

时要受到的限制,其中包括最高允许电压、叶片厚度、极板间隙、离合器外半径以及允许的叶片表面数等。

电流变液设备具有许多传统机械无法比拟的优点:主要是它可以提高计算机控制能力;响应速度可以大大提高;控制速度范围宽;阻尼设备可精确调节;在某些设备中可以减少甚至取消运动部件;可以减少重量,提高能耗效率;增加燃油经济性。

在大型光学透镜和超薄壳型工件的加工上需要使用特殊的夹具,剪切应力巨大的磁流变液已在这类工件的夹具上显示出常规夹具无法比拟的优点。

许多国家在进行基础理论研究和应用基础研究的同时都在加紧应用研究。上述应用都有了长足的发展。在我国,这项研究虽然在前几年已经起步,但至今还没有得到广泛地开展。我

们应立即组织队伍,力争尽早赶上国际上这一具有十分重要应用前途的领域。

- [1] W. M. Winslow, *J. Appl. Phys.*, **20** (1949) 1137.
- [2] H. Block and J. P. Kelly, GB Patent 2170510 (1986); US Patent 4687589 (1987).
- [3] F. E. Filisco and W. F. Armsyrong, US Patent 4744914 (1988).
- [4] T. C. Kalsey and W. Toor, *Phys. Rev. Lett.*, **65** (1990), 2820.
- [5] R. Tao and J. M. Sun, *Phys. Rev. Lett.*, **67** (1991), 398.
- [6] Tian-jie Chen, R. N. Zitter, and R. Tao, *Phys. Rev. Lett.*, **68** (1992), 2555.
- [7] R. Tao, *Int. J. Mod. Phys. B*, **6** (1992), 2635.
- [8] H. Conrad, Y. Chen and A. F. Sprecher, *Int. J. Mod. Phys. B*, **6** (1992), 2575.
- [9] C. F. Zukoski, *Electrorheological (ER) Fluids, A Research Needs Assessment, Final Report*, U. S. Department of Energy, (1993), p.5.3-1.
- [10] Wissbrum, 同[9], p. 5. 10-1.
- [11] I. K. Yang and A. D. Shine, *J. Rheology*, **36** (1992), 1079.

## 新型 THz 电磁脉冲源及其应用

张希成<sup>1)</sup> 金亚红

(美国 Rensselaer 综合技术学院物理系)

介绍了一种新型 THz 辐射源和它在电子学与光电子学方面的应用。THz 脉冲电磁辐射已成为研究电子学、准光学和光电子学的有力工具。该技术可用于研究物理学、电子工程、化学以及生物学等领域中的瞬态现象。

**关键词** THz 辐射,超快脉冲,瞬态现象

### Abstract

We present new THz sources and their current applications in electronics and optoelectronics. THz pulsed electromagnetic radiation has become a powerful tool for the study of electronic, quasi-optic, and optoelectronic properties. It is expected to be ideal for the study of transient phenomena in physics, electrical engineering, chemistry, and biology.

**Key words** THz radiation, ultra-fast pulse, transient phenomena

THz 电磁脉冲在自由空间的辐射和传播是超快电子学、光子学和光电子学领域中一个迅速发展的分支学科。80 年代初期,随着皮秒、

飞秒激光源的迅速发展,几种不同的产生宽带

1) 中国科学院半导体研究所客座教授。

电磁脉冲的光电子技术也应运而生<sup>[1-6]</sup>。这些宽带电磁脉冲在远红外光谱学和材料检测方面产生了重要的影响。

目前,用超快激光脉冲产生 THz 电磁脉冲的方法主要有两种:光电导和光整流。光电导方法是利用高速光导体作为辐射天线的瞬态电流源。这些辐射天线包括赫兹偶极子、共振偶极子、锥型天线、传导线和大孔径光导天线。光整流方法是利用电光晶体作为整流介质。根据光照强度,光整流可以是二阶(差频)或高阶光学过程。

用光导天线产生 THz 电磁脉冲的物理机制是:激光脉冲的光子 ( $\hbar\omega \geq E_g$ ) 在光导体中产生电子-空穴对,这些自由载流子在表面静电场的作用下加速,形成瞬态光电流,而随时间变化的电流会辐射电磁波。在远场近似的情况下,THz 电磁辐射的电场分量正比于光电流对时间的一阶导数。图 1 是由磷化铟 (InP) 辐射的电磁脉冲的波形。探测这个波形的是一个可以分辨亚微微秒瞬态电流的光导偶极子天线。该偶极子天线的宽度为  $100\mu\text{m}$ 。由于辐射能量主要来自于表面贮存的静电磁能,因此,电磁辐射的能量可通过偏置电场和光照强度来增加。据报道,对于一个宽度为  $0.45\text{ps}$  的脉冲,现在能获得的最高的脉冲能量为  $0.8\mu\text{J}$ ,这相当于该脉冲的峰值功率在  $1.7\text{MW}$  以上<sup>[7]</sup>。目前,人们已经可以获得峰值为  $150\text{kV/cm}$  的辐射电场。

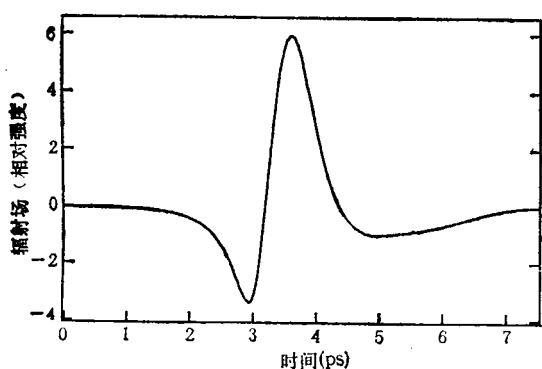


图 1 磷化铟辐射的电磁脉冲的波形

光整流是一个和电光效应相反的过程。与用光脉冲作为触发源的光电导发射元件不同,

物理

THz 电磁脉冲在光整流过程中的能量直接来自脉冲激光源。其转换效率取决于整流介质的非线性系数的值和相位匹配条件。在光整流情况下,THz 电磁脉冲的脉冲宽度与光脉冲的脉冲宽度相当,其频谱主要受测不准原理确定的激光脉冲频谱展宽的限制。用作 THz 电磁脉冲源的材料是传统的电光晶体,其中包括半导体和有机晶体。在光整流过程中,由光激发电子共振态所引起的二阶极化系数的增强与变号已有报道<sup>[8]</sup>。

THz 电磁脉冲已广泛应用于电介质和半导体在远红外时间范畴的特性检测<sup>[9]</sup>。这项技术也被应用于载流子相干特性和传输特性的研究(例如布洛赫振荡和瞬态霍耳效应的研究)。最近又有报道利用 THz 电磁脉冲来研究二维电子气的动态导电率<sup>[10]</sup>。此外,它还可用来研究光子能隙 (photonic bandgap), 超导体的复导电率以及半导体表面场的光电特性。最近,由于观察到了由瞬态极化的电子空穴对,周期势场中的电荷振荡,以及轻重空穴激子的相干激发所产生的 THz 电磁脉冲<sup>[11-13]</sup>,从而开辟了一个研究波包动力学的新领域。

除了光导天线和光整流外,另一个可以产生高强度瞬态脉冲的方法是利用高强度激光等离子体<sup>[14]</sup>。这个方法需要将激光脉冲聚焦到等离子体上,使离子电荷和电子电荷之间产生一个密度差。最后,还有一个不需要激光束来产生和探测 THz 电磁波的方法,它是一个全电子的装置。这个方法是利用集成电路上的非线性传输线使正弦函数成为飞秒的脉冲波<sup>[15]</sup>。集成天线既可发射也可接收电磁脉冲波,辐射波的频率范围可展宽到 THz 波段。

综上所述,THz 电磁辐射脉冲已经成为电子学、准光学和光电子学的特性研究中的一个非常有用的工具。我们希望它能进一步成为研究物理学、电子工程学、化学和生物学中瞬态现象的理想工具。

[1] G. Mourou, C. V. Stancampiano and D. Blumenthal, *Appl. Phys. Lett.*, **38** (1981), 470.

(下转第 199 页)