

4种过期感冒药品的太赫兹光谱研究

谢伟¹, 尚丽平^{2,3*}, 邓琥^{2,3}, 刘泉澄¹

1. 西南科技大学信息工程学院, 四川 绵阳 621010
2. 西南科技大学极端物质特性实验室, 四川 绵阳 621010
3. 特殊环境机器人四川省重点实验室, 四川 绵阳 621010

摘要 针对近期几起过期药品致病的负面消息, 为进一步提高药品质量检测的速度, 提出采用太赫兹时域光谱技术(THz-TDS)无损检测药品质量的新方法。首先, 通过飞秒激光器以及 THz-TDS 系统(Z-3)检测过期阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒等常用感冒药的太赫兹时域光谱。然后, 通过快速傅里叶变换(FFT), 得到其太赫兹脉冲随频率变化的频谱图。接着, 根据 Dorney 和 DuVillaret 等提出的 THz-TDS 提取光学参数模型, 得到以上 4 种感冒药品的太赫兹特征吸收峰、吸收系数图谱和折射率。最后, 将上述实验结果与相关文献报道的太赫兹特征吸收峰、吸收系数以及折射率进行对比。实验显示: 过期阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片在有效频段 0.2~0.9 THz 内的平均折射率分别为 1.90 和 1.85, 这比相关文献分别报道的最小折射率 1.92 和 2.05 小; 过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒在有效频段 0.2~1.4 THz 内的平均折射率均为 1.84, 这较相关文献报道的最大折射率 1.797 略大; 过期阿莫西林胶囊的 5 个太赫兹特征吸收峰均出现, 但幅值有所降低; 过期复方氨酚烷胺片的 3 个太赫兹特征吸收峰仍然存在, 但幅值也有所降低, 且在 1.50 THz 附近出现新的太赫兹特征吸收峰; 过期板蓝根颗粒在 1.43 THz 出现新的太赫兹强特征吸收峰, 且吸收系数减小; 过期复方板蓝根颗粒在 1.43, 1.48 和 1.54 THz 出现 3 个新的太赫兹特征吸收峰, 且吸收系数也减小。结果表明: 过期阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的有效成分均有所减少, 部分化学成分已经发生改变; 过期阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片等西药的折射率会增大, 而过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒等中药的折射率会减小; 通过折射率的变化和太赫兹特征吸收峰位置的不同以及新出现的太赫兹特征吸收峰, 可以区分以上 4 种过期药品, 由此可以为太赫兹光谱技术区分过期药品提供参考。

关键词 太赫兹光谱; 过期药品检测; 阿莫西林; 复方氨酚烷胺片; 板蓝根

中图分类号: O433.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)08-2409-06

引言

药品是当今临床和人们日常生活中使用比较广泛的一种治疗疾病的手段, 然而近期却出现了几起过期药品致病的负面消息。因此, 对于过期药品的检测对患者的生命健康至关重要。药品一旦超过有效期, 其有效成分含量会降低, 有害杂质会增多。西药的化学性质易发生变化, 毒性增加; 中药吸湿易霉变, 产生毒素和滋生细菌。人们若服用过期药品可能会产生严重的不良反应, 甚至危及生命。如病人服用过期

降血糖药会导致血糖的不稳定, 诱发各种并发症; 服用过期抗生素药可能会引起过敏反应或休克; 服用过期冲剂、蜜丸等药品可能造成腹泻等不良反应^[1]。因此, 对于过期药品的快速检测在食品药品安全方面尤为重要。太赫兹波是指频率在 0.1~10 THz, 波长在 0.03~3 mm^[2], 位于红外和微波之间一种特定波段的电磁辐射^[3]。药物分子的弱相互作用力(氢键的伸展和扭转、范德华力)、晶体声子振动、骨架振动(构型弯曲)、偶极子旋转和振动跃迁、晶体中晶格的低频振动吸收等正好处于 THz 频谱范围内^[4], 并且太赫兹脉冲具有很好的时间分辨率(皮秒量级), 使得太赫兹光谱技术在药

收稿日期: 2018-06-15, 修订日期: 2018-10-28

基金项目: 国防技术基础项目(JSZL2017404A001, JCKY2018404C007), 四川省重点研发项目(2019YFG0114), 西南科技大学研究生创新基金项目(18ycx126)资助

作者简介: 谢伟, 1990年生, 西南科技大学信息工程学院硕士研究生 e-mail: 1515267678@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: shangliping@swust.edu.cn

品检测中的应用研究受到国内外学者的高度重视。目前,太赫兹光谱技术用于药品检测仍处于实验阶段。研究表明,太赫兹时域光谱(Terahertz time-domain spectroscopy, THz-TDS)技术是鉴别药品成分、评价药品质量和分析药品含量的一种有效检测方法^[5]。

2004年,张蕾用透射式太赫兹时域光谱系统对板蓝根进行了光谱测量,获得了板蓝根的太赫兹指纹特征^[6];2006年,李宁研究了毒品和西药的THz光谱,能够区分3家不同厂商生产的阿莫西林胶囊^[7];2007年,李宁等采用太赫兹时域光谱技术研究了三种不同公司生产的阿莫西林胶囊,通过折射率可以区分不同厂家生产的阿莫西林胶囊^[8];2011年,刘乔等利用自建的时间扫描太赫兹时域光谱系统对3种不同厂家阿莫西林胶囊进行测量,证实了太赫兹光谱技术在青霉素类药品的质量监控及在线检测等方面具有广阔的应用前景^[9];2012年,Xu等对阿莫西林等几种临床常用抗生素进行了太赫兹光谱测量,验证了太赫兹时域光谱可用于区分抗生素类药物和检测药物质量^[10];2012年,Dai等采用太赫兹时域光谱技术研究了复方氨酚烷胺片的太赫兹光谱特性,证明THz光谱技术是研究药物化合物和打击假冒药品的一种有效检测技术^[11]。

本文采用太赫兹时域光谱(THz-TDS)技术研究了过期阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒等常用感冒药的太赫兹光谱,可为太赫兹光谱技术用于过期药品检测提供参考。

1 实验部分

1.1 样品制备

本实验所用阿莫西林胶囊(分子式为 $C_{16}H_{19}N_3O_5S \cdot 3H_2O$,分子量为419.46)的生产厂家为重庆迪康长江制药有限公司(生产批号160226迪康,超过保质期1个月),每颗胶囊含阿莫西林50mg;复方氨酚烷胺片的生产厂家为长春海外制药集团有限公司(生产批号150911感叹号,超过保质期6个月);板蓝根颗粒的生产厂家为广州白云山和记黄埔中药有限公司(生产批号H4F051白云山,超过保质期8个月);复方板蓝根颗粒的生产厂家为太极集团重庆中药二厂有限公司(生产批号150714太极,超过保质期8个月)。

所有样品浓度均按100%配制,即全为临床用药,阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片总重量为200mg,板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒总重量为300mg,分别用玛瑙研钵($\phi 150$ mm)将其充分研磨,然后用自动压片机(Specac, T15)设置压力2T,保压时间1min压片,最后用电子天平(ESJ120-4,精度0.1mg)称其重量后密封保存。样品编号及厚度如表1所示。

表1 样品编号及厚度

Table 1 The number and thickness of sample

Sample	Number	Thickness/mm
阿莫西林胶囊	AC	1.18
复方氨酚烷胺片	CAT	1.24
板蓝根颗粒	BG	1.53
复方板蓝根颗粒	CBG	1.54

1.2 测试系统

实验采用Zomega公司的THz-TDS系统(Z-3),飞秒激光器为美国光谱物理公司(Mai Tai),激光中心波长800nm,重复频率80MHz,泵浦光强度100mW,探测光强度20mW,扫描速度 $0.152\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$,记录时间50ps。

1.3 方法及数据处理

本实验在室温 22°C ,湿度5%以下分别测试空气、阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的太赫兹时域光谱,每组实验扫描3次取其平均后保存数据。

所有样品的太赫兹时域光谱数据,经傅里叶变换,可得频谱 $Er(\omega)$ 和 $Es(\omega)$ ^[12],根据Dorney等提出的THz-TDS提取光学参数的模型,即公式

$$\rho(\omega) = \frac{A_s}{A_r} \quad (1)$$

$$\varphi(\omega) = \varphi_s - \varphi_r \quad (2)$$

$$n(\omega) = \varphi(\omega) \frac{c}{\omega d} + 1 \quad (3)$$

$$\alpha(\omega) = \frac{2}{d} \ln \left\{ \frac{4n(\omega)}{\rho(\omega)[n(\omega)+1]^2} \right\} \quad (4)$$

可得到每种样品的折射率 $n(\omega)$ 和吸收系数 $\alpha(\omega)$ ^[13]。其中, c 为真空中的光速; ω 为角频率; d 为实验样品的厚度; r 为参考信息; s 为样品信息。

由于在低频段噪声对样品信息的干扰,相位会发生 2π 的跳变^[14]。为了使零频处的相位接近于零,需将 $0.5 \sim 1.2$ THz线性范围的相位谱采用线性拟合的方法得到零频处的相位 θ ,即 $\theta/2\pi$ 取整得 N ,然后将所有频率对应的相位均减去 $2\pi N$ ^[15]。

2 结果与讨论

图1(a)显示了参考信号空气、阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片在 $0 \sim 23$ ps的太赫兹时域光谱信息,插入图是本次实验全部扫描时间50ps下空气、阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片的太赫兹时域光谱图,其中包含振幅和相位信息。图1(b)为阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片的吸收系数和折射率。

图2(a)显示了参考信号空气、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒在 $0 \sim 27$ ps的太赫兹时域光谱信息,插入图是本次实验全部扫描时间50ps下空气、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的太赫兹时域光谱图,其中包含振幅和相位信息。图2(b)为板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的吸收系数和折射率。

查阅国内外相关文献,阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片和板蓝根的太赫兹波吸收峰位置和折射率分别如表2和表3所示,其中AC, CAT, BG和CBG为本次实验测试的过期药品。

由式(1)和式(4)可知,样品的吸收系数是一个相对值,参考信号对测试结果的影响比较大,因此本次测试与参考文献都是在近似干燥的环境中进行,消除了空气中水分对太赫兹的影响,并且所有样品均在相同系统条件下测试,进而排除了环境因素和系统差异对实验结果的影响;由于测试系统、参数设置及药品厂家和批次的不同,光谱强度可能存在

差异,但特征吸收峰是由于药品中主要成分对太赫兹的振动吸收而产生的,因此吸收峰的位置不会突变。

由图 1(a)插入图可知,阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片在 25 ps 位置附近出现反射峰,为了排除其对样品信息处理时的影响,分别选择在 22 和 23 ps 处对阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片样品信息进行时域截断。由图 1(a)可知,阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片对太赫兹波幅值具有比较大的衰减,其时域信号具有一定程度的延迟,这是由于样品的反射、散射、吸收和厚度等原因造成的。由图 1(b)可知,阿莫

西林在 0.94 和 1.14 THz 存在 2 个明显的吸收峰,在 1.32, 1.42 和 1.52 THz 有 3 个弱吸收峰,这与表 2 中文献记载一致,但吸收峰幅值有所降低,而且弱吸收峰几乎消失,由此可知过期阿莫西林胶囊的化学性质可能还未发生改变,但药效明显降低。复方氨酚烷胺片在 0.73, 1.01 和 1.18 THz 处存在明显的吸收峰,这与表 2 中文献报道相一致,但过期复方氨酚烷胺片在 1.50 THz 位置出现新的吸收峰,由此可知,复方氨酚烷胺片化学性质已经部分发生改变,进而过期复方氨酚烷胺片能够被识别出来。由图 3(a)可知,阿莫西林胶囊

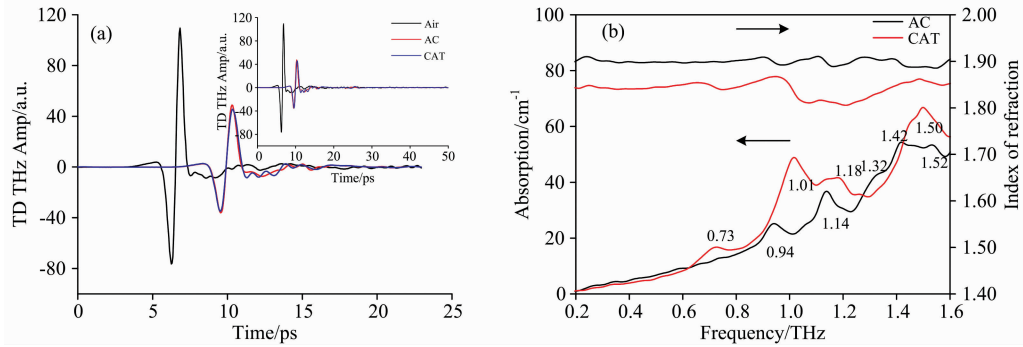


图 1 阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片的太赫兹时域(a)以及吸收系数和折射率(b)光谱图
Fig. 1 The time-domain spectra (a), absorption coefficient and index of refraction (b) of amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets

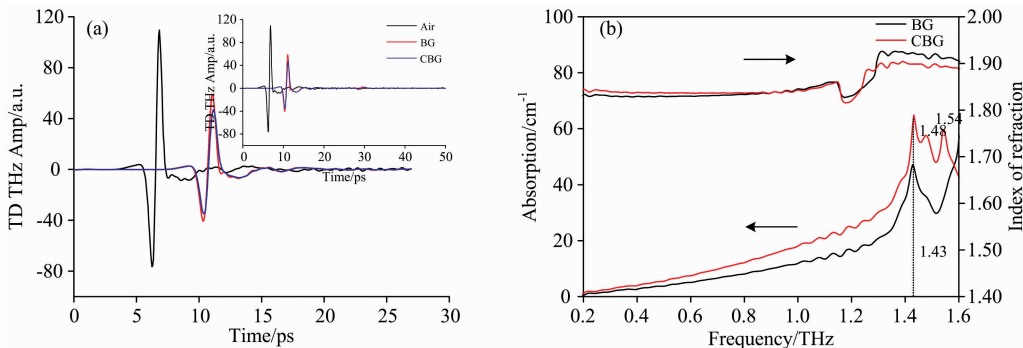


图 2 板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的太赫兹时域图(a)、吸收系数和折射率(b)光谱图
Fig. 2 The time-domain spectra (a), absorption coefficient and index of refraction (b) for banlangen granules and compound banlangen granules

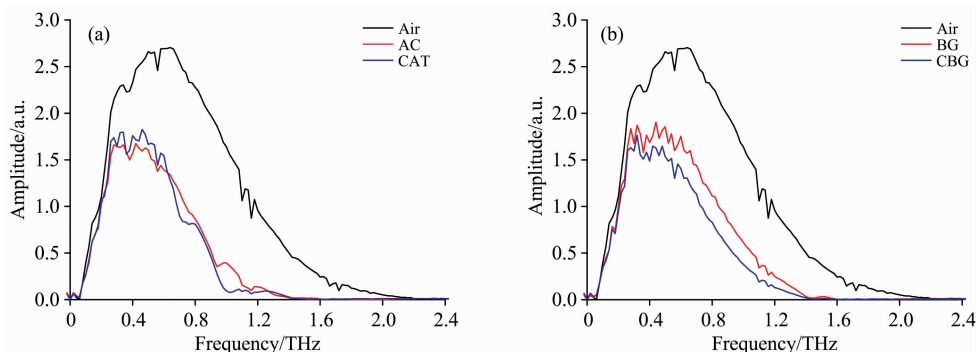


图 3 参考信号、阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的频谱图
Fig. 3 The frequency-domain waveforms of reference, amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets, banlangen granules and compound banlangen granules

表 2 阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片和板蓝根颗粒的太赫兹波吸收峰位置
Table 2 The THz absorption peak position of amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets and banlangen granules

Number	Frequency/THz					
AC	0.94	1.14	1.32	1.42	1.52	
AC-1 ^[7-8]	0.94	1.14	1.32	1.42	1.52	
AC-2 ^[10]	0.95	1.16	1.32	1.42	1.52	
AC-3 ^[16]	0.95	1.09, 1.12, 1.15	1.29, 1.30, 1.32	1.42	1.50, 1.51, 1.52	
AC-4 ^[9]	0.930, 0.935, 0.940	1.11, 1.14, 1.15, 1.16	1.320, 1.365, 1.370	1.405, 1.420	1.47, 1.50, 1.51, 1.52	
CAT	0.73	1.01	1.18	1.50		
CAT-1 ^[11]	0.73	1.01	1.18			
BG	1.43					
CBG	1.43	1.48	1.54			
BG-1 ^[6]	1.64	1.79	1.95	2.13	2.27	

注: AC-3 和 AC-4 吸收峰位置出现跳变是因为实验环境处于大气环境湿度中,且实验测试系统是自行搭建的测试平台,系统稳定性有待提升。

Note: The jump position of the absorption peaks for AC-3 and AC-4 are because the experimental environment is in the atmospheric environment humidity, and the experimental test system is a self-built test platform, and the system stability needs to be improved.

表 3 阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片和板蓝根的折射率
Table 3 The index of refraction for amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets and banlangen granules

Number	Index of refraction					
	0.73 THz	0.90 THz	1.01 THz	1.10 THz	1.30 THz	1.50 THz
AC	1.90	1.91	1.90	1.91	1.91	1.89
AC-1 ^[7-8]				>1.92		
CAT	1.84	1.86	1.84	1.84	1.83	1.86
CAT-1 ^[11]	2.08, 2.13, 2.21		2.05, 2.11, 2.19			
BG	1.83	1.83	1.83	1.84	1.85	1.83
CBG	1.84	1.84	1.84	1.84	1.85	1.83
BG-1 ^[6]		1.797		1.788	1.776	1.757

注: CAT-1 中 3 个样品的折射率不同是由于 3 家厂商生产的复方氨酚烷胺片成分不完全相同,且在配制样品时无法保证样品含量完全相同。

Note: The difference in refractive index of the three samples in CAT-1 is due to the composition of the compound paracetamol tablets produced by the three manufacturers are not completely the same, and the sample content cannot be guaranteed to be exactly the same when the samples are prepared.

和复方氨酚烷胺片在 1.6 THz 以后,两种样品的振幅输出为零,所以确定有效频谱范围为 0.2~1.6 THz。过期阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片在有效频谱 0.2~0.9 THz 内的平均折射率分别为 1.90 和 1.85,这比表 3 中文献报道的折射率低,由此可以作为区分过期阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片的依据。

由图 2(a)插入图可知,板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒在 30 ps 位置附近出现反射峰,为了排除其对样品信息处理时的影响,选择在 27 ps 处对板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒样品信息进行时域截断。从图 2(b)可知,在 0.2~1.6 THz 范围内,板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒均在 1.43 THz 位置附近出现太赫兹特征吸收峰,但 1.43 THz 处并不是板蓝根的物质特征峰,且板蓝根颗粒还在 1.48 和 1.54 THz 位置附近出现新的太赫兹特征吸收峰,由此可知两种样品均已变质。过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的折射率几乎完全一致,在有效频段 0.2~1.4 THz 内的平均折射率均为 1.84,这较

表 3 中文献记载略大,由此可以区分过期板蓝根药品。由图 3(b)可知,板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒的有效频谱范围为 0.2~1.6 THz,表 3 中文献报道的吸收峰位置均不在此频段,这是由于测试系统带宽所造成的,但吸收系数均低于文献记载。

3 结 论

过期阿莫西林胶囊、复方氨酚烷胺片、板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒均存在与相关文献记载一致的吸收峰,但吸收峰幅值有所降低,折射率有所改变,并且过期复方氨酚烷胺片在 1.50 THz 位置附近出现新的吸收峰,说明其部分药品成分化学性质已经改变,由此可鉴别过期阿莫西林胶囊和复方氨酚烷胺片。过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒均在 1.43 THz 位置附近有强吸收峰,但这并非板蓝根的特征吸收峰,由此可区分过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒。过期阿莫西

林胶囊和复方氨酚烷胺片等西药类感冒药的折射率较合格药品低, 而过期板蓝根颗粒和复方板蓝根颗粒等中药类感冒药的折射率较合格药品高, 由此可为药品质量检测提供参考。

本文的实验结果充分说明太赫兹光谱技术在中西药药品质量检测方面具有极大的应用价值, 可以发展成为一种新的药品检测方法。

References

- [1] CHEN Shao-min(陈绍民). Medical Knowledge(医药知识). Ji'nan: Shandong Science and Technology Press(济南: 山东科学技术出版社), 2013. 213.
- [2] Daniel M. Sensing with Terahertz Radiation. New York: Springer, 2002, 2.
- [3] Bradley F, Zhang X C. Nature Materials, 2002, 1: 26.
- [4] FU Wei-ling(府伟灵). Terahertz Technology and Its Biological Application(太赫兹技术及其生物学应用). Beijing: People's Medical Press(北京: 人民卫生出版社), 2017. 60.
- [5] LIU Xing-hao, SHI Qi-wu, ZHANG Jian, et al(刘兴豪, 施奇武, 张 建, 等). Traditional and Herbal Drugs(中草药), 2009, 40(9): 1508.
- [6] ZHANG Lei(张 蕾). The THz Spectrum of Chinese Herbal Medicine(中草药太赫兹谱). Beijing: Capital Normal University(北京: 首都师范大学), 2004.
- [7] LI Ning(李 宁). THz Spectroscopic Study of Drugs and Western Medicine(毒品和西药的 THz 光谱研究). Beijing: Capital Normal University(北京: 首都师范大学), 2006.
- [8] LI Ning, SHEN Jing-ling, JIA Yan, et al(李 宁, 沈京玲, 贾 燕, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(9): 1692.
- [9] LIU Qiao, LI Ze-ren, MENG Kun(刘 乔, 李泽仁, 孟 坤). Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology(太赫兹科学与电子信息学报), 2011, 9(3): 283.
- [10] XU Xian-hai, FU Xiu-hua, XIA Yi, et al(徐贤海, 付秀华, 夏 懿, 等). Modern Scientific Instruments(现代科学仪器), 2012, (6): 42.
- [11] Dai C, Zhao K, Zhao H, et al. China Laser, 2012, (b06): 375.
- [12] LIU Quan-cheng, DENG Hu, SHANG Li-ping(刘泉澄, 邓 琥, 尚丽平). Chin. J. Lumin. (发光学报), 2016, 37(5): 631.
- [13] Dorney T D, Mittleman D M, Baraniuk R G. Journal of the Optical Society of America A Optics Image Science & Vision, 2001, 18(7): 1562.
- [14] ZHANG Shun-zheng(张舜拯). THz Spectroscopic Study of Biodegradable Polymers(生物可降解聚合物的 THz 光谱研究). Capital Normal University(首都师范大学), 2008.
- [15] LI Xiao-xia, DENG Hu, LIAO He-tao, et al(李小霞, 邓 琥, 廖和涛, 等). Laser & Infrared(激光与红外), 2013, 43(11): 1282.
- [16] MENG Kun(孟 坤). Research and Application of Terahertz Time Domain Spectroscopy(太赫兹时域光谱技术研究及应用). Chinese Academy of Engineering Physics(中国工程物理研究院), 2011.

Terahertz Spectroscopic Study for Expired Drugs

XIE Wei¹, SHANG Li-ping^{2, 3*}, DENG Hu^{2, 3}, LIU Quan-cheng¹

1. School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China

2. Laboratory for Extreme Condition Matter Properties, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China

3. Robot Technology Used for Special Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang 621010, China

Abstract In response to the recent negative news of several expired drugs, in order to further improve the speed of drug testing, this paper proposes a new method for nondestructive testing of drug quality using terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS). Firstly, the terahertz time-domain spectra of expired amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets, Banlangen and compound Banlangen granules were tested by the Zomega THz-TDS system (Z3), and the femtosecond laser produced by Mai Tai. Secondly, through the Fast Fourier Transform (FFT), the frequency spectrum of sample was obtained. Thirdly, according to the THz-TDS extraction optical parameter model proposed by Dorney and Duvillaret et al., the four cold medicines' spectrum of terahertz characteristic absorption peak, absorption coefficient and the refractive index were obtained. Finally, the experimental results were compared with the terahertz characteristic absorption peaks, absorption coefficients and refractive indexes reported in the related literatures. Experiments show that the average refractive indexes of expired

amoxicillin capsules and compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets in the effective frequency range of 0.2~0.9 THz are 1.90 and 1.85, respectively, which is smaller than the minimum refractive index reported in the related literature of 1.92 and 2.05, respectively. The average refractive index of expired Banlangen granules and compound Banlangen granules in the effective frequency range of 0.2~1.4 THz was 1.84, which was slightly larger than the maximum refractive index reported in the related literature 1.797. The five THz characteristic absorption peaks of expired amoxicillin capsules all appeared, but the amplitudes decreased. The three THz characteristic absorption peaks of compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets still exist, but the amplitudes are reduced, and a new terahertz characteristic absorption peak appears near 1.50 THz. The expired Banlangen granules have a new terahertz characteristic absorption peak at 1.43 THz and the absorption coefficient is reduced. The expired compound Banlangen granules appear three new terahertz characteristic absorption peaks at 1.43, 1.48 and 1.54 THz, and the absorption coefficient is also reduced. The results showed that the effective components of expired amoxicillin capsules, compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets, Banlangen granules and compound Banlangen granules were reduced, and some chemical components had been changed. The refraction index of western medicines such as expired amoxicillin capsules and compound aminophenol tablets will increase, while that of expired Banlangen granules and compound Banlangen granules will decrease. The above four kinds of expired drugs can be distinguished by the change of the refractive index and their terahertz characteristic absorption peaks, which could provide a reference for distinguishing expired drugs with terahertz spectroscopy.

Keywords Terahertz spectroscopy; Expired drug testing; Amoxicillin; Compound paracetamol and amantadine hydrochloride tablets; Banlangen

(Received Jun. 15, 2018; accepted Oct. 28, 2018)

* Corresponding author

《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约,自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters 旗下的 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统。

- ScholarOne Manuscripts, 该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。
- 全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 ScholarOne Manuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。
- ScholarOne Manuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。
- ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理工作流程系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用“全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts”,势必对 2010 年 11 月 30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共同努力,不断改进和完善起来。

《光谱学与光谱分析》期刊社

2010 年 12 月 1 日