

# 利用下一代医学成像技术以及 PXI 模块化仪器系统与 NI LabVIEW 进行进展性癌症研究

## 作者:

Kitasato University 基础科学中心 (Kohji Ohbayashi, D. Choi 等) NI 供稿

“来自 NI 公司的 PXI 平台，凭借其同步功能、微小尺寸和模块化特性，实现了对高通道数数据采集的支持。”

OCT 是一种非侵入式成像技术，它提供半透明或不透明的材料的表下、断层图像。OCT 图像使我们可以以与一些显微镜相近的精度可视化地展现组织或其他物体。OCT 越来越受到研究人员的关注，因为它具有比核磁共振成像(MRI)和正电子发射型断层成像(PET)等其他成像技术高很多的分辨率。此外，该方法不要求我们作其他准备，而且对于患者非常安全，因为我们使用的激光输出能量非常之低并且无需使用电离辐射。

OCT 利用一个低功耗光源及其相应的光反射以创建图像，该方法类似于超声，但我们监测的是光波，而不是声波。当我们将一束光投射在一个样品上，其中大部分光线被散射，但仍有小部分光线以平行光的形式反射，这些平行光可以被检测到并用于创建图像。

## 高级别系统概览

我们的任务便是利用光学解复用器创建一个高速傅立叶域 OCT 系统，以支持来自以 192.2 THz 为中心频率、频率间隔为 25.0 GHz 的宽带入射光（波长为 1559.8 nm）的 256 个窄频带的分隔。频谱分离使得 PXI-5105 数字化仪的 256 个高速模数转换器（ADC）通道能以 60 MS/s 的采样率进行数据采集，并对所有的频带进行同步检测。

我们的系统包含 32 块 8 通道的 PXI-5105 数字化仪，它们分布在三个 18 槽的 NI PXI-1045 机箱上。我们利用 NI PXI-6652 定时与同步模块和 NI-TC1k 同步技术，实现不同机箱上的数字化仪的同步，它提供了数十皮秒精度级的通道间相位同步性。我们选用 PXI-5105 是因为其高通道密度——每块板卡八个输入通道，这样使得 256 个高速通道的系统保持较小的外形尺寸。当我们完成数据采集之后，我们利用 LabVIEW 进行数据处理和可视化展示。

利用傅立叶域 OCT 系统中的光解复用器充当频谱分析仪，实现了每秒六千万次轴向扫描的 OCT 成像。利用一台共振扫描装置进行帧速率为 16 kHz、每帧 1400 A-线和 3 毫米深度范围的左右扫查，我们的 OCT 成像展示了 23  $\mu\text{m}$  的精度。

## 系统深度描述

在我们的系统中，所采用的光源是一个宽带超发光二极管（SLD，由 NTT 电子提供原型产品）。我们利用一个半导体光放大器（SOA，来自 COVEGA 公司，BOA-1004 型）放大该 SLD 的输出光信号，并利用耦合器（CP1）将其等分导入到样本支路和参考支路。我们调整 SOA1 的输出光信号强度，使得样本信号的功率为 9 mW，以满足 ANSI 的安全限制。我们的系统利用一个准直透镜（L1）和一个物镜（L2），将样本支路光信号导入到采样点

(S)。我们使用一个共振扫描装置 (RS、光电产品、SC-30 型) 和一个电镜 (G, 剑桥技术出品, 6210 型) 扫描采样点的光束。我们的系统利用光照明光学收集来自采样点的后向散射或后向发射的光信号, 并利用一个光循环装置 C1 将其导入至 SOA2 (来自 COVEGA 公司, BOA-1004 型)。我们通过一个耦合器 CP2 (耦合比为 50: 50) 整合 SOA2 的输出信号与参考光信号。该参考支路由光循环装置 C2、准直透镜 L3 和参考反射镜 RM 组成。

我们的系统利用两只光解复用器 (OD1 与 OD2) 分离 CP2 的输出信号, 以实现平衡检测。它利用平衡图片接收装置 (来自 New Focus 公司, 2117 型) ——共有 256 个图片接收装置, 检测来自这两个 OD 的具有相同光频率的输出信号。它利用前述快速多通道 ADC 系统的 32 块 PXI-5105 数字化仪, 检测来自图片接收装置的输出信号。所采集数据在单次采集过程中存储于数字化仪的板载深度存储器中, 然后传输至计算机供分析。

就同步检测干涉频谱而言, OD-OCT 与 SD-OCT 相似。其差别在于 OD-OCT 同时在不同频率以数据采集速率检测整个干涉图谱, 而不是像 SD-OCT 那样——在某个时间跨度内累计输入到 CCD 检测装置中。因而, 它根据数据采集系统的数据采集速率——在现有系统中该速率高达 60 MHz——来确定轴向扫描速率。共振扫描装置的 16 kHz 速率确定了帧速率。我们仅使用了一个扫描方向进行数据采集 (50% 的占空比), 从而得到每帧的采样时间为  $31.25 \mu\text{s}$ 。该系统在每帧中获得 1875 次轴向扫描; 然而, 由于共振扫描装置的左右扫描呈高度非线性, 我们仅使用了 1400 次轴向扫描, 舍弃了 475 次轴向扫描。

## 研究结果

我们将动态范围定义为点扩散函数 (PSF) 的峰值与样本支路畅通时的背景噪声间的比值。我们根据结果估计, 动态范围在各种深度下均约为 40 dB 并随着深度加深略有下降。OD-OCT 的一个技术优势在于 AWG 的每个通道所检测的频带宽度小于 25 GHz 的频率间距。40 dB 的动态范围基本足够生物组织的测量。

我们利用中性密度滤光镜将发射光衰减了 39.3 dB。粗实曲线是在阻塞样本光信号的情况下测量所得的背景噪声。由这些数值确定的敏感度按照右手侧的垂直刻度标示。

图像的渗入深度约 1 毫米, 浅于通常利用 SS-OCT 或 SD-OCT 获得的 2 毫米渗入深度。这是由低敏感度决定的。为得到一幅 3D 图像, 需要大量的 OCT 截面。受限于存储器的大小, 我们把采样率降至 10 MHz。

我们在 Kitasato University 的研究团队能够创建世界上最快速的 OCT 系统, 其轴向扫描速率高达 60 MHz。该研究的根本目标在于帮助患者提高癌症检测速度并改善其生活质量。为了创建这一系统, 我们整合了三项创新技术。第一项技术来自 NTT 技术公司, 我们将它用作宽带光源。第二项技术便是由光解复用器和平衡图片接收装置组成的信号调理系统, 它使得我们的系统能够检测 256 条窄频带。

最后一项技术是来自 NI 公司的 PXI 平台, 凭借其同步功能、微小尺寸和模块化特性, 支持高通道数的数据采集。利用 PXI 平台的模块化特性, 我们的团队能够最初从 128 通道扩展到 256 通道。该平台还支持将系统扩展到更高的通道数。随着该平台利用高性能仪器扩展功能并利用快速 PXI 提高数据传输速率, 我们可以满足未来的需求并持续推进我们的研究。