

共焦扫描光声层析成像技术的研究*

余晓光^{1,2} 唐志列¹ 陈更生¹ 刘金龙¹

(1 华南师范大学物理系 广州 510631)(2 井冈山师范学院物理系 江西吉安 343009)

摘要 报道了一种新的光声层析成像技术——光声傅里叶变换共焦扫描成像技术.并用该技术获得了强散射物质(生物组织)的层析图像.纵向分辨能力小于0.1mm,横向分辨率小于4mm.

关键词 光声成像,共焦扫描,傅里叶变换

PHOTOACOUSTIC IMAGING BY USING CONFOCAL SCANNING TECHNIQUE

YU Xiao-Guang^{1,2} TANG Zhi-Lie¹ CHEN Geng-Sheng¹ LIU Jin-Long¹

(1 Department of Physics, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(2 Department of Physics, Jin-Gang Mountain Teacher's College, Jiangxi Ji'an 343009, China)

Abstract We report a new method of photoacoustic imaging with depth profiling, based on photoacoustic Fourier transform confocal scanning imaging, which can produce images of scattering medium such as tissue. The axial and transverse resolutions are 0.1mm and 4mm, respectively.

Key words photoacoustic imaging, confocal scanning, Fourier transform

1 引言

光声成像技术是近十几年来光声领域的一大研究热点,它是由光激发而用声来进行成像,因此在对强散射物质(如生物组织)的非侵入性层析成像的研究方面呈现出显著的优势.先后出现了相敏探测方法^[1,2]、Hadamard 变换光声成像技术^[3-7]、相控聚焦(In-Phase focus)光声成像技术^[8]和类似CT的图像重组技术^[9]等,得到了很好的光声层析成像图,纵向分辨率可达十几 μm 量级,横向分辨能力达0.1mm量级,成像深度可达1cm^[8].本文介绍一种新的光声成像方法——基于傅里叶变换的共焦扫描成像技术.其原理直观,纵横向分辨率高.

2 实验方法

实验装置如图1所示,光源为美国Spectra Physics公司生产的Nd:YAG激光器(Model:PRO-230),经过倍频后发射波长为532nm、脉冲宽度为5ns的脉冲激光,样品是一约30mm长、30mm宽、6mm厚的猪

瘦肉组织块,实验中将一些直径约1mm、厚度约为0.02mm的小薄碳片预埋于组织中心区域作为光吸收体.样品固定放置在紧贴水槽前壁的竖直平面上,样品产生的光声信号经过耦合介质(水)由一傅里叶变换器(FTM)变换到像面上,FTM的孔径为40mm.在像面上水平放置一宽带PVDF水听器,用来检测样品产生的光声信号.水听器的有效截面为1mm,灵敏度为950nV/Pa.水听器可在像面上作二维扫描.水听器的输出信号经耦合器(coupler)送入放大器(amplifier)进行放大,水听器和放大器均由英国精密声学有限公司生产(Model:Hydrophone Booster Amplifier, 50kHz—125MHz),再由示波器(Model:TDS220)进行监视,然后送入BOXCAR积分器(美国Stanford Research System Inc.公司生产 Model:SR250)进行处理,最后由数据采集卡(ADC Model:AVANTECH PCL-818HG)送入计算机进行图像重建.计算机同时发出二维扫描驱动信号给扫描平台.

* 广东省自然科学基金(批准号:980046)和广东省教育厅自然科学基金资助项目)
2001-04-02收到初稿,2001-05-21修回

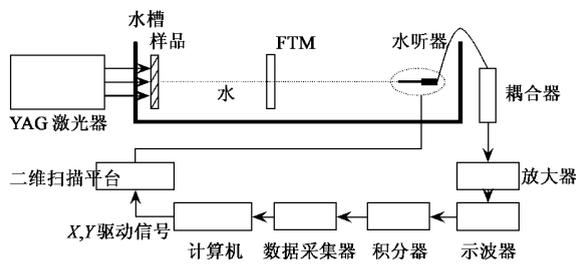


图1 实验装置

3 信号处理及图像重建

我们通过示波器观察样品吸收光脉冲而激发的光声信号。图2为我们观察到的猪瘦肉中预埋碳图样产生的光声信号波形，脉宽约250ns，相对触发信号延时约100 μ s。当水听器在垂直于FTM的平面内逐点扫描时，示波器上观察到波形将有小范围的前后移动，经过轴上点时延时最短，偏离轴后延时增大，波形后移。图3显示了猪瘦肉组织中埋一直径约1mm的小薄碳片的光声共焦扫描偏移轴2mm时的波形后移情况，约比水听器在轴上点时延时了30ns，并伴有强度减弱，若扫描偏移轴4mm时，则测到的光声信号比在轴上点时延时近60ns，且强度基本减小至零。这种信号偏移正是产生像差的主要原因，它可以通过选取适当的BOXCAR门宽来加以改善。将光声信号送BOXCAR积分器进行处理，BOXCAR门宽为10ns。在24mm \times 24mm的范围内进行逐点扫描，每步0.1mm，每行也相距0.1mm。扫描及成像处理由用Visual C++ 6.0软件编写的程序来自动完成，每幅光声成像图是由240 \times 240点阵元素构成。

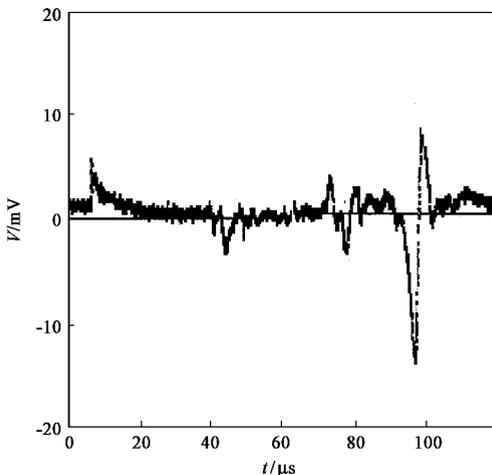


图2 光声信号波形

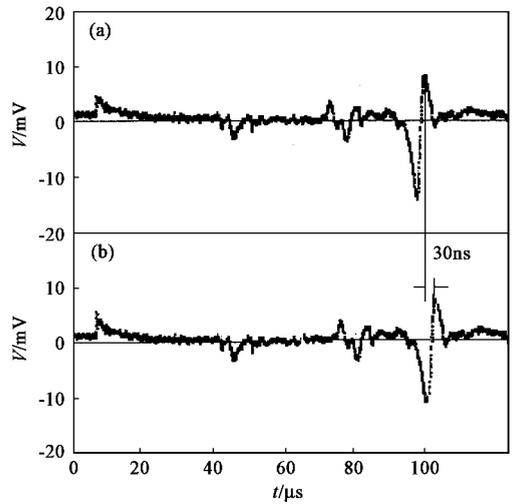


图3 水听器扫描时光声信号的波形移动
(a)水听器在轴上 (b)水听器在轴外

4 实验结果及分析

4.1 结果

我们对不同的样品图案进行了共焦扫描光声成像，得到了图4的结果。图4(a)是小薄碳片吸收源的光声像，小薄碳片的直径约1mm。图4(b)是一条形碳吸收源的光声像，条形碳吸收源的宽度也约为1mm。在图4(a)和(b)的情形下，让水听器沿FTM轴向前移或后移0.045mm，就得不到小碳片的光声像。

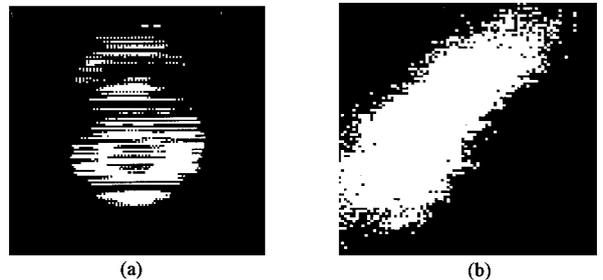


图4 光声层析成像图
(a)小碳片吸收源的光声像 (b)条形碳吸收源的光声像

4.2 分析

从图4(a)(b)可以看出，共焦扫描光声成像技术成像清晰，横向分辨率达4mm。若改善FTM，增大其孔径，则根据波的衍射理论，可提高横向分辨率。由于水听器沿FTM轴向前移或后移0.045mm，我们就得不到小碳片的光声像，说明共焦扫描光声成像技术可实现层析成像，其纵向分辨率达0.045mm。

5 结束语

光声共焦扫描成像技术作为一种新的层析成像技术,其原理直观,分辨率较高,图像清晰,必定会在组织检测、医疗及生物化学等领域有着广泛的应用前景.

参 考 文 献

[1] 罗森威格 A 著.光声学及光声光谱.北京:科学出版社,

1986[Allan Roewaig. Photoacoustic and Photoacoustic Spectroscopy. Beijing: Science Press, 1986 (in Chinese)]

[2] Chen L *et al.* Phys. Lett., 1987, A(4):149

[3] Fateley W G *et al.* Applied Spectroscopy, 1993, A7(9):1464

[4] Wei L H *et al.* IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 1986, 501

[5] Courfal H *et al.* Applied Optics, 1982, 21(1):116

[6] Courfal H *et al.* Applied Optics, 1982, 21(13):2239

[7] Liu Kei-Lee K *et al.* Applied Spectroscopy, 1991, A5(10):1717

[8] Hoelen C G A *et al.* Optics Letters, 1998, 23(8):648

[9] Kruger R A *et al.* Med. Phys., 1995, 22(10):1605



·物理新闻·

智力是什么？

(What is Intelligence ?)

对“智力是什么”这个问题,似乎心理学家应该要比物理学家更关心一些,但最近瑞士 Fribourg 大学的 J. Wakeling 和英国帝国大学 P. Bak 两位物理学教授却认为智力不是一个抽象的概念,应该将它看成是一种物理现象.

他们表示,对于智力下任何定义都不能忽略生物存在的环境,其中还包括生物自身所具有的体能.按照他们的观点,确定一个生物体智力的强弱,实际上是反映出当他们在面对周围环境所提出的各种问题时,解决问题的能力的大小.

为了进一步阐明智力的含义,首先要考虑如何将脑的功能与身体区分开,如果我们能构造一个台式计算机,将它比拟为一个无躯体的人脑,然后用它来测试脑的功能.为此研究者们采用了一种称为“微脑(mini-brains)”的人工神经网络的计算机模拟程序.模拟时让 251 个微脑去选择一条不大众化的路径,也就是说对路径作 0 与 1 的选择,这就像让 251 名摩托车驾驶员去选择不太拥挤的道路一样.这种“少数者游戏(minority game)”可以连续地重复进行.

每一个微脑有三个层次的神经元组成,第一层是“输入神经元”,它们的功能是确定能记忆住多少过去曾试探过的路径,并将结果引入到“中间层神经元”,接着由“中间层神经元”进行分析后输入给“输出神经元”,由它对路径做出选择.若选择发生错误,微脑的功能停止,同时由于这个错误的答案要减少神经元间的联系强度.

研究者们对这些微脑赋予了相同的能力,类似于给所有摩托车手具有同样判断道路的技巧,模拟结果使研究者颇为惊奇,在这种情况下,没有一个微脑的正确选择率会超过 50%,这就像投掷硬币得到的统计结果一样,也就是说,这些微脑的智力是相等的.只有当他们引入了一个“无赖微脑(rogue minibrain)”,该微脑具有较多的“中间层神经元”来分析过去走过的路径,它的正确选择性就大大超过 50%.这个模拟告诉我们,所谓“智力”的高低,从物理学的角度来看,实际上是反映生物在利用和分析各类数据方面的能力.

(云中客摘自 Phys. Rev. E, Nov. 2001)