

谱域光学相干层析的图像重构

■夏建华/厦门泉厦科技有限公司

摘要: 光学相干层析成像技术(OCT)是20世纪90年代提出的一种新型的成像技术。谱域OCT是基于迈克尔逊干涉仪,采用宽带光源,利用线阵CCD采集干涉条纹数据,通过傅里叶变换数据处理实现对样品的成像。这项技术具有高分辨、非入侵、无辐射损伤、高灵敏度等特点。本文主要介绍谱域光学OCT系统及其原理、离散傅里叶变换及MATLAB软件编实现方法、图像高通滤波和图像边缘增强的图像处理等方法。用实验获得的干涉图样数据,在MATLAB软件平台上编程,实现了对数据的傅里叶变换处理,获得了玻璃板上纸张的层析图像。通过图像的高通滤波处理,实现了图像的边缘增强,对重构图像进行了优化处理。

关键词: 光学相干层析 谱域 图像重构 图像边缘增强

1991年MIT的Huang等人在《自然》杂志上发表了一篇题目为“Optical Coherence Tomography”的文章,OCT就一直被研究者作为热点关注。该技术可以获得物体的细微结构的高分辨率横截面图像。这项技术基于迈克尔逊干涉原理,当光束聚焦照射到组织之后,运用干涉测量法可以测量到不同深度的内部结构发射光的光程差。光束照射样品后,对于不同地方的采取逐行轴向扫描测量,进而得到图像信息,生成2-D背向散射图像或者反射图像,来得到样品内部的细小结构。正是它的无辐射损伤,非入侵的特点,使得OCT逐渐在国内外的医学生物检测被广泛使用。

但是在进行图像的重新构建过程中,由于信号中的背景噪声、背景噪声、探测器CCD噪声、光子噪声、 $1/f$ 噪声的影响,使得成像质量较差。所以本文主要对SD-OCT所采集到的信息进行处理,重构样品的深度结构,以及对成像图像进行的后期处理提高图片质量进行探究。

1 频域OCT基础理论

1.1 谱域OCT原理

频域OCT的原理基于迈克尔逊干

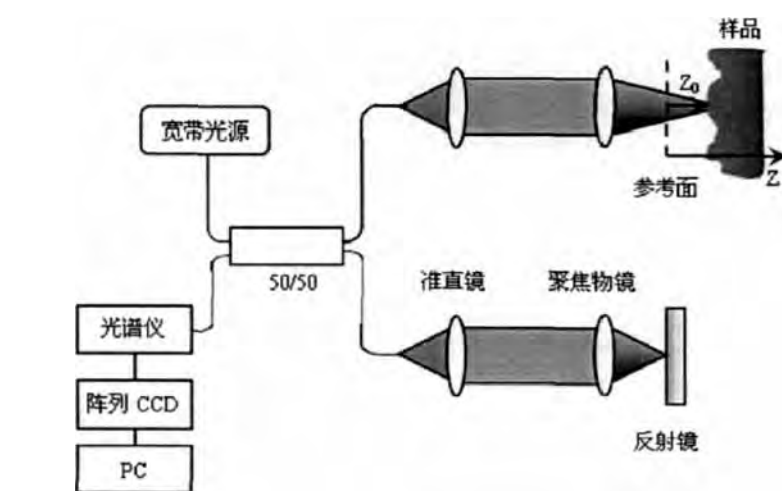


图1 SD-OCT结构示意图

涉仪,当从参考臂中反光镜的反射光和样品臂中样品反射回来的光相互干涉后,被分光光谱仪分为各个波长的光谱新号,然后CCD将信号接收,接着进行快速傅里叶变换后,就能够得到所测样品的深度信息。

用系统的样品臂对样品进行逐行横向扫描,然后将各个横向扫描处所采集到的干涉光谱新号用傅里叶变换处理产生图像,最后将所有的图像拼接起来,就可以产生样品的横截面图像。所以在频域OCT中只要对样品进行横向扫描(B-scan)就可以得到样品的二维信息,而不需要和时域OCT系统中那样,将参考臂机械式的轴向扫描(A-scan)。

1.2 二维傅里叶逆变换

在SD-OCT系统中,计算机所存储的数据为样品相应的频谱数据,而由上述的原理可知,实现对样品的图像重构还需要对数据进行傅里叶逆变换。在这里介绍运用傅里叶逆变变的原理。

由于系统在计算机中储存的数据为一个二维频谱矩阵,所以我们只需要将矩阵中的数据代入公式进行计算,就能够得到样品图像的二维矩阵。这一操作主要在电脑中运用MATLAB软件编实现。

2 图像处理方法

层析图像是由光照射到样品后,样品的隔层结构的后向散射光与参考光干涉后的干涉光谱分析后所得到。

这样光谱就算在滤波后信噪比也会较低,造成图像的模糊,所以需要对重构的层析图用计算机进行进一步处理,使得图像更加的清晰。所以在这一章中对图形优化处理中的一些方法进行介绍。

2.1 图像边缘增强

图像中的边缘为它周边的像素灰度发生很大变化的那些像素点的集合,它是图像的一个重要特征。边缘存在于图像目标、图像背景和各个区域变化之间,所以,边缘是层析图结构识别所要参考的最重要的依据。对于层析图,我们所想要得到的是不同层次的范围,也就是想要在图片中看到各个层次的边缘。所以我们要加强图像的边缘使得边缘更加明显。

检测模板的作用是图像中某点处的右侧灰度值和它左侧点的灰度值作差,用这个差值来做为该点的灰度值。在灰度值相差不大处,此处理使得该点的灰度值近乎为0;而在图像边缘处,灰度值有将会产生较大的跃变,使得边缘附近处的灰度值较大,使边缘更加明显。这种模板就可以成为一种边缘检测工具。在数学中边缘滤波器为一种梯度的滤波器,又被称边缘算子。而梯度是有方向的,对于不同走向的边缘我们可以使用与边缘走向正交的模板来检测其边缘。

2.2 图像的高通滤波

对于层析图像,我们想要得到的是

不同层次结构的范围,即想要在图片中看到各个层次的边缘。图像的边缘信息主要在高频部分,所以我们要通过高频滤波去掉图像中的低频分量而保留图像中的高频分量。常见的高频滤波器有:理想高通滤波器、高斯高通滤波器。

3 层析图的重建

3.1 原始信号的滤波方法

影响层析图像质量的一个重要因素是噪声,而高噪声层析图像将无法分辨我们所想要的层析结构。所以我们需要尽量减少噪声对图像质量的影响。

在谱域 OCT 中的噪声主要为背景噪声、光子噪声、探测器 CCD 噪声。这本文中主要将消除背景噪声。

CCD 采集到的数据将会以矩阵的形式储存在电脑中。因为采集到的数据为频谱数据,所以我们可以直接对数据进行傅里叶逆变换,就可以获得层析图像。但是由于背景噪音的存在,所以直接对数据进行处理得到的层析图会比较模糊。为了得到较为清晰的图像,我们需要对频谱数据进行滤波,消除数据中的背景噪声。

现有的能够对背景噪声进行消除的方法有五种:遮挡光路法、偏置位移法、一步相移法、总体平均法和除光谱法。本文中将运用中值滤波法滤去数据中的背景噪音。对于数据的处理我们主要将用到 origin75 以及 MATLAB 软件。

3.2 基于 MATLAB 的层析图像重建及优化

基于上文的阐述,本小节将进行:(1) 频谱数据进行图像重构;(2) 对重构后的图像进行高通滤波以及边缘增强,以改善图像的质量。

由于使用离散傅里叶变换计算量过于大,所以在计算机中用 MATLAB 进行处理数据时使用傅里叶快速算法。在这里我们预先对原始频谱数据进行滤波,生成滤波后的频谱数据,然后对两组数据分别进行图像重构,得到层析图。原始频谱数据图像重构后为图 2,滤波后的图像重构为图 3。

在完成对层析图像的重构之后,我们接着对重构后的图像进行构图滤波以及边缘增强,以增加图像质量。高通滤波后的图像为图 4,边缘增强后的图像为图 5。



图 2 原始数据层析图



图 3 中值滤波后的层析图

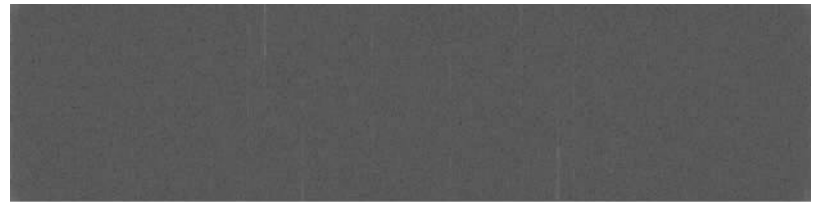


图 4 对层析图进行高通滤波

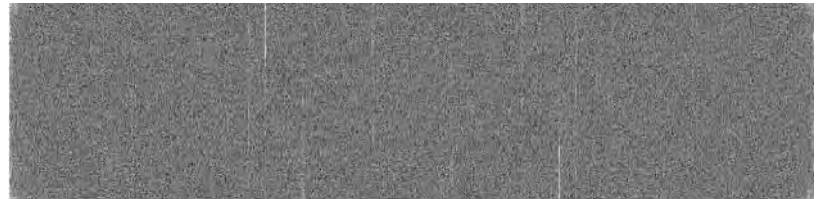


图 5 高通滤波后再进行边缘增强的层析图

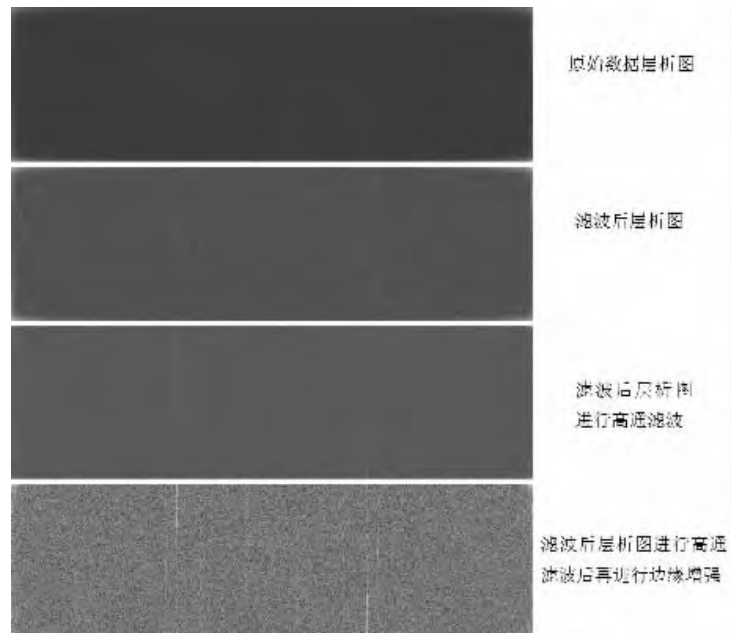


图 6 各层析图的对比

4 结 语

图 6 是各种方法处理过后的层析图的对比。由图片可以看出本文所提的方法可以将样品的层析图较好的呈现

出来。而且用本文所提供的边缘增强方法可以使得边缘更加的清晰,明显改善了图像的质量。这将会对用谱域 OCT 对病情的检测提供更好的依据。