

基于 LT-GaAs 外延片的 THz 片上系统

吴蕊, 苏波*, 赵亚平, 何敬锁, 张盛博, 张存林

太赫兹光电子学教育部重点实验室, 太赫兹波谱与成像北京市重点实验室,
北京成像理论与技术高精尖创新中心, 首都师范大学物理系, 北京 100048

摘要 太赫兹(THz)波在物质检测方面发挥着巨大的作用,是一种非常有潜力的生化传感工具。但是传统的太赫兹时域光谱系统(TDS)结构复杂,系统的集成度低,占用空间较大。所以,如何对THz波进行有效引导、实现集成化传输并得到高质量光谱就成为太赫兹光谱系统的研究热点。太赫兹片上系统是将THz的产生、传输以及探测都集成到同一芯片上,然后通过相干探测的方法获得THz时域光谱。它可以实现对多种样品的检测,尤其在对难于取样的微量样品探测方面具有广泛的应用价值。它无需光路准直,操作简便,成品率高。两个研究工作都是基于低温砷化镓(LT-GaAs)外延片开展的。首先将一根直径为200 μm 的铜线固定在LT-GaAs外延片的上方,通过真空蒸镀的方法制备出天线电极,同时得到天线间隙,研制出基于LT-GaAs外延片的THz天线。利用波长为800 nm的飞秒激光对其进行测试,得到了质量较高的THz信号,验证了天线的实用性。然后在另一外延片上利用光刻微加工工艺制作出传输线和微电极,得到了集成的THz片上系统。使用波长为1550 nm的飞秒激光分别激发片上系统的太赫兹产生天线和探测天线,天线产生的太赫兹波在传输线上传播,在探测端同样得到了质量较高的THz时域信号,证实了THz片上系统的可行性。该方法省去了腐蚀牺牲层以及LT-GaAs薄膜的转移、键合等步骤,极大地提高了片上系统的成品率,避免了薄膜转移过程中易破碎及腐蚀液存在毒性的问题。最后,研究了外加电压对从片上系统中获得的THz波性能的影响,结果为电压越高,THz波的信号强度越强;另外,通过在传输线上方垂直放置铜箔的方法验证了THz波沿着传输线传播的事实。该研究中采用的基于LT-GaAs外延片的片上系统的制备方法简单,制作周期短,制作过程安全,应用领域广泛,这为将来与微流控芯片相结合实现对液体样品的探测打下了基础。

关键词 太赫兹; 外延片; LT-GaAs; 光电导天线; 片上系统

中图分类号: O43 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)05-1373-06

引言

太赫兹波通常指频率处于0.1~10 THz、波长范围为30~3000 μm 的电磁波,它的能量小,空间分辨率高,许多物质的转动能级均处于此频段,因此能够用来对物质进行检测^[1]。太赫兹波介于微波与红外线之间,很早以前,许多学者就对这一频段产生了浓厚的兴趣,但直到现在,其依然是一个具有极高研究价值的领域。使用THz波对物质进行检测,应用较广的方法是基于THz-TDS系统,它可以实现对THz波的有效调控和引导,但最大的问题是空气中的水蒸气会对THz波产生强烈的吸收,影响检测结果,若引入氮气,

则存在不安全因素。另外,检测光路的搭建较为复杂,耗时较长,检测样品时还需要外加样品固定架,操作比较繁琐^[2]。因此,提出了THz片上系统。

对于片上系统,利兹大学在这方面的研究较多,2006年,他们选用苯并环丁烯(BCB)作为基底材料制作了微带线(MSL)无源滤波器并在低温环境下进行了测试^[3]。2013年,在完成了大量的仿真工作的基础上,他们研制出基于高宝线(PGL)的片上系统,并成功地对样品进行了测量^[4]。利兹大学的工作给本研究提供了新的思路和探索方向。片上系统指的是将THz的产生、传输和探测都集成在同一个芯片上,然后用两束飞秒激光分别照射在产生和探测THz波的光电导天线上,产生端的光电导天线由于受到激光激励而辐射出

收稿日期: 2020-05-06, 修订日期: 2020-08-13

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61575131)资助

作者简介: 吴蕊,女,1995年生,首都师范大学物理系硕士研究生

e-mail: naiziboluowr@163.com

* 通讯作者 e-mail: subo75@cnu.edu.cn

THz 波, 然后经传输线到达探测端, 最后通过相干探测的方法对 THz 波进行探测^[5]。由于整个 THz 片上系统的集成化程度较高, 并且易于与其他微量样品检测装置相结合, 所以具有很高的研究价值。

目前, 有很多单位都在从事片上系统的研究工作, 但其频率范围大多都集中在 GHz 频段。比如 Treizebré 等^[6]使用矢量网络分析仪(VNA)对于高宝线(PGL)进行了研究, 但其工作频率上限止步于 220 GHz。利用 VNA 测量会被其最高 1.1 THz 的带宽所限制^[7], 不是集成化 THz 系统最终的研究方向。目前, 基于低温砷化镓(LT-GaAs)的 THz 研究工作已经取得了很大进展, 2008 年, Shinji Yanagi 等^[8]制成的多衬底共面传输线实现了高带宽、低损耗的 THz 波传输, 2015 年, Matheisen 等^[9]基于柔性 PET 悬臂梁, 研制出具有共面带状线(CPS)结构的新型 THz 收发装置, 是目前具有创新性的研究工作。但是以上的研究工作都存在频带窄, 工艺难度高以及测量系统复杂等问题。

基于 LT-GaAs 外延片, 在上面直接利用光刻微加工技术制备相应的结构。首先, 采用蒸镀工艺制备出具有偶极形电极结构的外延片天线, 并用波长为 800 nm 的飞秒激光器对其进行激励, 测试了其性能, 验证了基于 LT-GaAs 外延片的 THz 天线的可行性。然后, 直接在 LT-GaAs 外延片上制备传输线和微电极, 制成 THz 片上系统, 并用波长为 1 550 nm 的飞秒激光对其进行测试, 在探测端成功探测到 THz 信号。最后, 研究了外加电压对片上系统太赫兹波性能的影响, 并通过铜箔遮挡的方法对 THz 波是否沿着传输线传播进行了验证。

1 基于 LT-GaAs 外延片的 THz 天线的制备及其性能表征

1.1 LT-GaAs 外延片结构及其制备

本研究所采用的基底结构示意图如图 1 所示, 首先在半绝缘砷化镓(SI-GaAs)基底上生长砷化镓(GaAs)缓冲层和砷化铝(AlAs)牺牲层, 然后外延生长出 LT-GaAs 层, 制备出 LT-GaAs 外延片。该外延片的制备方法在很多文献中均有报道, 因为砷化镓材料的介电常数较高, THz 波在传输时会有很大损耗, 所以外延片上的 AlAs 牺牲层就是为了采用选择性腐蚀的方法得到 LT-GaAs 薄膜, 再将其转移到新的衬底上, 依靠薄膜和基底之间的范德华力实现键合。

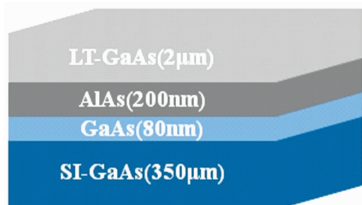


图 1 LT-GaAs 外延片结构

Fig. 1 Epitaxial wafer structure of LT-GaAs

本研究在前期的工作中, 也采用该结构的外延片进行了 LT-GaAs 的揭膜、转移及键合工作, 但是存在制备周期较

长、薄膜在转移过程中容易破碎、成功率较低以及腐蚀液具有毒性等问题^[10]。因此, 本研究直接在上述的外延片上利用光刻微加工工艺制作所需的结构, 在不考虑损耗的情况下验证片上系统传输太赫兹波的可行性。基底结构中 GaAs 和 AlAs 的厚度分别为 80 和 200 nm, 生长温度为 580 和 550 °C, LT-GaAs 需要在 200 °C 的低温环境下生长, 厚度为 2 μm, 最后在 615 °C 的环境下完成 15 min 的退火。这样制备的 LT-GaAs 载流子寿命短, 击穿电场高, 迁移率大^[11], 满足光电导开关的要求。

1.2 THz 天线的制备

利用真空蒸镀技术, 将 LT-GaAs 外延片制成 THz 天线, 天线的结构采用的是偶极形。首先, 将外延片裁切成 2 mm×5 mm 的尺寸, 把直径为 200 μm 的铜线绑在外延片中间, 然后将外延片固定在蒸镀板上, 放入 2HD-400 高真空蒸发镀膜机中, 先后分别蒸镀 20 nm 厚的铬和 250 nm 厚的金, 其中金的纯度为 99.999%, 先蒸镀铬是为了便于金的附着。由于铬和金都是垂直向上蒸镀, 且样品倒置, 所以中间铜线自身的厚度不会影响到天线电极的制备, 也不会对天线性能造成影响。取下铜线后, 电极部分自然保留了蒸镀上的金, 间隙为 200 μm 的 THz 天线就制备完成。由于要蒸镀的铬和金是放置在仪器底部的蒸发舟上, 与外延片分开, 所以铬和金在融化蒸镀过程中不会影响外延片, 在整个蒸镀过程中, 外延片的温度都保持在 30 °C 左右。图 2(a)是经过真空蒸镀后的外延片天线, 需要使用导电银胶将其与印刷电路板(PCB)上的贴片焊盘粘贴, 如图 2(b)所示。实验时, THz 光斑需要照射在产生天线的间隙处, 并且在 PCB 的电源引脚上加载直流脉冲电压, 如图 2(c)所示。

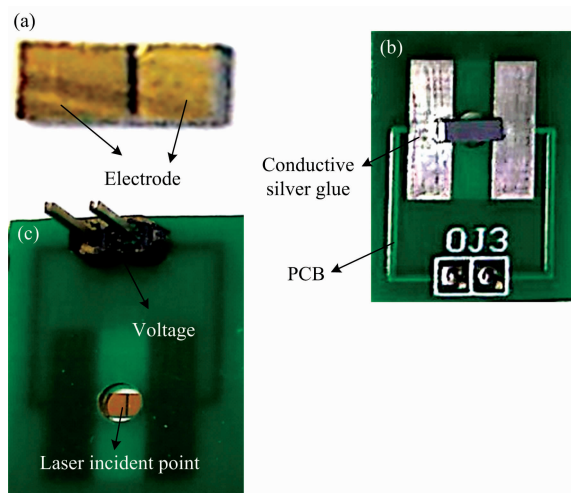


图 2 电极间隙为 200 μm 的 LT-GaAs 外延片 THz 天线

(a): 带电极的 LT-GaAs 外延片;

(b): 固定在 PCB 板上的外延片天线;

(c): 自制天线成品

Fig. 2 LT-GaAs epitaxial wafer THz antenna with electrode gap of 200 μm

(a): LT-GaAs epitaxial wafer with electrode;

(b): Epitaxial wafer antenna fixed on PCB;

(c): Self made antenna products

1.3 测试光路

用波长为 800 nm 的飞秒激光对自制的 LT-GaAs 外延片天线进行测试, 激光脉冲的重复频率为 82 MHz, 脉宽为 100 fs。飞秒激光首先经过半波片(HWP), 它的作用是调节泵浦光路和探测光路中的激光功率, 然后经过分束镜(PBS)后分为两束, 一束为泵浦光, 另一束为探测光, 泵浦光束经过时间延迟线后照射在 THz 产生天线上, 天线产生的 THz 波经过两个离轴抛物镜后与探测光束合束在具有相同结构的探测天线上。当两路光路路程相等时, 可以对辐射出的 THz 波进行逐点探测, 进而描绘出 THz 时域谱图^[12], 测试光路如图 3 所示。

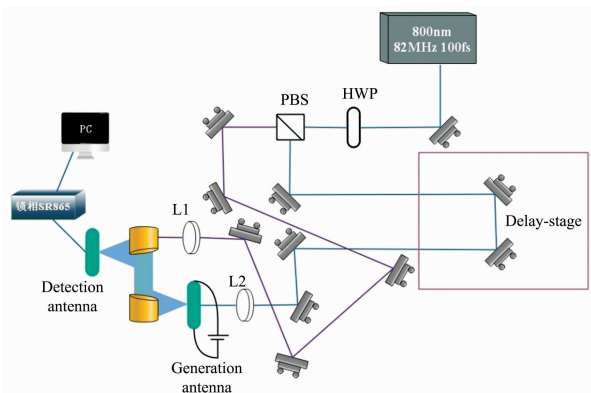


图 3 LT-GaAs 外延片天线测试光路

Fig. 3 Test optical path of LT-GaAs epitaxial wafer antenna

1.4 THz 天线的性能表征

在进行实验前, 首先对最合适的实验条件进行了探索, 测试了光路中两束光的光功率的比值对 THz 信号峰值的影响。将 THz 产生天线和探测天线分别置于如图 3 所示的位置上, 在产生天线上加载 100 V 的脉冲直流电压, 并且通过调整天线前的凸透镜, 使得激光光斑聚焦并对准在天线间隙处, 以激发和检测 THz 信号。在激光总功率为 600 mW, 产生天线两端电压不变的条件下, 探测 THz 时域谱的峰值信号强度, 结果如图 4 所示。可以发现, 当探测路的激光功率为 150 mW, 泵浦路为 450 mW, 即功率之比为 1 : 3 时, 测

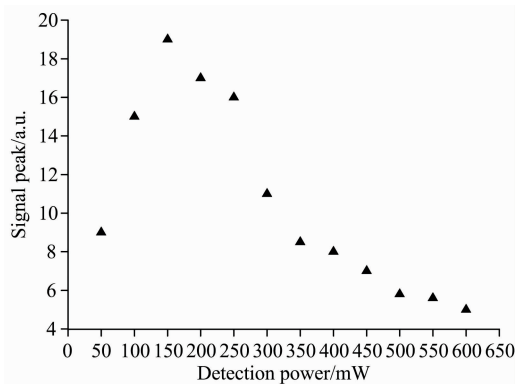


图 4 LT-GaAs 外延片天线探测光功率与 THz 信号峰值的关系图

Fig. 4 Relationship between detection power and THz signal peak of LT-GaAs epitaxial wafer antenna

得的信号最佳。探测到的 THz 时域谱如图 5 所示。

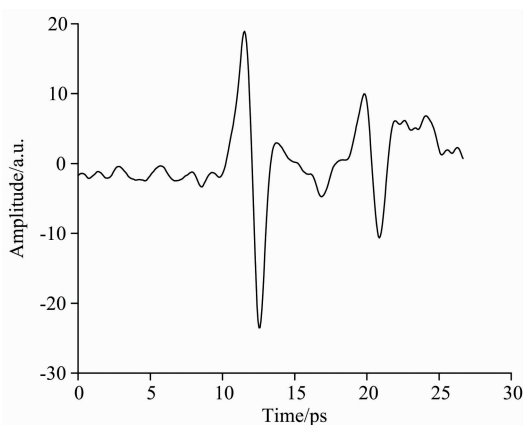


图 5 LT-GaAs 外延片天线 THz 时域谱图

Fig. 5 THz time domain spectrogram of LT-GaAs epitaxial wafer antenna

测试结果表明, THz 信号的整体性好且重复率高。时域谱上的第二个峰值信号是由于 THz 波先后在天线基底的前后表面发生反射而形成的, 在后续的片上系统的研究中, 激光是倾斜入射, 且 THz 波是沿着传输线横向传播的, 所以在一定程度上可以减小回波的影响。基于 LT-GaAs 外延片的天线既可以产生 THz 波, 也可以探测 THz 波, 为 THz 片上系统的集成化打下了基础。

2 集成化的 THz 片上系统

2.1 光刻工艺

对于集成化的 THz 片上系统, 其表层结构需要通过光刻微加工工艺制备。首先制作掩膜版, 采用透光部分达到 50% 以上的正胶, 实验时使用正胶 (S1813) 进行光刻, 与 AZ-5214 光刻胶不同, S1813 在制作过程中不易反胶^[13], 不会影响后续步骤。然后经过甩胶—前烘—光刻—显影—清洗—后烘的步骤后, 所得到的是与掩膜版对应的留有光刻胶的图形, 最后利用离子束刻蚀工艺, 打掉未被光刻胶覆盖的金和铬。图 6 是片上系统掩膜版的实物图, 中间部分为传输线的有效部分, 长度为 1 mm, 左右半圆形回环弯绕部分为非传

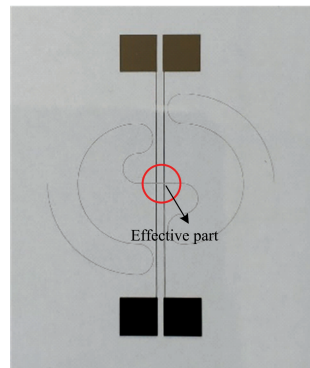


图 6 片上系统掩膜版实物图

Fig. 6 Physical picture of mask system on chip

输区域的适当延长,以防止回波信号的影响,其两边的长度均为 13 cm。

2.2 片上系统的集成

LT-GaAs 外延片天线在 THz 频段的实用性已经得到验证,接下来直接在外延片上制备电极和传输线,实现芯片的集成化,研制出 THz 片上系统,其结构及测试示意图如图 7 所示。系统中 THz 的产生和探测均采用偶极形天线,电极大小为 $1.5 \text{ mm} \times 70 \mu\text{m}$,电极与传输线间距为 $60 \mu\text{m}$,两个电极间正对距离为 $140 \mu\text{m}$,两激光光斑间的传输线长度为 1 mm,宽度 $20 \mu\text{m}$,整个表层的导体厚度为 250 nm,其中金的厚度为 230 nm,金下方的铬是 20 nm。

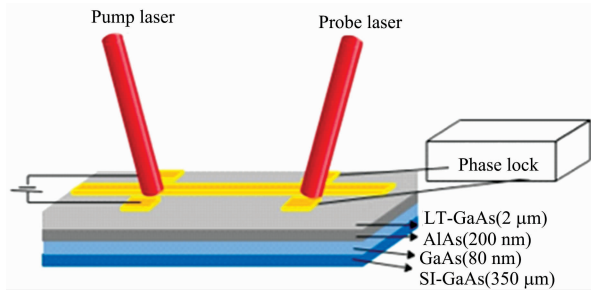


图 7 THz 片上系统示意图

Fig. 7 Diagram of THz system on chip

2.3 测试光路

利用 800 nm 的激光激励自制的 LT-GaAs 外延片天线来产生太赫兹波已被证实可行,但是采用双光子吸收的机理,利用 1 550 nm 的飞秒激光激励天线也可以得到 THz 波^[14]。因为 LT-GaAs 的能带间隙为 1.42 eV^[15],而 1 550 nm 的激光的单光子能量仅仅 0.8 eV,所以 LT-GaAs 半导体材料中的每个载流子需要吸收两个光子的能量才能完成跃迁,进而辐射出 THz 波。为了检验片上系统可行性,同时验证双光子吸收效应,本研究重新搭建测试系统,使用 1 550 nm 的飞秒激光对自制的太赫兹片上系统进行测试。

测试系统中的光路分为泵浦和探测光路,并且引入机械平移台实现信号的逐点扫描。片上系统的优势是不需离轴抛物面镜和光路准直器件,减少了系统的尺寸^[16],测试光路如图 8 所示。

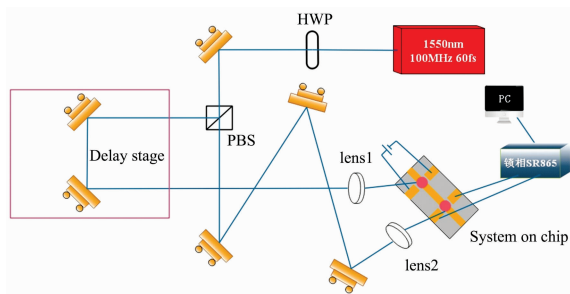


图 8 片上系统测试光路

Fig. 8 Test optical path of system on chip

3 片上系统的性能表征

分别将泵浦光路和探测光路中的飞秒激光以一定角度聚焦在 THz 产生端和探测端的光电导天线间隙上,这种方式比垂直入射时信号耦合效率高,两束激光入射方向与竖直方向的夹角分别为 30° 和 15° 。产生端由外加偏压提供的能量,可以使 LT-GaAs 中的自由载流子加速运动,从而辐射出 THz 波,THz 波信号经传输线传播后到达探测端,与探测激

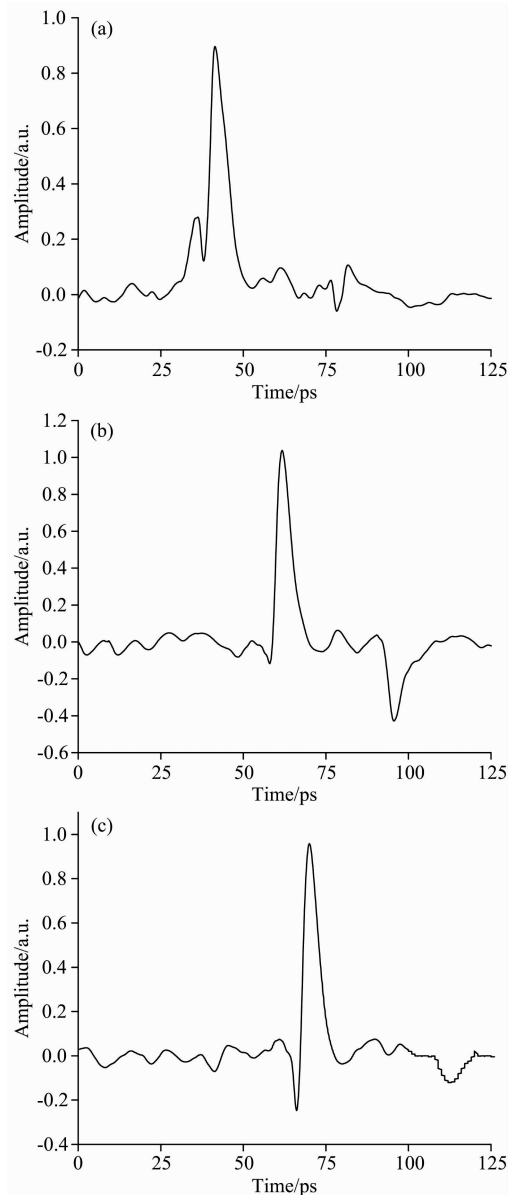


图 9 片上系统中 THz 时域谱图

(a): THz 时域谱图(偏压=40 V);

(b): THz 时域谱图(偏压=70 V)

(c): THz 时域谱图(偏压=100 V)

Fig. 9 THz time domain spectrogram in system on chip

(a): THz time domain spectrogram (bias=40 V);

(b): THz time domain spectrogram (bias=70 V);

(c): THz time domain spectrogram (bias=100 V)

光相互作用,经锁相积分进而在电脑上得到 THz 波形。由于 THz 波在片上系统中传播时,电磁场在传输线、介质基底和自由空间都有分布,所以,对其研究可以引入等效介电常数 ϵ_{eff} , 其总的损耗主要由传输线的导体损耗和外延片基底的介质损耗构成,式(1)^[17]中第一项 ϵ_{eff} , ϵ_r 和 $\tan\delta$ 是与基底有关的相关参数。由于 GaAs 的介电常数 ϵ_r 较高,介质损耗比采用转移 LT-GaAs 薄膜制成的芯片大,所以,后续的工作将会继续探索具有低介电常数且适合作为 LT-GaAs 外延片基底的材料。第二项中 ω , Z_0 是表层金属结构的相关参数,所以可以通过进一步优化传输线结构来提高传输信号频率,鉴于本工作所研究频段在 1THz 以内,辐射损耗并不占据主要地位,所以在式(1)中没有列出。

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_d = 27.3 \frac{\epsilon_r(\epsilon_{\text{eff}} - 1)\tan\delta}{(\epsilon_r - 1)\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}\lambda_0}} + \frac{8.686\sqrt{\frac{\pi f\mu_0}{\sigma}}}{1000Z_0\omega} \quad (1)$$

式(1)中, α 是 THz 片上系统的总损耗, α_c 是导体损耗, α_d 是介质损耗, ϵ_r 是介质层的介电常数, ϵ_{eff} 是有效介电常数, $\tan\delta$ 是介质层损耗角正切值, λ_0 是自由空间中的波长, f 是结构上传输的频率, σ 和 μ_0 分别是电导率和真空中的磁导率, Z_0 是特征阻抗, ω 是有效宽度,在本研究中, ω 的值为 20 μm 。

实验时需要调节电压,使外加偏压变化,探测光路和泵浦光路中光功率比值仍为 1 : 3, 飞秒激光的波长为 1 550 nm, 重复频率为 100 MHz, 脉宽为 60 fs。锁相放大器的频率设置为 10 kHz, 与外加直流脉冲电压的频率一致。片上系统置于三维调节架上,便于调整。

测量结果如图 9 所示,其中(a), (b)和(c)分别是在外加偏压 40, 70 和 100 V 下得到的 THz 波信号,可见 THz 波的峰峰值信号的大小与外加偏压有关,电压越大,能量转化率越高,可以得到的信号强度越强,如式(2)所示,天线的效率因子 η_{LE} 与外加偏压 V_0^2 有关^[18], 这与实验结果相符,表 1 是各个偏压下 THz 波信号强度最小值、最大值和峰峰值的具

体数值。

$$\eta_{\text{LE}} \approx \frac{e\mu_e\tau^2\eta_L f_R V_0^2}{hf_L L^2} \quad (2)$$

表 1 THz 片上系统中 THz 信号的强度

外加偏压 /V	信号最小值 / (a. u.)	信号最大值 / (a. u.)	信号峰峰值 / (a. u.)
40	-0.018	0.896	0.914
70	-0.117	1.038	1.155
100	-0.247	0.958	1.205

另外,为了证明 THz 波是在片上系统中的传输线上传播的,将一铜箔垂直放置在传输线上方,并逐步靠近传输线,最近距离为 500 μm ,但在多次的采集过程中,THz 信号都没有发生变化,这就证明了 THz 波是在传输线上传播而不是通过自由空间传播的。

4 结 论

基于 LT-GaAs 外延片开展了一系列 THz 研究工作,首先报道了一种简便快捷的方法制作外延片天线,其制作周期短,成品率高,且检测出的时域谱信号峰值明显,强度高。在此基础上,制备了太赫兹片上系统,采用 1 550 nm 波长的飞秒激光对其进行测试,获得了质量较高的 THz 波信号。然后,对 THz 波的幅值和外加电压进行了研究,发现随着外加偏压的增加,THz 脉冲的峰峰值增加。最后通过用铜箔遮挡 THz 波传播的方法,验证了 THz 波沿片上系统中传输线传播的事实。本研究工作为 THz 片上系统与微流控技术相结合实现对液体样品和微量样品的探测提供了保障,为进一步拓展片上系统的应用领域打下了基础。

References

- [1] ZHAO Xing-hai, BAO Jing-fu, DU Yi-jia, et al(赵兴海, 鲍景富, 杜亦佳, 等). Transducer and Microsystem Technologies(传感器与微系统), 2011, (7): 5.
- [2] GUAN Ai-hong, CHAO Yong-yang, LI Zhi(管爱红, 晁永阳, 李智). China Food Additives(中国食品添加剂), 2019, (1): 149.
- [3] Wood C, Cunningham J, Hunter I C, et al. International Journal of Infrared & Millimeter Waves, 2006, 27(4): 557.
- [4] Russell, Christopher. University of Leeds(利兹大学), 2013.
- [5] Yutaka Kadoya, et al. 19th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications, Dubrovnik, 2008, 17(2): 48.
- [6] Treizebre A, Laurette S, Xu Y, et al. Progress in Electromagnetics Research C, 2012, 26: 219.
- [7] Horibe M, Kishikawa R. IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement, 2013, 62(6): 1814.
- [8] Yanagi S, Onuma M, Kitagawa J, et al. Applied Physics Express, 2008, 1(1): 012009.
- [9] Matheisen C, Nagel M, Sawallich S. International Conference on Infrared. Millimeter and Terahertz Waves IEEE, 2015.
- [10] ZHANG Cong, SU Bo, ZHANG Hong-fei, et al(张聪, 苏波, 张宏飞, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2019, 39(10): 3308.
- [11] GUO Chun-yan, XU Jian-xing, PENG Hong-ling, et al(郭春妍, 徐建星, 彭红玲, 等). Journal of Infrared and Millimeter Waves(红外与毫米波学报), 2017, (2): 220.
- [12] LI Zhong-xiao, XU De-gang, WANG Yu-ye, et al(李忠孝, 徐德刚, 王与焯, 等). Journal of Optoelectronics · Laser(光电子·激光), 2015, (1): 177.

- [13] LAI Wu-xing, XUAN Jian-ping, SHI Tie-lin, et al(来五星, 轩建平, 史铁林, 等). Semiconductor Technology(半导体技术), 2004, (11): 22.
- [14] Erlig H, Wang S, Azfar T, et al. Proceedings of SPIE, 1999, 3795: 338.
- [15] Sakai K, Tani M. Oyobuturi(应用物理), 2001, 70: 149.
- [16] HUANG Rui-rui, ZHAO Guo-zhong, LIU Ying, et al(黄瑞瑞, 赵国忠, 刘影, 等). Acta Optica Sinica(光学学报), 2015, (A02): 228.
- [17] Denlinger E J. IEEE Transactions on Microwave Theory & Techniques, 1980, 28(6): 513.
- [18] Huang Y, Khiabani N, Shen Y, et al. 2011 International Workshop on Antenna Technology, Hong Kong, 2011. 152.

THz System on Chip Based on LT-GaAs Epitaxial Chip

WU Rui, SU Bo*, ZHAO Ya-ping, HE Jing-suo, ZHANG Sheng-bo, ZHANG Cun-lin

Key Laboratory of Terahertz Optoelectronics, Ministry of Education; Beijing Key Laboratory for Terahertz Spectroscopy and Imaging; Beijing Advanced Innovation Center for Imaging Theory and Technology, Department of Physics, Capital Normal University, Beijing 100048, China

Abstract Terahertz (THz) waves play an important role in material detection and is a potential biochemical sensor. However, the traditional terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS) system is complex in structure, low in integration and large in space. Therefore, guiding THz wave effectively, realising integrated transmission, and getting high-quality spectroscopy has become a research hotspot of the terahertz spectroscopy system. THz system on chip integrates the generation, transmission and detection of THz on the same chip, and then obtains THz time-domain spectroscopy by coherent detection. It can be used to detect many kinds of samples, especially in detecting trace samples that are difficult to sample. It does not need optical alignment, is easy to operate and has a high yield. The two research works in this paper are based on low-temperature GaAs (LT-GaAs) epitaxial wafers. Firstly, a 200 μm diameter copper wire is fixed on the top of the LT-GaAs epitaxial wafer, and the antenna electrode is prepared by vacuum evaporation. At the same time, the antenna gap is obtained, and the THz antenna based on the LT-GaAs epitaxial wafer is developed. The high-quality THz signal is obtained by using the femtosecond laser with a wavelength of 800 nm, which verifies the practicability of the antenna. Then the transmission line and microelectrode are fabricated on another epitaxial wafer by lithography, and the integrated THz system on chip is obtained. A femtosecond laser with a wavelength of 1 550 nm is used to excite the terahertz generation antenna and the system's detection antenna on chip. The THz waves generated by the antenna propagate on the transmission line, and the high-quality THz time-domain signal is also obtained at the detection end, which proves the feasibility of the system on chip. This method omits the steps of corrosion sacrificial layer, transfer and bonding of LT-GaAs film greatly improves the yield of the system on chip, and avoids the problems of fragility and toxicity of corrosive solution in the process of film transfer. Finally, the influence of applied voltage on THz wave performance obtained from the system on chip is studied. The results show that the higher the voltage is, the stronger the THz wave's signal strength is. Besides, the fact that THz waves propagate along the transmission line is verified by placing copper foil vertically above the transmission line. The system on chip based on LT-GaAs epitaxial wafer used in this study has the advantages of simple preparation method, short fabrication cycle, safe fabrication process and wide application field, which lays a foundation for detecting liquid samples by combining with microfluidic chips in the future.

Keywords Terahertz; Epitaxial wafer; LT-GaAs; Photoconductive antenna; System on chip

(Received May 6, 2020; accepted Aug. 13, 2020)

* Corresponding author