

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0694-02

鼠眼睛前段光学相干层析成像

邵永红, 何永红, 马 辉, 王淑霞

(清华大学深圳研究生院光学成像与传感实验室, 广东 深圳 518055)

摘要: 设计了中心波长为 830nm 的光学相干层析 (OCT) 系统, 系统采用傅里叶域光学延迟线, 成像深度为 3mm。实验结果表明: 系统纵向分辨率为 16 μ m, 横向分辨率约为 18 μ m。利用该系统分别获得了晶状体混浊和正常老鼠眼睛前端的 OCT 图像。

关键词: 光学相干; 层析; 成像

中图分类号: R445

文献标识码: A

Imaging Mouse-eye-forepart by Optical Coherence Tomography

SHAO Yong-hong, HE Yong-hong, MA Hui, WANG Shu-xia

(Laboratory of Optical Imaging and Sensing, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: An optical coherence tomography (OCT) system with center wavelength of 830nm is designed. The Fourier-domain optical delay line with the scan depth of 3mm is used in the system. The experimental results demonstrate that the system can achieve an axial resolution of 16 μ m and lateral resolution of 18 μ m. The OCT images of the normal and turbid cornea mouse-eye-forepart are achieved experimentally by using this system.

Key words: optical coherence; tomography; image

1 引言

光学相干层析成像是一种非接触、无损伤成像技术, 能够对生物组织实时活体成像。其成像分辨率达微米量级, 灵敏度能够大于 110dB, 成像速率达到视频要求 (>30 幅/s), 在高散射生物组织中成像深度可达 3mm^[1]。OCT 是结合了空间门、相干门及其他形式的门技术。通过扫描迈克尔逊光纤干涉仪参考臂的光程延迟作为信号提取的相干门, 测量光子返回时间和后向散射强度, 利用宽带光源的短程相干特性对活体组织内部结构断层成像。David Huang 等^[2]首先利用这一技术获得人眼视网膜细微结构和冠状动脉壁结构 OCT 图像, Schmit 等^[3]测量了生物组织光学特性参数, Fujimoto 等^[4]实现了 OCT 在眼底检测临床应用, 人们利用 OCT 检测哺乳动物的大脑皮层、口腔、牙齿、胃肠道及消化道等方面, 已取得了较好的实验结果^[5-8]。

本文采用快速扫描光学双延迟线方案, 设计了光学相干层析成像系统, 中心波长 830nm, 成像深度约为 3mm, 纵向分辨率为 16 μ m, 横向分辨率约为 18 μ m。利用该系统对晶状体混浊和正常的老鼠眼睛前端进行了检测, 获得了清楚的光学二维图像, 结果证明该系统能够用于眼睛前端临床检测应用。

2 傅里叶域光学延迟线原理

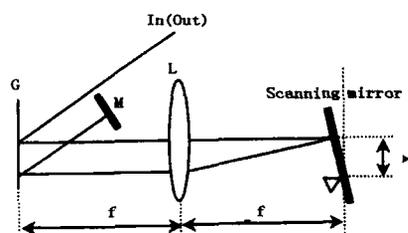


图 1 傅里叶域光学延迟线结构图

Fig 1 schematic of the Fourier-domain optical delay line

傅里叶域光学延迟线由光栅、傅里叶变换透镜、扫描镜和折叠镜构成, 如图 1 所示。当扫描镜绕支点摆动时, 系统探测器探测信号强度变化, 对探测的强度信号进行图像重构处理, 形成样品结构图像。由于扫描镜摆动过程中产生了轴向平动效果, 产生了光线的位相延迟^[1] $l = 4x$, 其中 x 为扫描镜摆角, x 为支点到光轴距离。由于光栅的色散, 使光束产生了横向偏移, 产生了群延迟^[1], $l_g = 4x - 4f_0/p$, 其中 f_0 是透镜焦距; λ_0 是光源中心波长; p

作者简介: 邵永红 (1972 -), 男, 清华大学博士后, 主要从事光学相干层析成像技术及其应用研究。E-mail: heyh@sz.tsinghua.edu.cn
收稿日期: 2006-02-08; 修订日期: 2006-03-13

是光栅周期。

3 实验系统

OCT系统如图 2所示,系统采用 DenseLight公司的 SLD 宽带光源,其中心波长为 830nm,谱宽 20nm,采用均衡探测模块,Labview控制软件实现自动控制,纵向扫描光程约为 3mm。

系统纵向分辨率的测量:实验中通过测量常规盖波片上下两界面干涉信号包络估算系统纵向分辨率。将盖波片置于载物台并微调载物台,使 OCT探测信号达到最强,测得两表面干涉信号如图 3所示。图中两个包络为两个表面,由于光腰位置更靠近上表面,因此上表面信号略强。由于包络半峰值强度间点数约为 80点,系统每点代表的深度为 0.2 μm ,因此其纵向分辨率为 16 μm 。系统横向分辨率由光斑大小决定,样品臂采用放大倍数为 2.5 的光学系统,样品中光腰直径约为 18 μm 。

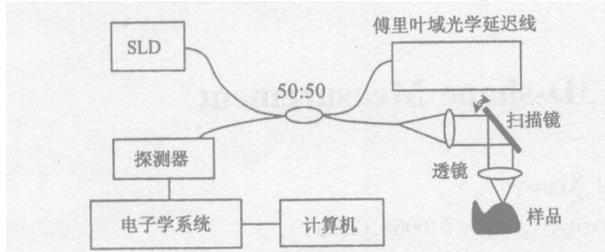


图 2 OCT系统示意图

Fig 2 schematic of the OCT system

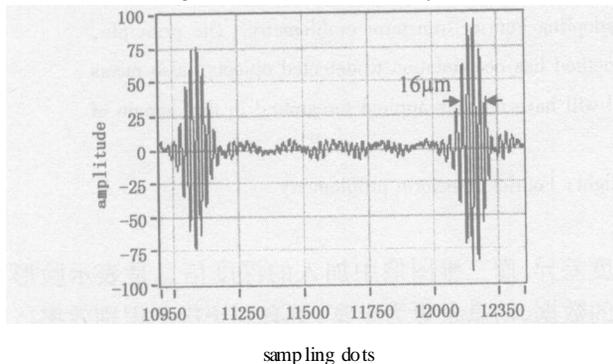


图 3 盖波片表面 OCT信号包络

Fig 3 OCT signal envelope of the covering plate

4 实验结果

实验中,以正常老鼠眼睛和死亡 12h后老鼠眼睛为测量样品,图 4 (a)为正常老鼠眼睛前段 OCT图像;图 4 (b)为死亡 12h后老鼠眼睛前段 OCT图像,晶状体出现强反射光信号,表明晶状体变混浊,散射系数增加了。图中,A为巩膜,B为虹膜,C为晶状体。

5 结论

本文设计了中心波长为 830nm OCT系统,实验证明该系统纵向分辨率达到 16 μm 。将本系统用于老鼠眼睛前段检测研究,获得了清楚的 OCT图像,并且可以清楚地观察到晶状体的混浊现象。OCT这种非接触高分辨的技术特点,有利于对临床疾病

的检测、诊断等应用。

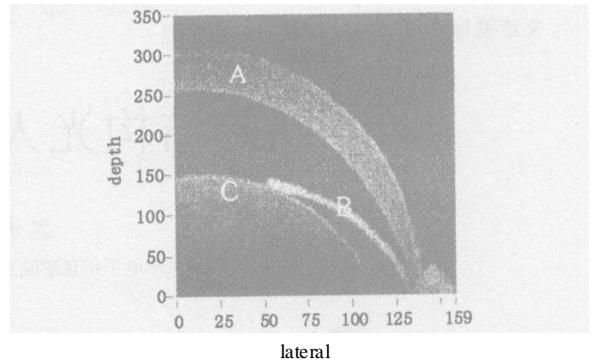


图 4 (a)正常鼠眼睛前段 OCT图像

Fig 4 (a)OCT image of normal mouse-eye-forepart

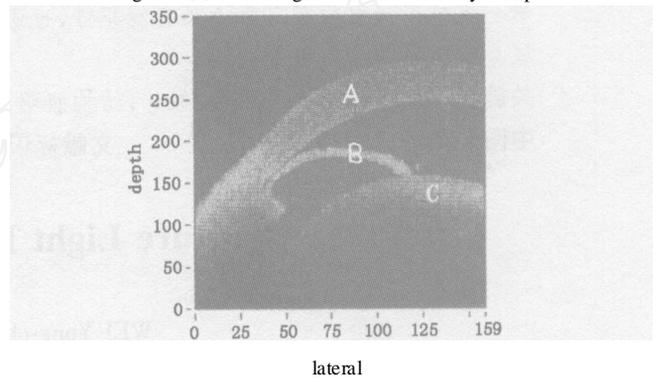


图 4 (b)死亡 12h后老鼠眼睛前段 OCT图像

Fig 4 (b)OCT image of dead mouse-eye-forepart after 12 hours

参考文献:

- [1] Andrew M Rollins, Manish D Kulkarni, et al In vivo video rate optical coherence tomography [J]. Opt Express, 1998, 3 (6): 219 - 229.
- [2] D Huang, E A Swanson, C P Lin, et al Optical coherence tomography[J]. Science, 1991, 254 (11): 1178 - 1181.
- [3] J M Schmitt, A Knuttel, R F Bonner Measurement of optical properties of biological tissues by low-coherence reflectometry[J]. Appl Opt, 1993, 32 (30): 6032 - 6041.
- [4] E A Schuman, C A Puliafito, J G Fujimoto In vivo retinal imaging by optical coherence tomography [J]. Opt Lett, 1993, 18 (4): 1864 - 1866.
- [5] F I Feldchtein, G V Gelikonov, et al In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity [J]. Opt Express, 1998, 3 (6): 239 - 250.
- [6] A sheesh Divetia, et al Dynamically focused optical coherence tomography for endoscopic applications [J]. Applied Physics Letters, 2005, 86, 103902.
- [7] Robert S Jones, Michal Staninec, Daniel Fried Imaging artificial caries under composite sealants and restorations [J]. Journal of Biomedical Optics, 2004, 9 (6): 1297 - 1304.
- [8] Karin Wiesauer, Michael Pircher En-face scanning optical coherence tomography with ultra-high resolution for material investigation [J]. Opt Express, 2005, 13 (3): 1015 - 1024.