高灵敏度荧光药代动力断层成像系统

高峰[1,2] 张丽敏[1,2] 刘东远[1,2] 邢凌秀[1] 孙文菁[1]

（1.天津大学精密仪器与光电子工程学院，天津 300072；2. 天津市生物医学检测技术与仪器重点实验室，天津 300072）

摘要：荧光药代动力断层成像（Pharmacokinetic Fluorescence Molecular Tomography, P-FMT）是一种动态检测组织体内荧光剂浓度变化的光学成像技术，具有无创、安全、灵敏度高等优点，对肿瘤组织的在体早期诊断具有重要的应用价值。为实现更准确的荧光剂浓度变化测量，天津大学高峰教授课题组聚焦搭建出一套结合多源探布配方案与锁相光子计数检测的高灵敏动态测量系统用于荧光药代动力断层成像。经过静态仿体和肿瘤小鼠实验、动态仿体和健康小鼠吲哚菁绿(Indocyanine Green，ICG)肝代谢实验以及 ICG 尾静脉注射小鼠肿瘤组织的实验验证，证明了该系统具有良好的动态检测性能，有望进一步推动 P-FMT 在肿瘤研究应用的发展。

关键词 荧光药代动力断层成像；动态系统；多源探并行测量；锁相光子计数检测

中图分类号：TN219 文献标识码：A

A high-sensitive pharmacokinetic fluorescence molecular tomography system

GAO Feng[1,2], ZHANG Limin[1,2], LIU Dongyuan[1,2], XINH Lingxiu[1], SUN Wenjing[1]

(1. College of Precision Instruments and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin, 300072, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Biomedical Detecting Techniques and Instruments, Tianjin 300072, China)

Abstract: Pharmacokinetic fluorescence molecular tomography (P-FMT) is an optical imaging technique for dynamically monitoring changes in the concentration of fluorescent agents within biological tissues. It has the advantages of non-invasiveness, safety, and high sensitivity, and is of great value for the early diagnosis of tumor tissues in vivo. To achieve more accurate measurements of fluorescent agent concentration changes, Gao Feng's group at Tianjin University has developed a parallel, high-speed dynamic measurement system tailored to P-FMT. This system combines a multi-source probe configuration with lock-in photon counting detection. Through experiments involving static phantom and tumor mice, dynamic phantom and healthy mice indocyanine green (ICG) liver metabolism experiments and ICG tail vein injection into mouse tumor tissue, we have validated the excellent dynamic monitoring performance of this system. It holds the promise of

further advancing the application of P-FMT in tumor research.

Keywords: Pharmacokinetic fluorescence molecular tomography; Dynamic system; Multi-channel parallel detection; Lock-in photon-counting technique

1 引言

目前恶性肿瘤的诊断与治疗属于人类健康难题，而对其进行早期诊断及干预可有效提高其治愈率[1-6]。荧光药代动力断层成像（pharmacokinetic fluorescence molecular tomography, P-FMT）可描述生物组织对荧光剂的摄取、分布、代谢、 清除等时变过程，对肿瘤组织的在体早期诊断、分期以及药效评估等具有重要应用价值[7-14]。该技术要求测量系统具备快速采样能力，以捕捉生物体内快变化的荧光信号，但当前实验室发展的多数 FMT 测量系统需要较长扫描时间因而会丢失重要的药代动力学信息[15-16]。因此，研发出一套快速检测型 P-FMT 测量系统具有重要意义。

2 系统的设计与搭建

基于 P-FMT 对测量技术的要求，本文发展了一套结合多源探布配方案与锁相光子计数检测的并行速检型高灵敏动态测量系统用于捕捉小动物体内快变化的荧光信号，兼备高灵敏度、高时间采样率、高空间采样密度的特点，具备强劲实时的动态检测性能。其系统框图如图 1 所示。

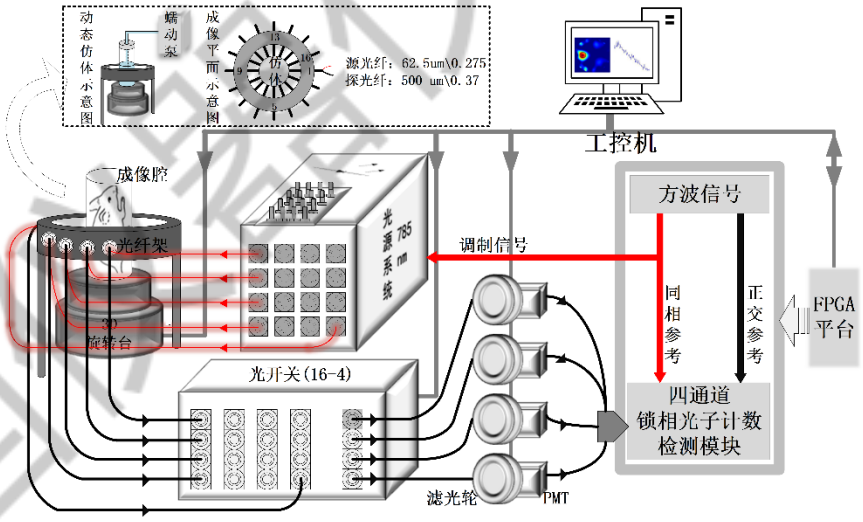

图 1 成像系统组成框图

2.1 光源模块

根据要实现快速测量和高的空间采样密度的需求，光源系统由 16 个中心波长为 785nm