

# 数字化 X 射线成像技术

刘东华 于勉

医学影像技术的起源要追溯到 1895 年 11 月 8 日伦琴发现 X 射线。传统的 X 射线照相是让通过人体的 X 射线打在胶片上,图 1 为胶片 X 光骨盆像。



图 1 X 光骨盆像

随着物理学、电子学、计算机科学的飞速发展,放射影像领域先后出现了一系列新的成像技术和设备,构成了当代新的影像技术,这些新技术的应用,不仅极大丰富了形态学诊断信息和图像层次,更为重要的是实现了图像信息的数字化。其中,CR 和 DR 是目前大中型医院放射科对常规 X 线机进行升级换代时的主要考虑对象之一,它们都以形成数字化图像为诊断依据,能实现医院 X 射线设备从模拟到数字的飞跃,但它们又有各自的成像方式和成像特点。

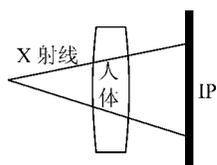


图 2

## 一、计算机 X 射线成像 (CR)

CR (computed radiography) 是将 X 射线信息记录在影像板 (image plate, IP) 上 (如图 2)。影像板上涂有掺杂 2

价铕离子 ( $\text{Eu}^{2+}$ ) 的氟卤化钡 ( $\text{BaFXEu}^{2+}$ ,  $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ), 它能将 X 射线携带的影像信息记录下来,形成潜影。当用 600nm 的激光照射影像板时,便能发出 400nm 的荧光,将贮存的 X 射线能量释放出来 (即读出影像信息) (如图 3), 并将其转换成数字信号输入计算机,这样一幅数字图像就形成了。图 4 为 CR 照片。

IP 板可重复使用,图像读取之后,IP 被送到一组强光灯下照射,目的是把 IP 上所有潜影全部消除,然后送入暗盒以备下次使用,其重复使用次数可

达 2 万~4 万次。

## 二、数字 X 线摄影 (DR)

DR (digital radiography) 成像技术,可分为直接数字化 X 线成像 (非晶硒),间接数字化 X 线成像 (非晶硅)。

直接数字化 X 线成像 将非晶硒 (Se) 涂在薄膜晶体管 (TFT) 阵列上,入射的 X 射线能量可直接转换成数字信号。非晶硒为光电材料,它将 X 射线转换成电子信号,当 X 射线照射非晶硒层时,产生电子-空穴对,在外加偏压电场的作用下,电子和空穴朝相反方向移动形成电流,电流在 TFT 的电容上积分成贮存电荷 (如图 5)。每一个 TFT 的贮存电荷与入射的 X 射线光子的能量相对应,这样每一个 TFT 就成了一个采集影像信息的最小单元,即像素。每个像素中还有一个起“开关”作用的场效应管。

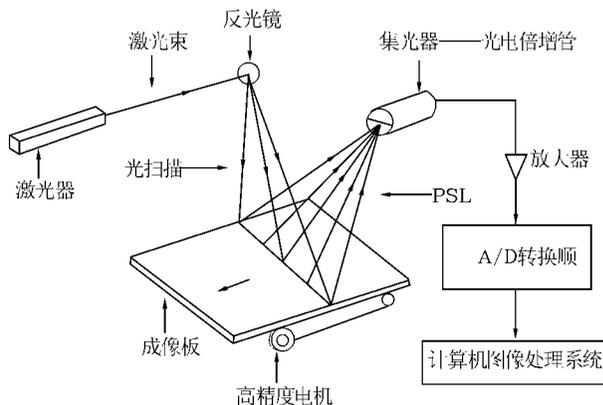


图 3 CR 系统影像读取原理示意图



图 4 CR 照片

诸多像素被安排成二维矩阵,按行设门控线,按列设图像电荷输出线 (如图 6)。读出时,哪一行被

给予电压，这一行的开关就被打开，电荷从被选中行的所有电容中沿数据线同时流出。像素信号经读出放大器放大后被同步转换成 14 位二进制数字信号，经一条电缆传送到系统控制台，在那里完成数字图像信息的贮存与处理，并在影像监视器上显示。

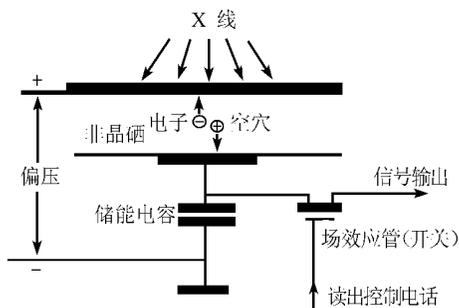


图 5 非晶硒平板探测器成像原理图

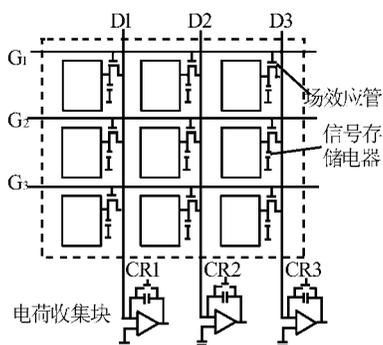


图 6 直接转换平板探测器的电路图

间接数字化 X 射线成像 非晶硅平板探测器是一种以非晶硅光电二极管阵列为核心的 X 射线影像探测器。它利用碘化铯 (CsI) 的特性，将入射 X 光子转换成可见光，再由具有光电二极管作用的非晶硅阵列变为电信号，通过外围电路检出及 A/D 转换，获得数字化图像(如图 7)。每个探测单元包括一个非晶硅光电二极管和起开关作用的场效应管。运行时，场效应管关闭，给光电二极管一个外部反向偏置电压，通过闪烁的可见光产生的电荷聚集在二极管上。读取时，给场效应管一个电压使其打开，电荷就会由二极管沿数据线流出，以电信号的形式读到信号处理单元(如图 8)。图 9 为用这种装置获得的数字 X 光图像。

非晶硅探测器是两步数字化转换过程，X 光子先变成可见光，再用光电管探测，这种技术的优点是动态范围好，是目前采用的主流技术。非晶硒探测器的像素尺寸小，空间分辨率高，X 线光子在硒层变成电信号后直接被探测，没有 X 线转换可见光的过程，因而能量损失极小，是今后的发展方向。

可以预见，数字化 X 射线成像技术将完全取代传统的各种 X 线摄影系统，X 线摄影数字化的时代已经到来。

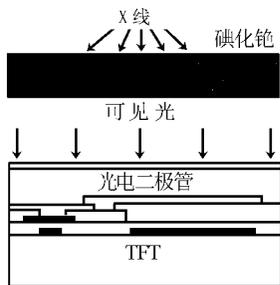


图 7 非晶硅平板探测器成像原理图

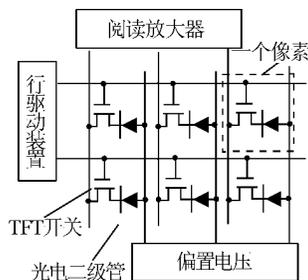


图 8 间接转换平板探测器的电路图



图 9 DR 照片

(河南省新乡医学院物理学教研室 453003, DR 照片由云南昆华医院放射科张平提供)

### 封三照片说明

为倡导和推动自主创新、建设创新国家、提高全民科学意识、普及科学知识，由科学技术部、财政部主办，国家发展和改革委员会、国防科学技术工业委员会、中国科学院、中国工程院等多家单位参加的“科技创新重大成就展”于 2006 年 1 月在北京展览馆隆重举行。

展览会展出了近年来我国各行各业涌现的优秀自主创新科研成果，其中有从事基础科研的中国科学院高能物理研究所研制的北京正负电子对撞机/北京谱仪，还有量子信息方面的量子通信和量子信息技术、清华大学研制的人脸识别系统、被国外专业人士称赞为世界最好的高温气冷堆、北京理工大学研制的会武术的机器人，以及智能住宅、中国芯等许多国际国内领先的科研成果。

展会历时一周，受到了广大科技人员和市民的称赞。

(李博文)

现代物理知识