

使用激光技术获得太赫兹电磁波

张 岩

太赫兹电磁波有很多潜在的应用领域,但是至今还没有一种简便的产生太赫兹电磁波的方法。TOPTICA Photonics 公司的 Anselm Deninger 和 Thomas Renner 对使用分布反馈二极管激光器和飞秒光纤激光器这两种产生太赫兹电磁波的方法进行了分析和比较。

太赫兹波段的研究是电磁波谱研究中最后的前沿课题。在过去的几年间,随着研究的深入,人们已逐渐认识到太赫兹电磁波在医药、安全检察和材

料科学领域的新应用前景。由于太赫兹电磁波处于高载波频率范围,所以它在高速无线通讯方面也有很大的应用潜力。

不幸的是,要产生具有一定强度的、定向的太赫兹电磁波十分困难,因为对于光学技术而言,太赫兹电磁波的波长太长;而对电子设备而言,其波长又太短。近期的研究工作表明,以可调谐二极管激光器或飞秒激光器为基础的间接方法很可能成为产生太赫兹电磁波的主流技术。表 1 比较了几种产

表 1 太赫兹电磁波的产生方法

	频率	功率	优点	缺点
量子级联激光器(直接方法)	1.5~10 THz	10~100 mW	高功率	低温工作、可调性差,不能产生低频段THz
气体激光器(直接方法)	1~100 THz	10~100 mW	在所选频率具有高功率	不可调,技术复杂
肖特基,耿氏二极管 (直接方法)	< 100 GHz (倍频 < 1.5 THz)	nW	低频功率非常高	在相关范围内功率很低,一定限度内可调
连续波光混合器 (间接方法)	0~5 THz	50~1 000 nW	光谱分辨率高、覆盖面广、可调性好	非直接方法,功率较低
飞秒激光器(间接方法)	0.1~5 THz	10~100 μ W	光谱和瞬时信息,宽带	非直接方法,分辨率低于连续波

生太赫兹电磁波的方法。

1 太赫兹电磁波的光谱特性

太赫兹电磁波涵盖的频率范围为 300 GHz ~ 10 THz (相当于波长 1 mm~30 μ m),处于远红外与微波的波段之间。在这个光谱范围内,电磁辐射被分子的转动和振动跃迁强烈吸收。通过分析吸收曲

线发现,小分子对高频的太赫兹电磁波吸收强烈而高分子则对低频的太赫兹电磁波吸收强烈。

水是最主要的吸收体,其利弊视应用领域不同而转换。例如,在潮湿的空气中太赫兹电磁波只能传播几米的距离;但另一方面,这种“指纹”一样的吸收特性却可以用于湿度的高精度测量。

太赫兹电磁波的第 2 个特性是散射。与 X 射

线类似，太赫兹波可以穿过很多非晶态物质而不产生任何电离影响。太赫兹电磁波对于衣服、纸张及塑料等物质的穿透能力加之其光谱灵敏度，使太赫兹电磁波在光谱和成像等方面具有广泛的应用。

2 太赫兹电磁波的产生

没有任何一种简单的光学或电子学的方法可以获得太赫兹电磁波。直接产生太赫兹电磁波的激光器由于要解决在较高激光能级上的热布居问题，所以通常需要在低温下工作。量子级联半导体激光器和二氧化碳泵浦的气体激光器，可产生高频率范围的离散的太赫兹电磁波，但仍然无法获得低频的太赫兹电磁波，无法实现波长可调。

电子设备只能提供最高 100 GHz 高频的有效功率输出，更高的频率只有通过倍频才能实现，但是这样会造成大量的损耗。而且即使频率可以调谐，其调节的范围也十分有限。

现在，在光谱分析方面具有重要意义的 0.5-5 THz 的太赫兹电磁波是使用激光技术通过间接方法获得的。最常见的 2 种方法，一是依靠快速调制半导体天线中的光电流；二是使用超短脉冲激光器照射光电开关。这两种方法使用的都是可见或者近红外的激光器：前者使用的是连续可调的二极管激光器，后者使用的是飞秒光纤激光器。

3 连续可调谐的太赫兹电磁波

连续可调谐的太赫兹电磁波可以通过 2 台具有相邻波长的激光器的差频混合来获得。电磁波叠加在一个半导体天线的结构中，如砷化镓 (GaAs)，此结构作为一个太赫兹电磁波的辐射源。2 种不同频率的激光束在半导体中产生光电流，通过调整这两束激光的频率差，就可以获得不同频率的太赫兹电磁波。

这里所使用的激光器是分布反馈式 (DFB) 二极管半导体激光器。DFB 半导体激光器把一种光栅结构与半导体有源区集成在一起，在光栅的限制作

用下，半导体激光器的发射模式为单纵模发射。输出波长的改变可以通过调节光栅间距的方式（有热和电 2 种调节方式）来实现，通过热调节的方式可以获得超过 1 000 GHz 的调节输出范围。

波长处于 850~860 nm 间的 DFB 激光器特别适用于产生可调谐的太赫兹电磁波。其主要优点是输出功率高、可调谐频率范围宽以及发射波长低于 GaAs 带隙。使用中心波长为 853~855 nm 的激光器可以获得 0~2 THz 调谐范围的电磁波；而使用 855~860 nm 的激光器可以获得频率范围为 0.6~2.9 THz 的电磁波。工业上使用的大部分气体、化学试剂和炸药的吸收波段都为这些太赫兹电磁波段所覆盖。图 1 是产生太赫兹电磁波的 2 种激光器系统的示例。

这套先进的激光器系统采用了 2 台光纤输出功率约为 75 mW 的激光器。光混合器将其发出的激光转换成功率率为 50~1 000 nW 的太赫兹电磁波，50~1 000 nW 的功率对于通常的光谱应用已经足够。虽然尚未达到实用标准，但这套系统已成功证明了太赫兹电磁波可以被用于成像。

如果实验需要更高的功率（前提是光混合器也具有足够的损伤阈值），图 1 的系统可以改变成主振荡功率放大器系统。这样，2 台 DFB 半导体激光器同时被耦合进同一台半导体放大器中，该放大器可以输出功率为 500~1 000 mW 的近衍射极限的光束。与此同时，DFB 半导体激光器的调谐范围和光谱性质保持不变。

某些精确检测和定量测量有害气体的测量技术需要频率精确控制的太赫兹电磁波。对激光器而言，

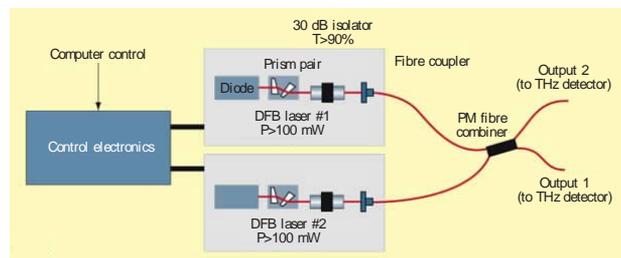


图 1 产生太赫兹电磁波的 2 种激光器系统

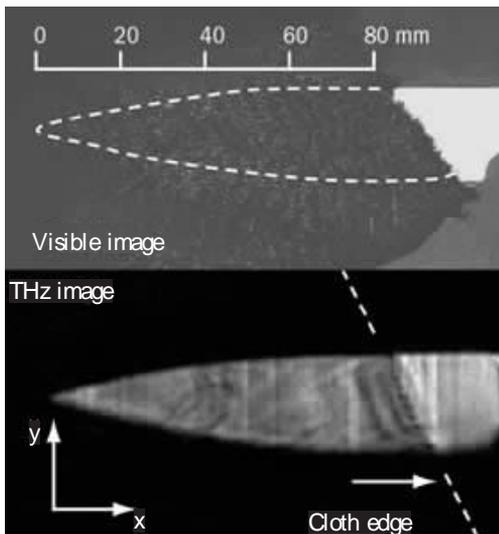


图2 可见光和太赫兹电磁波成像的对比图

要求其发射的波长精确稳定。TOPTICA 公司开发了一种基于正交干涉仪的锁模技术，此技术可以通过计算机控制，获得频率误差在 1 MHz 的频率高度精确的太赫兹电磁波。

4 超快的宽带太赫兹电磁波

太赫兹脉冲电磁波可以通过使用飞秒激光器和半导体天线组成的辐射源来获得。入射的飞秒脉冲产生自由电荷载流子，这些载流子可在内部或外部电场的作用下加速，电流的通断诱发了一种暂时性的、具有宽泛频谱范围的电磁场。这样，在近红外光谱范围内对应于谱线范围为 4~5 THz，脉冲宽度为 100 fs 的太赫兹电磁波脉冲就产生了。

最早研制成功的太赫兹辐射源使用的是 GaAs 天线，它在 800 nm 附近受到激发。当然也有许多其它方法，如使用波长约为 1 550 nm 的通信用波段。

太赫兹辐射源的方案之一是使用小型化、价格合理且可靠性强的超快光纤激光器。掺铒玻璃光纤飞秒激光器可以输出波长约 1 550 nm、脉冲宽度小于 100 fs、平均功率高于 250 mW 的激光束。将其发出的光倍频正好处于 GaAs 天线的吸收波段。在 775 nm 处，现在的飞秒光纤激光器可以实现脉冲宽

度为 150 fs 和平均功率超过 100 mW 的激光输出，正好可以用于现有的 GaAs 天线。

研究人员在一项实验中发现，使用 TOPTICA 公司的光纤激光器产生的太赫兹电磁波的信噪比可以与使用钛-蓝宝石激光器获得的太赫兹电磁波的信噪比相比拟。而使用其它同样的实验装置，光纤激光器产生的太赫兹电磁波的信噪比增加了 2 倍。

5 太赫兹电磁波的实际应用

脉冲太赫兹电磁波和连续太赫兹电磁波各有适合于自身特点的应用领域。超快太赫兹电磁波可以应用于时域光谱。脉冲太赫兹电磁波可在短时间内提供宽带光谱数据，也可在超短的时间内测量出样品的深度。

连续太赫兹电磁波可提供更高的光功率，因此具有更好的频率分辨率。这种方法是利用频域谱测量窄光谱特性的主要方法，其所需的激光器也比目前现有的飞秒光源经济。

前文所述的太赫兹电磁波间接生成技术为新的应用铺平了道路。太赫兹电磁波最有前途的应用领域是传感和通信领域。由于太赫兹电磁波能够穿过非透明物质并且具有良好的光谱灵敏度，因此非常适用于各种安全系统。在安全系统中太赫兹电磁波主要用于探测隐藏于衣服或信封内的有毒或爆炸性物质。太赫兹电磁波的另一个相关应用领域是医学影像，在癌症的探测方面有很好的应用前景。不幸的是，人体组织中水分的高含量使太赫兹电磁波的穿透深度只有十几毫米，因此当前的研究重点只能放在皮肤检查和伤口愈合等人体表面的研究方面。

太赫兹电磁波在工业上也有自己的用武之地，尤其是在质量检测和控制在方面。在制药、半导体检测和汽车生产等行业中都可以利用太赫兹电磁波来探测材料的缺陷，如检测隐藏在合成衬底背面或清漆薄层中其它检测方法无法探测到的材料缺陷。

最后，通讯领域是太赫兹电磁波一个重要的潜在市场。通讯产业目前的研究重点是 40 Gbit/s 的数

据传输速率, 显然, 更快的传输速率需要更高的载波频率。100 GHz 的频率预计在 10 年之内就会实现, 但问题是始终没有找到合适的材料作为传输线路。在自由空间的通信频道 (卫星通信、高清晰视频的热点无线下载) 方面则不存在这样的问题, 对更高频率的技术要求非常明确。

6 结 论

太赫兹电磁波光谱和通信是非常有吸引力的尖

端技术, 但直至今日, 其技术可行性还远未达到人们的期望值, 尤其是成本可以接受的高功率太赫兹电磁波辐射源还有待发展。DFB 二极管激光器和飞秒光纤激光器的混频技术很有希望获得成功, 目前在实验室和一些初始的工业装置中这两种技术已经有所应用。(No.4)

首尔半导体发表全球最薄高亮度 LED 厚度仅有 0.17 mm

首尔半导体近日发布了全球最薄的 LED, 厚度仅为 0.17 mm, 能够产生现有 LED 2 倍的亮度。首尔半导体现已申请此项技术的专利。

首尔半导体新 LED 芯片 WH108, 宽度为 1.6 mm, 长度为 0.8 mm, 高度为 0.17 mm, 在厚度上有明显降低。WH108 较目前产业现有 LED 的 0.2 mm 厚度还要薄 15%, 芯片的发光亮度也达到 240 mcd, 为目前 5 mA LED 亮度的 2 倍。

WH108 的超薄封装与高亮度的表现, 使手机键盘模块和触控键可以更加轻薄。此外, WH108 也能够相同亮度下达到更省电的效果, 有助于延长便携式产品如手机、数码相机电池的续航力。

WH108 也强化散热的特性, 可以有效地应用在更吃力的环境, 如冰箱内部的照明灯、阅读灯, 车用途以及特殊用途的照明, 如内视镜的灯光与车用仪表板的光源。

WH108 的样品有白光、蓝光与绿光, 被韩国及全球的手机厂商广泛应用。预计 2008 年第 1 季首尔半导体的 WH108 的量产规模将会超过每月 1 000 万颗。