

# Research progress on terahertz radiation sources and detectors

Yueping LIU

## Abstract

Terahertz technology covers a wide range of fields such as electromagnetism, optoelectronics, semiconductor physics, materials science and micro-production technology. It has important application value in computer science, biology, medicine, astronomy and environmental science. Terahertz generator sources and terahertz detectors are key components of terahertz applications and are at the forefront of terahertz technology research.

## Keywords

terahertz; radiation source; detector; research progress

## 太赫兹辐射源与探测器研究进展

刘岳苹

眉山职业技术学院, 四川 眉山 620010

**[摘要]** 太赫兹技术涉及广泛的领域, 如电磁学, 光电子学, 半导体物理学, 材料科学和微生产技术。它在计算机科学, 生物学, 医学, 天文学和环境科学中具有重要的应用价值。太赫兹发生器源和太赫兹探测器是太赫兹应用的关键组成部分, 处于太赫兹技术研究的最前沿。

**[关键词]** 太赫兹; 辐射源; 探测器; 研究进展

**[DOI]** 10.18686/gcjsfz.v1i4.1376

太赫兹 (缩写为 THz) 的波长为 0.03 至 3mm, 频率为 0.1 至 10 太赫兹。与其他太赫兹组相比, 它具有独特的优势。例如, 由于太赫兹的能量很小, 它可以用于非破坏性测试, 可以直接捕获物品的内部信息。长期以来, 太赫兹辐射源和太赫兹探测技术的优势尚未得到充分利用。对于太赫兹探测器来说, 探测的主要困难在于具有低光子能量的太赫兹会受到背景噪声的干扰。自 20 世纪 80 年代以来, 由于各种技术和材料得以发展, 使得太赫兹技术迅速发展。

### 1 太赫兹辐射源研究进展

#### 1.1 光抽运太赫兹气体激光器

产生太赫兹辐射的激光器是利用填充有甲烷, 氨, 氢氰酸, 甲醇的低压气腔, 利用远红外辐射 CO<sub>2</sub> 激光器发射这些气体分子, 这些分子的转动能量交叉点频率在太赫兹范围内, 因此可以产生由太赫兹激发的辐射。通过选择合适的工作环境并开辟新的能量能级跃迁谱线, 可以覆盖整个太赫兹段。这个过程可以提供几百毫瓦的能量, 被 NASA 用于卫星的探测中。

#### 1.2 半导体太赫兹辐射源

利用光整流和光电原理的脉冲太赫兹优波应用领域相对成熟并取得广泛应用。半导体法即是将金属直接施加到半导体的表面上用超短脉冲透射半导体形成偶极定向天线电

极结构, 光电子大于半导流体的禁带宽度, 自由电子空穴由有机半导流体原料形成, 在静电场中发生正电荷载流子的瞬态光电流, 随岁月变更, 发射电磁太赫兹辐射。光整流成效即是低频精集电极太赫兹电波的非线性介质和飞秒脉冲(又比如 ZnTe) 交互作用的非线性成效, 进程与高阶或二阶非线性光进程(差分频率 DFG 的发生) 非线性光化学进程关联。光整流器发送的太赫兹光线的不同能量直接来源激光脉冲, 换成效益主要还取决于特定材料的相位差和非线性系数吻合条件。

#### 1.3 将超短强激光脉冲在周围空气中聚焦, 直接产生太赫兹辐射

由各种超短脉冲质料引发的太赫兹可用于时域中的光谱太赫兹成像, 具有超宽带, 高峰和脉冲最大宽度值输出功率的个性, 虽然它胜于传统的远红外光谱, 但太赫兹脉冲的整个光谱很宽, 时辰统一性差, 变换效益低, 太赫兹的平均功率仅为微瓦和纳瓦, 并且对探测技术没有借助作用。

### 2 太赫兹探测器研究进展

#### 2.1 相干探测技术

相干探测具有以下优点: 高灵敏度和高光谱分辨率, 缺点是设计复杂且昂贵, 主要方法是使用光电导天线的扫描方法, 自由空间电光扫描方法和外差法, 光电导天线的扫描方

法包括使用光电天线探测太赫兹脉冲并获得光生载流子和太赫兹脉冲的光谱, 原理是利用光电导天线探测激光脉冲, 使用光电导半导体天线作为太赫兹接收器来探测光生载流子, 当太赫兹光源发射的脉冲电场撞击天线的表面时, 用天线的两个极引导载波产生电位差, 从而外部电源指示器产生相应的显示。目前, 最常用的光源是低温生长的砷化镓天线制作的, 光电导天线传感器的最大带宽约为 2 THz, 自由空间中的电光扫描方法: 探测原理是利用探测光和太赫兹辐射激发的线性电光效应, 太赫兹通过电光晶体而导致电光晶体折射率的改变导致线性偏振探测光会出现相位延迟, 并且相位延迟的速度与太赫兹脉冲的强度成比例。通常使用的电光晶体有 ZnTe, ZnSe, CdTe, GaP 等。电光晶体探测器克服了载流子光学带寿命的限制, 外差方法应由具有非线性伏安特性的混频器执行, 并将本征信号和测试信号相互混合, 再将高频信号转换为可处理的低频信号之后, 再放大并测量移动的低频信号。目前常用的太赫兹混频探测器主要是室温下的肖特基二极管混频器, SIS 超导混频器和热电混频器。

## 2.2 直接探测技术

在太赫兹的下端, 通常优选使用外差探测器, 但是在太赫兹的顶端, 直接探测器的敏感度更好。直接探测主要可分成热光电子探测器与光子探测器, 通常在宽带太赫兹探测中, 都是将吸纳的太赫兹能量转变成探测器电子元件的物理基本异性或电特异性以探测太赫兹, 基于热吸收直接探测, 热探测器通常由硼化物, 高莱探测器与热电偶 (Golay) 合成, Borlomit 用热敏电阻将温度和热源 T0 相接到吸收器用于探测太赫兹辐射能量, 光敏电阻在太赫兹辐射下增加, 光敏电阻的电压迅速增加, 电压变化等同于太赫兹的反应。Golaycell 的核心是一个气室, 该构造在图 1 中示出, Golaycell 的使用原理是光声更替, 即 THz 放射, 太赫兹照射到晶体上, 引发其声子摆荡, 并且在热电转换器中引发电信号。但是, 由于应用寿命短, 器械结构复杂, 卖价高, 因此应用范围和领域并不理想, 热探测器是其根据温度转变的自发极化效应的一种热敏示波器, 虽然它可在室温下运行, 但缺点就是缓慢的反应和性能差却限制了它的应用范围, BallMeta 的主要缺点是它必须在 4K 的流体温度下操作, 且操作复杂价格昂贵, 热电传感器具有低探测灵敏度, 所以运用范围有限, Golaycell 可以在室温下工作, 其灵敏度和 borlomit 基本相似, 然而, 由于稍微的振动都会影响信号在接受。因此, 实验环境安静没有噪音是必不可少的, 并且它

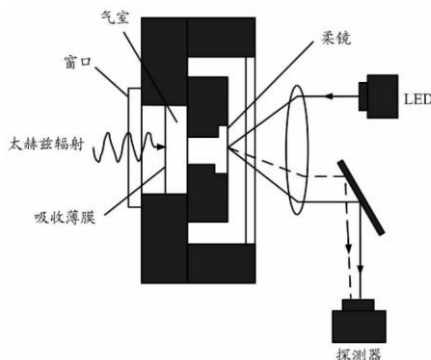


图 1 高莱探测器结构示意图

只能运用于太赫兹能量测量但无法获得相位信息。从太赫兹光电子探测器深获的太赫兹能量可改变分子或单原子中的自由电子形态, 并且运用相同的电效应来监测太赫兹信号, 当代光电子探测器, 如肖特基三极管, SIS, 量子阱和单光子探测器 (THzQWP) 都可用于探测太赫兹信号, 探测器肖

特基三极管是窄带太赫兹的理想高速太赫兹电子元件, 基于子带之间跃迁来监测太赫兹信号, 利用半导流体和肖特基势垒乘性履行监测功能, 耗尽层的厚度当被照射时改变, 并且电极和发射极之间的电抗改变, 阻抗的异常转化可调解电极和发射极之间的脉动电流, 该调制电流通过激活层接触电容引发与静电场强度成比率的电压。

## 2.3 等离子体波探测

等离子体波是电子的集体激发形式。激发的太赫兹通过在电荷转移期间作用于光电流和光电电压而谐振, 高净迁移率场效应 (HEMT) 中的自由电子通常用作太赫兹探测器, 由 HEMT 引发的等离子体长期谐振现象示于图 2 中。等离子体的频谱在太赫兹周围内通过施加栅级电压在深亚微米场效应电子管中来调理, 由于 FET 等离子体的频谱远高于自由电子旋转能级跃迁的时间, 因此等离子体比漂浮速度晃动的自由电子更有可能具有弹道功效。在等离子体振动期间, 元器件的沟道是等离子体频率的谐振腔, 以便容易地将电波载入可变太赫兹区域使杂质与栅级自由电子不会产生碰撞, 完成自由等离子体波的关键性是电离辐射与等离子体的相接, 电离辐射的亚毫米波器物以及电路和无线电接收天线相连, 该配置的长度远小于电波的波长, 因为等离子体波的速度远小于光速, 为了串连电波和等离子体, 必须使用无线电接收天线串连。

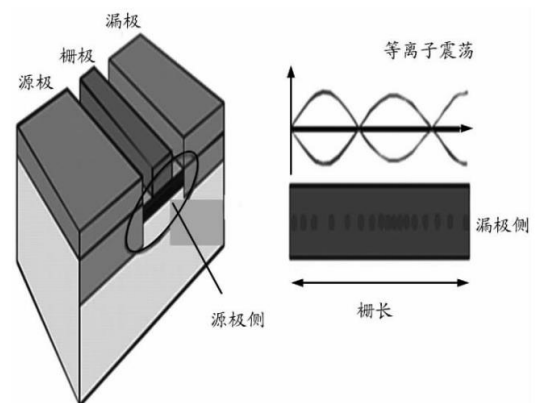


图 2 场效应管中的等离子体震荡

## 3 结语

本文首先从光抽运太赫兹气体激光器、半导体太赫兹辐射源以及将超短强激光脉冲在周围空气中聚焦, 直接产生太赫兹辐射等三个方面对太赫兹辐射源研究进展进行了分析, 然后从相干探测技术、直接探测技术以及等离子体波探测等三个方面对太赫兹探测器研究进展进行了分析, 最后系统通过本文的研究对今后的专家学者研究与太赫兹辐射源与探测器研究进展相关的课题有一定的借鉴与启发作用。

## 参考文献

- [1]刘朝阳,刘力源,吴南健.采用 CMOS 太赫兹探测器的成像系统[J].红外与激光工程,2017,46(01):257-262.
- [2]黄燕,王林,胡伟达,潘建珍,郝加明,徐刚毅,陈建新,尤立星,孙晓玮,王刚,陈效双,陆卫.高效信号辐射源和探测器件[J].中国科学:信息科学,2016,46(08):1035-1052.
- [3]翟剑波,黄海北,李素梅,丛伟艳,郑卫民.基于量子限制的受主带间跃迁太赫兹探测器的制备与测量[J].发光学报,2014,35(08):986-991.
- [4]曹俊诚.太赫兹辐射源与探测器研究进展[J].功能材料与器件学报,2003(02):111-117.

## 稿件信息:

---

收稿日期: 2019 年 8 月 8 日; 录用日期: 2019 年 8 月 20 日; 发布日期: 2019 年 8 月 28 日

文章引文: 刘岳苹. 太赫兹辐射源与探测器研究进展 [J]. 工程技术与发展.2019,1(4).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i4>.

### 知网检索的两种方式

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择:[ISSN], 输入期刊 例如:ISSN: 2661-3506/2661-3492, 即可查询

2. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询 投稿请点击:

<http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: [xueshu@usp-pl.com](mailto:xueshu@usp-pl.com)