关; 超快过程测量; 超宽频带测量

一、前言

60年代初期激光问世不久, 科学家们对超短脉冲、超快过程以及超快现象探测技术的研究发生了极大的兴趣。这方面的技术如今已得到很大的发展, 能够产生短至6飞秒(fs)^[1]的光脉冲和测量出许多超快现象^[2]。几乎同时, 人们发现核爆炸产生的强电磁脉冲(EMP 纳秒脉宽)对电子设备有极强的破坏力。为了研究这种现象, 减弱其破坏力, 并且开发利用超短电磁脉冲, 科学家们开展了大量的研究。1975年 D.H. Auston^[3]在微带线结构中用硅材料作开关(光导开关 PCS)进行电压脉冲实验, 发现用激光脉冲触发 PCS能产生超短电磁脉冲。这一现象很快引起人们的重视。这方面的技术也得到了迅速的发展^[4,5]。在超短电磁脉冲的产生和发射装置方面已推出了不少高效率结构, 纳秒脉冲峰值功率已至兆瓦量级; 短脉冲方面的研究已至飞秒量级。超短电磁脉冲的应用也越来越广泛。下面仅就产生超短电磁脉冲的代表性装置; 关于光导开关的新近研究动态和应用方面的研究状况做一些介绍。

二、超短电磁脉冲的产生

图1为产生超短电磁脉冲的装置示意图, 为了给出一个全貌, 图中也给出了接收和信号处理系统的示意图。PCS由充电网络经充电段充电到偏压电压。在激光脉冲的照射下, PCS内部产生大量的载流子, 使PCS导通。(这种导通状态随激光脉冲的结束而结束, 通常有一些滞后。)于是在脉冲传输段形成脉冲宽度与激光脉冲宽度相应的单极电脉冲。单极脉冲传到天线, 以双极电磁脉冲的形式发射出去。接收天线将收到的超短电磁

1992.03.02收到, 1992.09.10定稿。

郭开周 男, 1938年出生, 研究员, 现从事光控微波线路和皮秒电子学方面的研究工作。

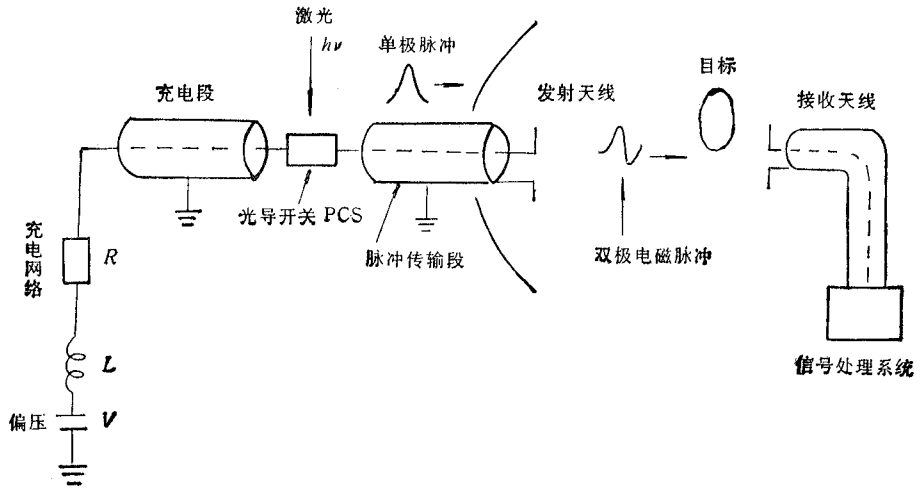


图 1 激光脉冲触发光导开关产生超短电磁脉冲示意图

脉冲(透过目标,或由目标反射的信号)传到信号处理系统,给出有用的信息.充电段承担储能的任务,对于产生高压脉冲的结构要求能耐相应的高压.在激光脉冲参量合适的情况下,充电段的长度(以电波传输的时间表示)对应于 PCS 产生的单极脉冲脉宽的一半.光导开关产生的单极电脉冲理论上的幅度为偏压的一半.脉冲传输段除了耐压之外还要求色散尽量小.对发射天线的要求是尽可能地不使脉冲宽度展宽和具有高的效率和方向性.对接收天线的要求同样很高,如为了接收 100ps 的脉冲,要求天线频带宽在 0~14GHz 范围^[6,7],对于激光器的主要要求在脉宽、波长、功率(能量)和重复频率方面.不同的应用场合对于脉宽有不同的要求.目前一些大功率应用要求脉宽为纳秒或几百皮秒量级,用于精密测量则要求短皮秒或飞秒量级.激光波长对应的光子能量应能有效地触发自由载流子.激光束的功率(能量)应足以触发 PCS 产生所要求的电磁脉冲功率.重复频率决定于对电磁脉冲平均功率的要求.

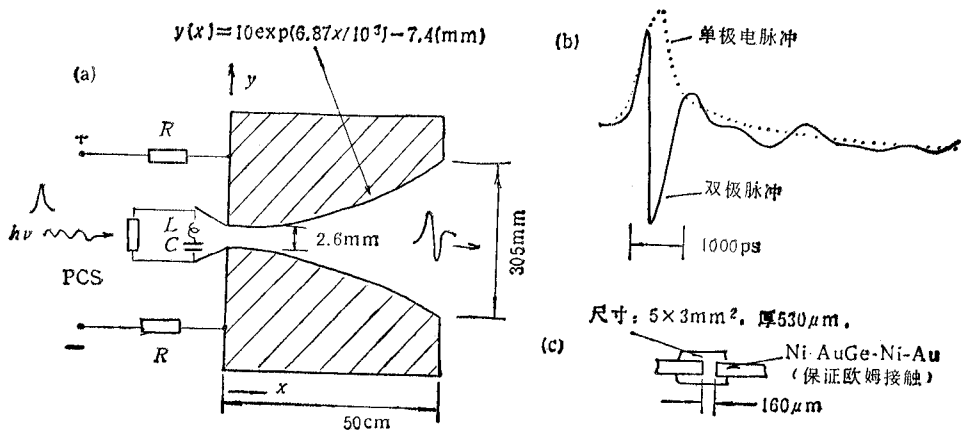


图 2 PCS-裂缝天线组合结构示意图

- (a) 裂缝天线与 PCS 组合示意图
- (b) PCS 放电产生的单极电脉冲和经天线发射的双极脉冲
- (c) PCS 结构和尺寸

光导开关将在第三节介绍。下面介绍几种产生超短电磁脉冲的代表性装置。

1. 光导开关-裂缝天线组合结构

这是一种中小功率的装置。文献[8,9]先后报道了 PCS-裂缝天线组合结构,他们把 PCS 直接置于宽频带 (0.82 ~ 4 GHz) 天线上,避免了传输线色散的影响。结构示意图和脉冲波形图见图 2^[8]。用若单明 6G 染料激光器 (脉宽 500ps, 波长 590nm, 功率~1 kW)。电感 L 为 50nH, 用来抑制杂模。隔直电容 C 为 3nF。偏压为 100V。接收到的峰值功率 ~2mW, 由天线增益和接收机距离估计发射功率大于 2W。他们已把这一结构缩尺,用于毫米波领域^[9]。这种结构十分简单,很适合于用来开展一些低功率的实验。

2. 谐振腔滤波型结构

这也是一种产生中小功率电磁脉冲的装置,并可用来产生连续波微波。文献[10]介绍了这种利用谐振腔滤波产生微波功率的实验装置,结构示意见图 3(a)。PCS 为体 GaAs, 直流偏压为 2.5kV, 产生的单极电脉冲经耦合环 A_1 馈入腔体进行滤波,经 A_2 输出双极脉冲。激光由锁模 Nd:YAG 激光器产生(脉宽 100ps, 波长 1.06 μ m, 能量~1mJ, 重复频率 1Hz), 四分之一波长同轴腔谐振频率为 300MHz。图 3(b) 为产生的单极电脉冲波形,峰值达 1.25kV, 为偏压的一半,已达到这种结构极限值。脉宽为 2ns。图 3(c) 为经 A_2 输出的双极脉冲波形,峰-峰电压 ~1.2kV, 峰值功率大于 7kW, 波形串为多次反射形成。实验中采用 1ns 上升时间的存贮示波器测量脉冲波形。后来利用这一技术又获得了中心频率从 300MHz 到 6.7GHz 的微波脉冲。

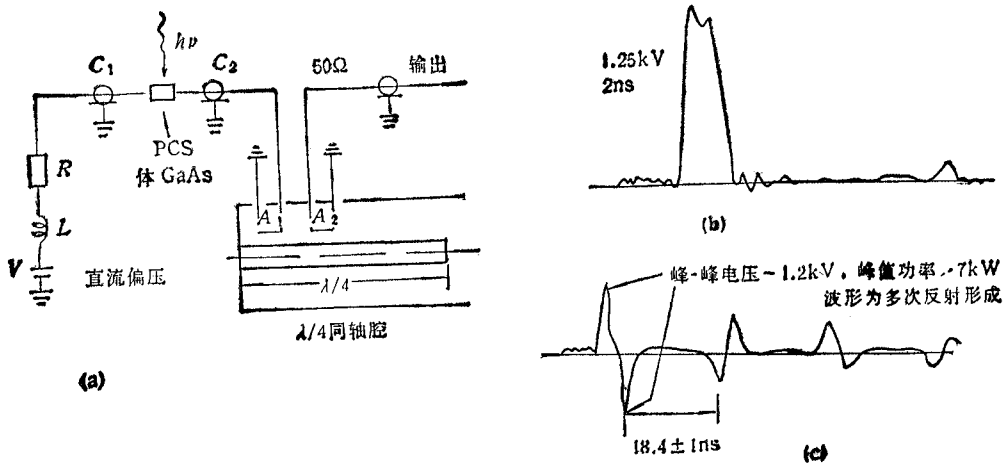


图 3 谐振腔滤波结构

(a) 结构示意图 (b) C_1 段的单极电脉冲波形 (c) 经 A_2 耦合输出的双极脉冲波形

3. 利用 Blumlein 线升压的兆瓦级装置

上述结构输出电压脉冲的幅度不可能高于偏压的一半,这在高电压场合是不利的。图 4 采用 Blumlein 线为第二级进行升压^[11], 三根较高阻抗的传输线与第一级后的 PCS 并联连接,与第三级串联连接。由于 Blumlein 线要使脉冲展宽,波形变坏,第三级采用了共面线结构,用硅材料做衬底,用延迟时间可调的系统控制激光束触发第一级后的 GaAs PCS 和第三级 Si PCS 的时间间隔,可根据需要对输出脉冲整形。实验数据达

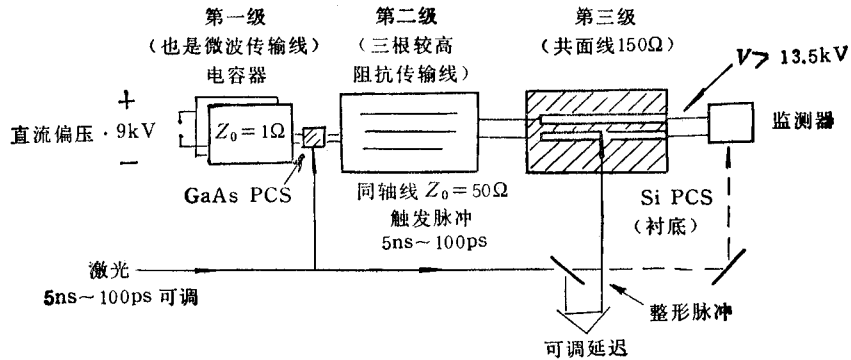
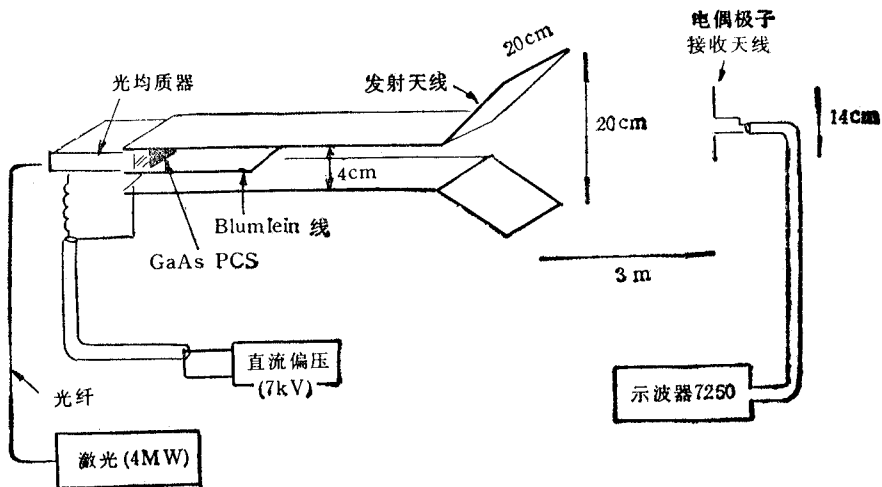


图 4 一种产生兆瓦级电磁脉冲的装置示意图

图 5 一种产生 400ps、800kW 电磁脉冲的光导开关-天线结构示意图
(光导开关由 8 个单元的列阵组成)

到：偏压 9kV，输出脉冲电压 $\sim 14\text{kV}$ ，功率 $\sim 1.25\text{MW}$ ，1 单位激光光能控制了 100 单位的电能。

4. 超短电磁脉冲的功率合成装置

另一种产生大功率超短脉冲的装置如图 5 所示^[12]，PCS 被直接装在发射天线的一端，Blumlein 线把结构分成两半，用一前一后两个兆焦耳级的激光脉冲去触发 8 个 PCS 组成的列阵。我们估计每 2 个 PCS 为一组，这一前一后两个光脉冲使充正、负电的 2 个 PCS 在时间上顺序放电，产生一正一负(时间上一前一后)两个单极电脉冲，再利用合成技术使这两个正、负单极电脉冲合成一个双极脉冲，然后对 4 组双极脉冲再进行功率合成。(或者 4 个正脉冲，4 个负脉冲各自先合成，之后再合成双极脉冲。)采用功率合成技术大大降低了对偏压和对单元 PCS 的要求。这种装置达到了如下水平：偏压 7kV，天线输出电磁脉冲 400ps，800kW (常规微波管 7kV 电压输出 1~3kW)，传输线效率 $\sim 65\%$ (常规雷达天线效率 $\sim 30\%$)，辐射效率 $\sim 51\%$ ，系统总效率 $\sim 33\%$ 。后来要求的激光能量下降到了原值的 1/1000，总效率就更高了^[12]。这第 4 种装置与上述第 3 种装置相比，在

实现的技术上要困难一些。

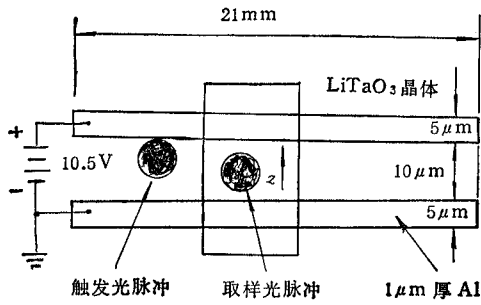


图 6 产生飞秒电磁脉冲的共面线“滑动”光导开关

结果,结构示于图 6。衬底为 SOS, 重离子注入以保证足够短的载流子寿命($\sim 600\text{fs}$)。采用碰撞脉冲锁模染料激光(脉宽 70fs , 波长 625nm , 重复频率 100MHz)。采用不对称照射的办法,使产生的电脉冲的宽度不取决于载流子寿命。用 LiTaO_3 晶体测量产生的电脉冲。直流偏压为 10.5V , 电脉冲输出为 180mV , 脉宽为 350fs 。

5. 共面线“滑动”接触光导开关产生飞秒脉冲

前面所述各种结构不能产生飞秒脉冲。通常的微带线结构有两个缺点,一是触发点的反射,二是传输线的色散,这两个缺点在飞秒脉冲情况下影响严重。为了产生飞秒脉冲,满足高精密测量的需要,人们采用共面线结构做开关(滑动接触 PCS)取得了较好的效果。文献[13]介绍了这种开关的一个实验结果。

三、光导开关 (PCS)

PCS 是产生超短电磁脉冲的关键部件。为了产生各种要求的超短电磁脉冲, PCS 器件及其材料得到很快的发展。研究的主要内容是缩短载流子寿命,提高载流子迁移率,提高介质耐击穿的强度;为了降低对激光器功率的要求,而产生近 100MW 的高功率,开展了对锁住 (lock-on) 工作模式的研究;此外还进行了降低 PCS 与传输线之间的接触电阻等方面的研究,下面分别进行介绍。

1. 光导开关材料的研究

(1) 较为成熟的 PCS 材料列于表 1^[4]

表 1 较为成熟的 PCS 半导体材料

半导体材料	接触	$E_g(\text{eV})$	载流子寿命 (ns)	暗电阻率($\Omega\text{-cm}$)	介电常数
文献[14] p.222					
本征 Si	Al	1.16	10^4	$\sim 5 \times 10^4$	11.8
Au:Si	银涂料	1.16	50	$\sim 5 \times 10^3$	11.8
Cr:GaAs	In/Cr	1.42	< 1	$> 10^7$	10.9
	Au/Ge				
Fe:InP	Au/Ge/Ni	1.29	< 1	$> 10^7$	14
$\text{CdS}_x\text{-Se}_{1-x}$	In	1.79—2.42	10	$> 10^7$	10
GaP	Al	2.24	< 1	$> 10^7$	10
钻石 II	银涂料	5.47	< 1	不详	5.5
文献[4]					
SOS			$10 \sim 1\text{ps}$		
钻石 II _a		5.5	< 1	$> 10^{15}$	
Fe:In:GaAs			$500 \sim 100\text{ps}$		
GaAs 在 SOS 上			20ps		

Si 材料的载流子寿命较长,用于产生微秒到较长的纳秒脉冲以及用于脉冲整形。由于暗电阻低,容易烧毁(采用脉冲偏压或置于低温环境可在一定程度上改善热性能),一般用于产生中、低功率。Cr:GaAs 的载流子寿命典型值为 200ps,暗电阻较高,因此 Cr:GaAs 常用于产生皮秒脉冲的大、中、小功率装置中。Fe:InP 情况与 Cr:GaAs 相似。钻石材料要求很短波长的光去触发,介质击穿强度非常高,是目前工作电压最高的 PCS 材料。SOS 材料由于载流子寿命短,常用于共面线结构中产生短皮秒、飞秒电脉冲。

(2) 几种新近研制的 PCS 材料

(1) 低温 GaAs, 电阻率高于 $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$, 具有亚皮秒载流子寿命,高的少数载流子迁移率,在共面线结构中反应时间 1.6ps, 具有高的介质击穿场强^[15]。这种材料适宜于作皮秒高电压开关^[16]。(2) 一种专门研制的 GaAs PCS, 长 5mm, 产生出 35kV、上升时间 135ps 的脉冲,能承受 100kV/cm 以上的电场^[17]。(3) 多晶 ZnSe PCS, 偏压电场可至 45kV/cm, 有高于 $900 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 的迁移率^[18]。(4) 钻石 PCS, 偏压电场可高至 1MV/cm, 重复频率可达 18MHz^[19]。(5) SOS 用高剂量的氧离子注入,产生出 600fs 的电脉冲^[20]。在蓝宝石上紫外增强金属有机化学气相沉积的 CdTe,可产生 480fs 的电脉冲^[21]。由于飞秒是一个非常短的时间度量,材料中任何一点细微变化都将影响到飞秒 PCS 的性能。尽管用于精密测量的飞秒 PCS 只需要产生很小的功率,但是材料随时间的稳定性仍需要进一步改善。

2. 关于锁住 (lock-on) 模式的研究

通常 PCS 工作在线性模式,偏压较低,激光触发后(一个光子产生一个电子-空穴对) PCS 放电,跨 PCS 两端的电压降到很低的数值,激光中止后载流子复合,PCS 电压恢复到原来偏压值,电流停止。这种模式要求高的激光功率。经过研究发现当偏压高于某一数值,激光束中止后,跨 PCS 两端的电压不再很快恢复到原偏压值,而是到一个固定的锁住 (lock-on) 电压,产生的大电流下降,但不降到零,一直持续到充电段所储的电能放完为止。这种现象像一个光触发的齐纳二极管,激光触发产生载流子,高电场进一步使载流子数增加。这种工作状态称为锁住模式^[22],也称雪崩锁住模式^[23]。一个 3.4cm 长的 GaAs PCS, 触发到锁住状态只用了 $70 \mu\text{J}$ 的激光能量,而线性模式要获得同样的电流值则要求 $\sim 50 \text{mJ}$ 的激光能量。这就是说,锁住模式要求的激光功率下降到通常线性模式要求值的几分之一!一个长 1.5cm 的 GaAs PCS, 偏压为 55kV, 用激光二极管阵列发出的 850W 光脉冲触发,产生了电流为 470A、功率为 8.5MW 的电脉冲。在锁住模式工作,光导开关稳定可靠。一个 PCS 工作在 1MW 电平、1kHz 重复频率,承受 10^5 次光触发,性能不变。文献[22]称采用激光二极管阵列作光源,他们的最终目标是单次触发开关电流 5kA,重复频率最高到 20kHz,脉冲功率 100MW。锁住模式的缺点是输出脉冲拖尾太长。文献[24]报道了改善波形的努力。他们采用了两类线路,在达到锁住状态后的瞬间降低 PCS 上的电场,加快了 PCS 恢复的速度。但是锁住状态下 PCS 内部的物理图象现在仍然不完全清楚,除了波形拖尾之外,还有脉冲抖动问题(一个兆瓦脉冲的抖动 $< 200 \text{ps}$ ^[22]),研究工作仍在进行之中。文献[22]指出,他们认为非常有可能在近期利用锁住模式 PCS 和小尺寸、低功率半导体激光二极管阵列组成实用的系统,产生兆瓦级的电磁脉冲。

3. 改善接触电阻的研究

降低 PCS 材料与传输线金属的接触势垒也是非常重要的。文献[25]报道用一种多层结构,实验显示比通常 AuGeNi 合金接触的 PCS 输出脉冲功率高一倍。

4. 双光子吸收

通常用光子能量等于(或稍大于)半导体材料能隙能量的短波长激光脉冲去触发 PCS,这种触发的作用(本征吸收)仅发生在材料表层,不宜用于大电流的场合。通过研究发现双光子吸收也能够有效地触发 PCS。如 Cr:GaAs 能隙为 1.42eV,可以用 $1.06\mu\text{m}$ (1.16eV) 的激光脉冲去触发,此时发生非本征的杂质吸收,光的透入深度为几百微米,可以用于大电流、大功率场合(如体 GaAs)。

5. 光导开关内部物理过程的分析 and 实验研究

目前在对 PCS 内部过程的分析方面已经做了不少工作。文献[14]对 PCS 建立了常微分方程,对一些简单情况给出了解析解。在高功率场合,PCS 具有非欧姆性质的电流电压特性,文献[26]给出了初步分析,但是应该说从麦克斯韦方程组出发,考虑到 PCS 内部物理过程的全波分析才是最理想的一种分析方法。1990 年文献[27]是我们见到的第一篇对 PCS 进行全波分析的文章。数值计算结果给出了 PCS 中电脉冲的时间响应,显示了振荡和一些不需要模式的情况。一种采用二维电光探针的实验方法,用 LiTaO₃ 晶体覆盖全部 PCS 表面,获得了各个时刻的瞬态电场分布图象,时间分辨率为 200ps,空间分辨率为 $3\mu\text{m}$ ^[28]。这些分析和实验手段对于了解 PCS 中电脉冲的发展过程,对于正确设计 PCS,保证模式纯度是很有用的。

四、超短电磁脉冲的应用举例

超短电磁脉冲的用途和潜在用途有:大功率脉冲用作电磁导弹,用于脉冲线性感应加速器,冲激雷达;中小功率脉冲可用于通信,超宽带雷达、等离子体诊断等方面;小功率超短电磁脉冲已用于超快过程测量、超宽频带测量和微波毫米波大规模集成电路的快速无损检测以及毫米波集成化光控相控阵。此外,中小功率装置有可能在某些场合替代常规微波器件产生连续波微波。

下面给出几方面的应用实例。

1. 测量超快过程

我们知道许多物理、化学、生物过程的响应时间在皮秒到飞秒范围,测量这类超快过程需要用超短脉冲。最直接的测量方法是利用超短脉冲去破坏物质的平衡,然后用超短脉冲技术来记录回复到平衡的时间。文献[29]介绍的一种测量 Cr:GaAs 载流子寿命的实验即其一例。

2. 快速测量介质在极宽频带内的特性

数字电子学的发展需要线路传递极宽频带的信息,因此迫切需要对有关材料在极宽频带内的性能进行快速测量。文献[30]报道了一种称为相干微波瞬态光谱仪装置。

利用这一装置已测出一种有机玻璃的复介电常数。一次测试可获得 10—130GHz 宽频带的信息,这种测试方法是很吸引人的。在应用中他们为了进一步改善该装置的天线

的辐射特性^[31]和开拓新的用途^[32]又做了不少工作。他们在发射和接收天线口端各安装一个半球形的熔凝硅透镜,以使发射波束对准接收天线。这是一个选题正确,研究深入,迅速得到推广应用的很成功的例子。

3. 对 MIMIC 进行在片 (on-wafer) 检测

已有的波导测试系统调节和校准较困难,机械接触探针工作寿命又很短,因此MIMIC向高频发展时迫切需要一种新的检测方法。文献[33, 4]介绍的利用 PCS 产生的超短脉冲的测试方法便是一例。该方法可以从时域测量结果中得到宽频带内的频域参量(如各种 S 参量)。

4. 光控集成化相控阵天线

文献[4]报道了光控毫米波相控阵的原理性实验。这种集成化的毫米波高速光控相控阵系统的噪声很低,时间抖动为 1.4ps,文献称利用更稳定的激光器可改善至 0.3ps。此外价格可能很低,会有很高的实用性。

5. 有关超宽带雷达、冲激雷达方面的实验^[11]

冲激雷达的概念已提出了 20 年,近年来利用超短电磁脉冲非常短的持续时间、非常高的峰值功率、非常宽的频谱使冲激雷达技术在实验上取得了重大进展。据报道,在实验室条件下用一台单个 200ps 脉冲的发射机,若干个接收机分布在几个地方,利用计算机处理成像,获得了 B-1 和 F-117A 隐身飞机的图像。另一个冲激雷达实验,发射机平均功率 15mW, 峰值功率 10kW, 探测到了几百米外手指的移动。根据以上实验数据,由计算机估算,冲激雷达可穿透每小时 50mm 的雨去探测 20km 远处、离地 1.22m 的直径为 25.4mm 的光滑钢球。

五、结 语

从前面介绍可以看到,利用光触发半导体 PCS 产生超短电磁脉冲具有广泛用途。国外已有纳秒脉冲雷达,用来测地。我们认为针对测地建立自己的设备是一个适合我国国情的方案。城市、工厂、水坝、矿山建设以及考古等方面都需要了解地表下面情况,研制出兆瓦级、短纳秒~数百皮秒脉冲、可移动测地雷达一定会是很有用处的。这些技术可以很方便地转而用于国防。另外,超大规模集成电路的发展、要求对片子质量随时进行非损伤检测,这对于提高成品率、找出故障点是非常必要的,为此我们需要研究和建立短皮秒或飞秒量级的检测装置。我们应该对有关材料、器件、传输、传播、接收、信号处理统一部署,联合攻关,希望能以较少的人力物力和资金,在较短的时间内取得成效。

参 考 文 献

- [1] 参看, C. V. Shank, Generation of Ultrashort Optical Pulses, in Ultrashort Optical Pulses, 3rd ed., W. Kaiser, Ed. New York: Springer-Verlag, (1987), Ch. 2.
- [2] W. Kaiser, Ed., Ultrashort Laser Pulses and Applications, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, (1988).
- [3] D. H. Auston, *Appl. Phys. Lett.*, 26(1975)3, 101—103.
- [4] Chi H. Lee, *IEEE Trans. on MTT*, MTT-38(1990)5, 596—607.
- [5] Chi H. Lee, *IEEE Trans. on ED*, ED-37(1990)12, 2426—2438.
- [6] Hao-Ming Shen et al., *IEEE Trans. on AP*, AP-38(1990)6, 838—846.

- [7] Karu P. Esselle et al., *IEEE Trans. on AP*, **AP-39**(1991)11, 1587—1591.
- [8] R. Heidemann et al., *Electron. Lett.*, **19**(1983)9, 316—317.
- [9] A. P. DeFonzo et al., *Appl. Phys. Lett.*, **50**(1987),17, 1155—1157.
- [10] H. A. Sayadian et al., *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-37**(1989)1, 43—50.
- [11] H. A. Sayadian et al., *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-38**(1990)5, 622—628.
- [12] W. B. Scott, *Aviation Week & Space Technology*, **131**(1989)23, 38—41.
- [13] D. Krokkel et al., *Appl. Phys. Lett.*, **54**(1989)11, 1046—1047.
- [14] Chi H. Lee, Ed., *Picosecond Optoelectronic Devices*, New York, Academic, (1984), Ch. 4 and p. 222.
- [15] F. W. Smith et al., *Appl. Phys. Lett.* **54**(1989)10, 890—892.
- [16] M. Y. Frankel et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2449—2458.
- [17] M. D. Pocha et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2486—2492.
- [18] P.-T. Ho et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2517—2519.
- [19] Shangting Feng et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2511—2516.
- [20] M. B. Ketchen et al., *Appl. Phys. Lett.*, **48**(1986)12, 751—753.
- [21] M. C. Nuss et al., *Appl. Phys. Lett.*, **54**(1989)1, 57—59.
- [22] G. M. Loubriel et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-38**(1991)4, 692—695.
- [23] W. C. Nunnally, *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2439—2448.
- [24] F. J. Zutavern et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-38**(1991)4, 696—700.
- [25] D. Kuchta et al., *Appl. Phys. Lett.*, **57**(1990)8, 1534—1536.
- [26] M. S. Mazzola et al., *Appl. Phys. Lett.*, **59**(1991)10, 1182—1184.
- [27] Eichi Sano et al., *IEEE J. of QE*, **QE-26**(1990)2, 372—377.
- [28] L. E. Kingsley et al., *IEEE Trans. on ED*, **ED-37**(1990)12, 2449—2458.
- [29] G. Mourou et al., *Appl. Phys. Lett.*, **39**(1981)4, 295—296.
- [30] G. Arjavalingam et al., *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-38**(1990)5, 615—621.
- [31] M. Heimlich et al., *Electron. Lett.*, **28**(1992)3, 249—251.
- [32] G. Arjavalingam et al., *IEEE Trans. on AP*, **AP-40**(1992)1, 63—66.
- [33] Hing-Loi A. Hung et al., *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-37**(1989)8, 1223—1231.

GENERATION OF ULTRASHORT ELECTROMAGNETIC PULSES AND THEIR APPLICATIONS

Guo Kaizhou

(*Institute of Electronics; Academia Sinica, Beijing 100080*)

Abstract Progress in the research area of photoconductive semiconductor switches is reviewed. The recent development of photoconductive materials, the generation of high-power pulse and its application, the measurement technology using ultrashort electromagnetic pulse are presented.

Key words Ultrashort electromagnetic pulse; Photoconductive semiconductor switch; Ultra fast phenomena measurement; Ultra wideband measurement