

激光扫描激励荧光高效探测的考虑

侯方源

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 这篇论文主要就激光扫描激励图像板(IP)辐射荧光的收集,提高收集系统S/N比的方法和影响S/N比的主要原因提出了一些看法,以及提高系统S/N比的方法。

关键词 激光扫描 荧光 信噪比

1 前言

计算机X光成像仪(Computed Radiography 简称CR)是一种医学诊断用的数字成像技术。在CR系统中,有一种用可见光擦除的可重复使用的图像板(Imaging Plate 简称IP板),IP板可储存透过病人的X光能,形成潜像,用激光激励IP板,发射400nm左右波长的蓝光,激励发射与X光射线辐射曝光成线性关系。激励辐射的荧光,经过收集系统收集送入光电转换器件转换成电信号,再经A/D变换成数字化的信息,送入计算机。收集荧光的方法多种多样,CR系统涉及环节较多,影响系统S/N比的因素也较多。本文就一些常用的方法进行分析讨论。

2 激励辐射荧光收集器

用于CR系统中的激励辐射荧光收集器的结构形式也是多种多样。无论哪一种收集器都必须满足以下三点要求:

- (1) 收集效率必须很高,而且保持最佳的S/N比。
- (2) 闪烁辐射必须保持很低的允许值。
- (3) 在扫描长度范围内,收集效率应是一致的。

图1给出了CR系统中使用的两种激励辐射荧光收集器的结构形式;图1(a)中的圆柱形收集器,是美国柯达公司专利产品^[1]。收集器长381mm,直径114.3mm,圆柱管两端各有一

个 PMT(光电倍增管),圆柱管有两条平行于圆柱轴的狭缝,位于相对的边上,允许激励扫描束通过 and 蓝荧光发射进入。管的内壁用白色扩散涂料涂敷。收集器开缝长 15", 缝宽 0.150" 时,定位在高于荧光 0.040" 处,这样尺寸的入口孔径,允许大约 88% 的激励蓝色荧光进入收集器。圆柱收集器总的收集效率可达 62% ~ 76% 之间,闪烁辐射取决于扫描束的位置,其值范围在 2.9% ~ 4.8%。这种圆柱形收集器优点是入射孔径大,收集效率高;缺点是用两个 PMT,闪烁辐射与扫描位置有关,加工制作复杂。图 1(b) 示出光导收集器,它的优点是制作相对简单,一致性好,收集效率高;缺点是有死区。

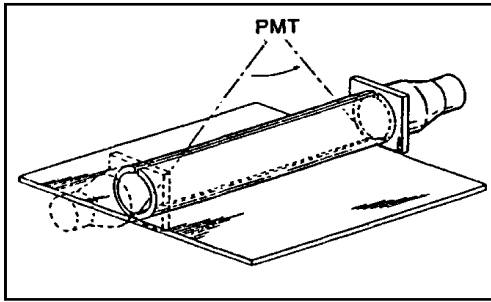


Fig. 1(a) Cylindrical collector with dual PMT

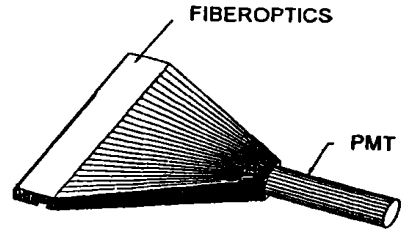


Fig. 1(b) Light guide collector

3 荧光收集器与 S/N 比的关系

显而易见,收集器的效率是决定系统信噪比的主要因素。收集器对 S/N 比的影响除了本身的结构,如图 1 中的圆柱形收集器的收集效率,对激励闪烁辐射的限制来提高 S/N 比,光纤排收集器除数值孔径,透过率等之外,还有一些方法来提高收集器的 S/N 比。如提高光纤排与激励荧光的耦合效率的光学系统,光纤排的光学机械布局,使进入光纤的荧光/激励光比增加(因为 IP 板激励荧光的布局有 $I = I_0 \cos \theta$ 的关系。 I_0 为 IP 板法线方向荧光的强度, θ 为与法线夹角)。

4 扫描激励光束与 S/N 的关系

扫描激励光的波长除了与激励荧光有密切关系之外,激励光的功率,形状与 S/N 比有直接的关系。在一定的范围,激励光的强度与 IP 板存储的 X 光能成线性关系。即激励光的强度与激励荧光发射成线性关系。在一定的扫描速度条件下选择一定功率,一定扫描束点的大小,对提高 S/N 比是有好处的。激励光过强,对荧光收集造成困难,降低了 S/N 比;激励光的二次反射也会对 IP 板造成激励,使 IP 板中的潜像逃逸。激励光过强,也会使扫描束点扩散,特别是 $1/e^2$ 高斯束;会影响到相邻未扫描的 IP 板潜像,这样势必会降低 S/N。

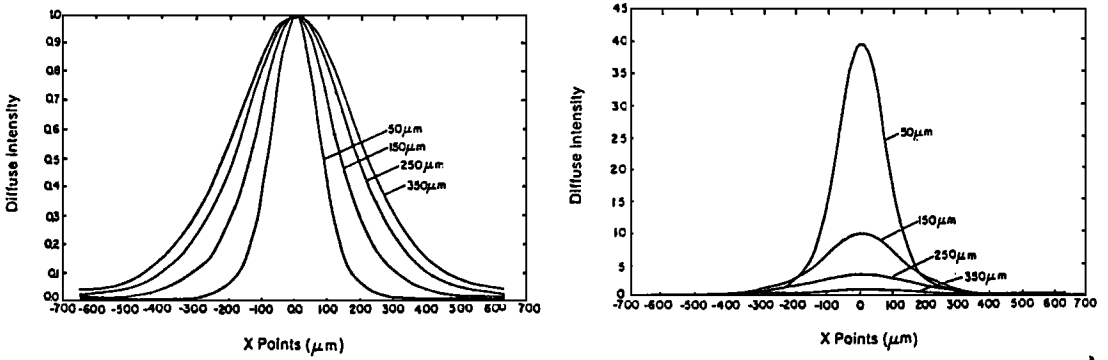


Fig. 2 Stimulating light vs. depth scattering

5 IP 与 S/N 的关系

光激励 IP 板的示意图如图 3 所示^[2]。

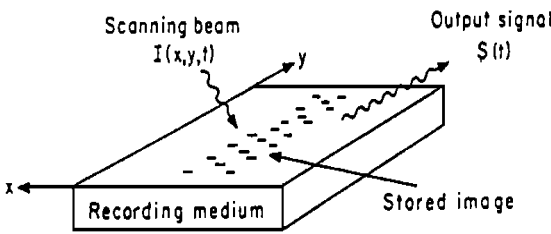


Fig. 3 Photosimulation

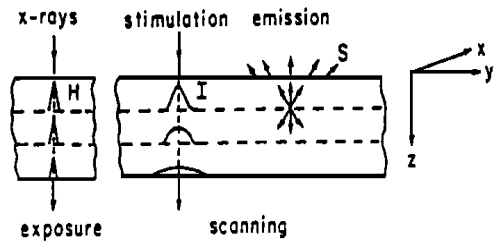


Fig. 4 IP stimulation and emission

图中 $I(x, y, t)$ 是激励扫描光束的强度, 它是位置 and 时间的函数, $S(t)$ 输出荧光信号, 它是在时间 t , 由扫描束激励释放出的光通量。

图 4 给出了 IP 板在 X 光曝光, 扫描光激励和荧光发射的示意图。

图中 $H(x, y, z, 0)$ 是 X 射线在最初 IP 板上形成的潜像, 而 $H(x, y, z, t)$ 就是在时间 t , 位置 (x, y, z) 剩余的潜像, 图中十分形象清楚地说明了 X 射线曝光在 IP 板上形成潜像, 激励光强在 IP 板上的分布, 荧光发射, 由图也可以看出, 潜像、激励光强度由 IP 板顶层表面发射的荧光信号 $S(t)$ 都是深度 z 的函数。在 IP 板的顶层, 当荧光散射的路程与 IP 板的荧光物质层厚度比小时, 荧光发射概率大; 接近 IP 板荧光物质中间层时, 激励的荧光“逃出”IP 板和返回 IP 板荧光物质低层被吸收的概率相等, 达到 50%; 随着深度的增加, 激励荧光还没有“逃出”IP 板的荧光物质间就被吸收。所以荧光发射概率迅速下降。吸收概率迅速增加。当 IP 板的表面涂有保护层时, 影响将更大。从信噪比的角度考虑, 这些情况都会造成不良的影响。

6 提高探测激励荧光 S/N 比的方法

提高探测激励荧光 S/N 比的方法很多。如选择高灵敏度高增益的 PMT, 选择高透过, 大数值孔径的光纤; 理想的滤光片; 低噪声前放等等方法。但这些方法都不能绝对提高荧光信号

的强度。

在实验中,我们注意到:IP板在一定激励功率和一定的扫描速度下,在多次读取后,才能把IP板上存储的 X 光能量读取干净。利用这一特性,可设法提高接收荧光信号的 S/N 比。其方法是:利用2~3次的读取信号,进行叠加求和,当然叠加时,每次读取时每个像素的时间,位置保持是一致的。这种方法的缺点是增加了读取时间和处理信息的工作量。另外,我们还知道:激励荧光有一定的时间寿命,其强度是按指数衰减。荧光时间寿命是 $0.8\mu\text{s}$ 。 $0.4\mu\text{s}$ 衰减50%。利用这一特性,我们可以在接收荧光时避开激励光造成噪声的这一主要影响,从而大大提高 S/N 比。

其方法是将每一行荧光信号的采样时间相对激励光扫描起始时间滞后 Δt 时间,这样就避免了激励光和激励荧光同时进入前置放大器。这种方法实现起来简单有效,只要将延迟时间选择好。

参 考 文 献

- 1 Michanel Brabdt. The design and performance characteristics of a collector for high efficiency detection of photostimulable emissions. Proc SPIE, 1993, 1896: 288295
- 2 Korn D M, Lubinsky A R, Owen J F. Storage phosphor system for computed radiography: destructive scanning. Proc SPIE, 1986, 628: 208218

Consideration of Collection and Detection with High Efficiency Utilizing Laser Scanning Stimulation Luminescence

HOU Fang-Yuan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper describes collection and detection of utilizing laser scanning stimulation imaging plate phosphor emission with high efficiency, to enhance detection S/N methods and main causes of influencing S/N .

Key words: Laser scanning, Fluorescence, Signal noise ratio

侯方源 男,1940年12月20日出生,副研究员,硕士生导师。1966年毕业于太原工学院无线电技术专业。在长春光机所工作至今,先后参加了“六五”,“七五”,“八五”国家重大攻关课题,目前承担“九五”国家自然科学基金课题,是图像板读取装置课题负责人。