

iRay 奕瑞

# 高速动态 探测器技术

高鹏飞

2025. 07. 16

影像成就未来



# 目录

1

X射线探测器应用

2

平板探测器技术

3

线阵探测器技术

4

CT探测器技术

5

光子计数探测器技术

6

生产制造及质量保证

# 1

## X射线探测器的应用

# X 光技术的开始

X 光技术开拓者

1895年

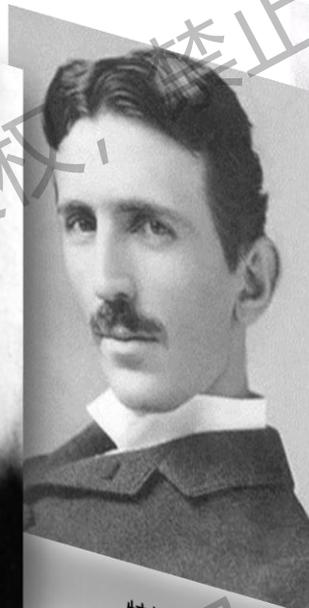
伦琴首次发现  
X 射线并应用



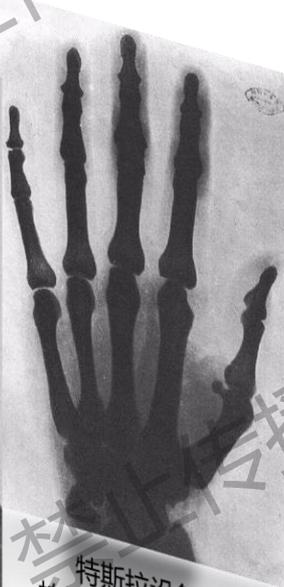
伦琴  
设备



世界第一张X光片  
世界第一张X光片



特斯拉  
设备



特斯拉设备  
拍摄的第一张光片

## 医疗应用

### 检测更安全

更低的辐射剂量  
使病人和医生免受伤害

### 诊疗更精准

图像质量更好  
更清晰，降低误诊率

### 远程支持

可接入PACS/RIS系统，为数字图像  
系统存储及管理、远程医疗提供助力

### 提升医院检查效率

提高医院 workflow，减轻医生工作  
压力，同时增加医疗机构盈利 能力

### 满足各种成像要求

支持静态、动态成像，满足  
各种复杂临床诊治要求

### 智能应用管理

让医疗检测中的智能化应用  
及管理变得更为容易



## 工业应用

### 更高的耐受性

可以满足从离线到在线  
的各种应用场景

### 3D成像

三维可视化分析，可对检测物  
体内部结构尺寸进行精准分析  
和测量，为检测带来便利

### 检测范围广

航空航天，汽车行业，新能源电池，  
石油地质，土壤，增材制造，复  
合材料，文博化石等应用

### 检测精准

更高的分辨率让检测图像  
更清晰可辨

### 检测效率提升

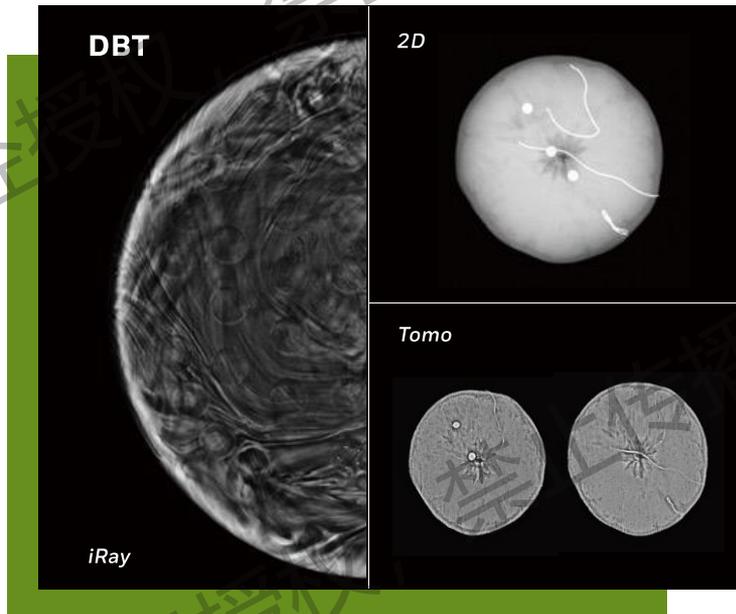
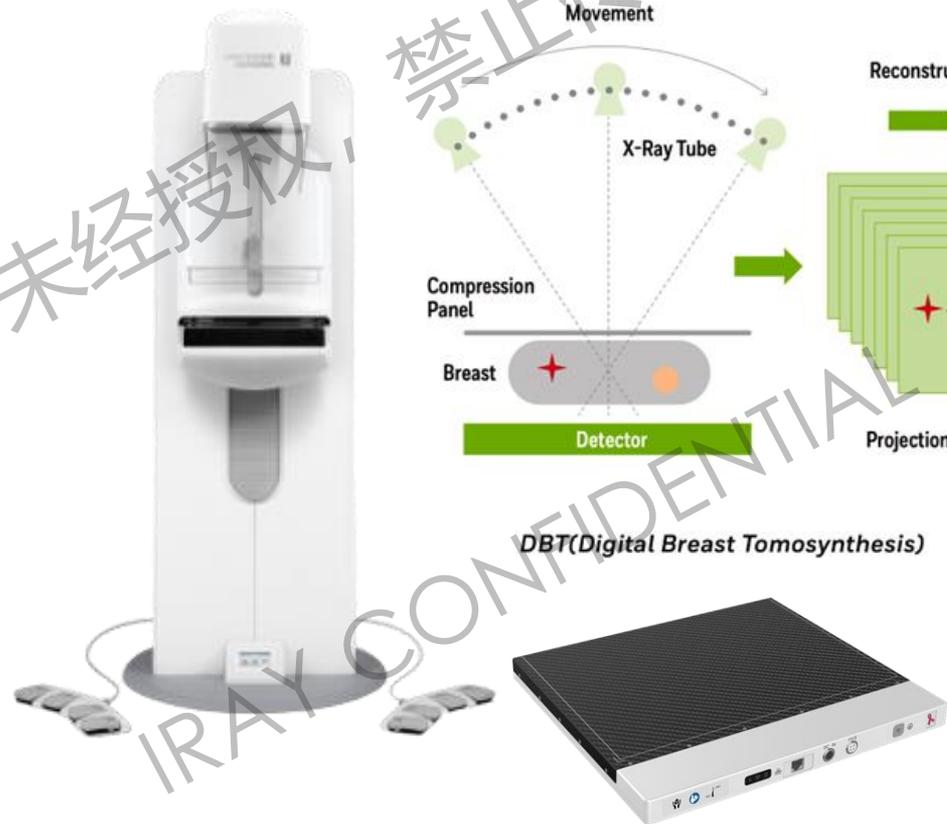
使用辅助或自动缺陷识别  
(ADR) 技术，使效率提升显著

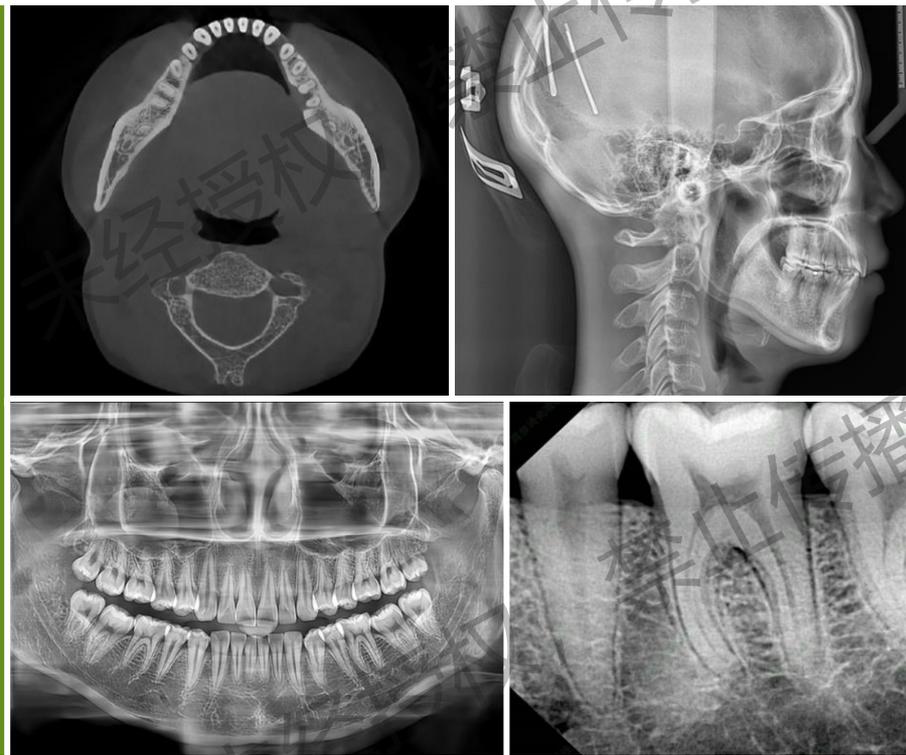
### 降低成本

平板探测器的重复使用，  
使工业检测成本大幅降低





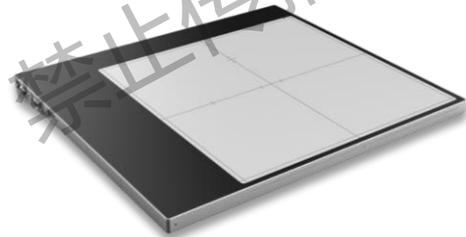
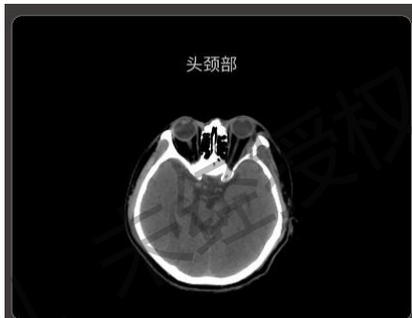




# 医疗—C型臂

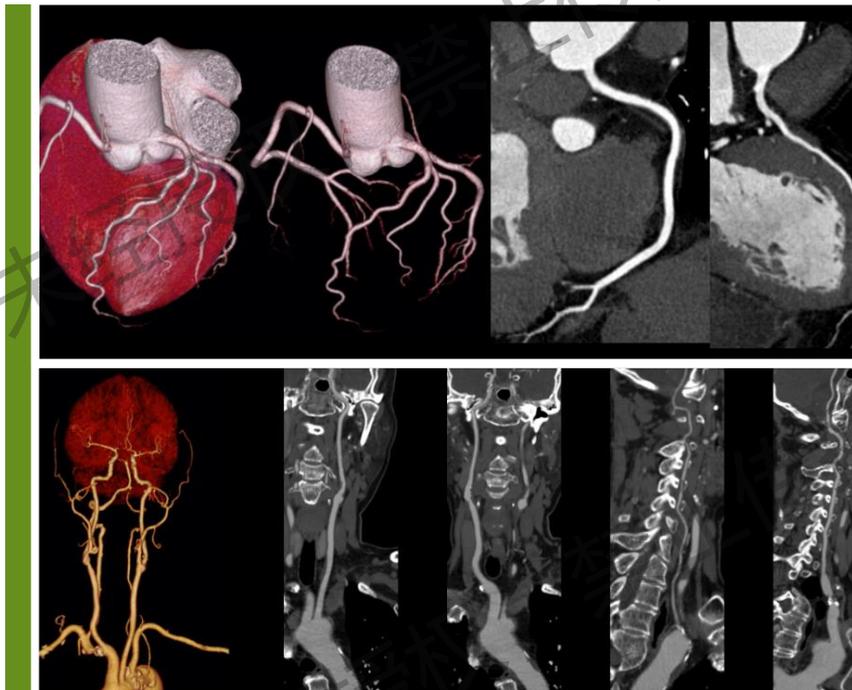
iRay 奕瑞





## 图像引导放射治疗 (IGRT)

EPID, 电子射野影像系统, 目前应用最广的图像引导放射治疗技术之一, MV级应用, 既可以离线校正验证射野的大小、形状、位置和患者摆位, 也可以直接测量射野内剂量。



## ■ 桥梁检测



## ■ 核电基础设施



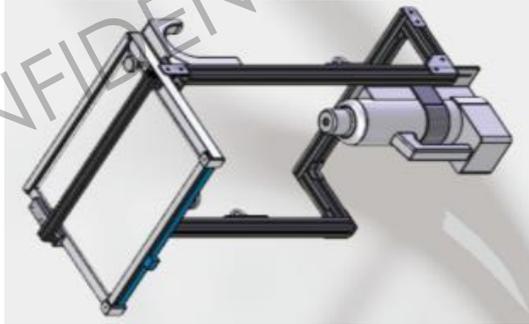
## ■ 航空发动机



## ■ 管道检测



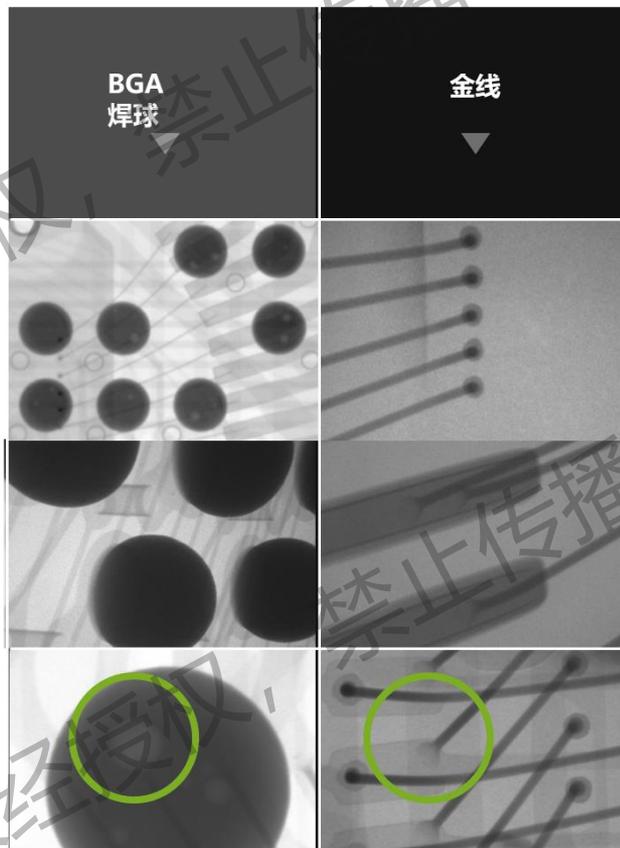
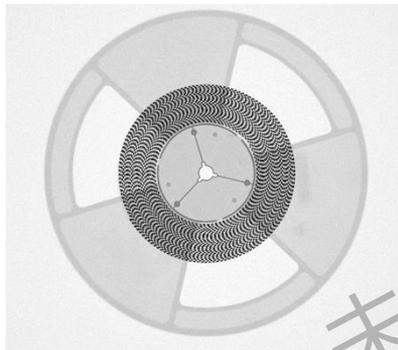
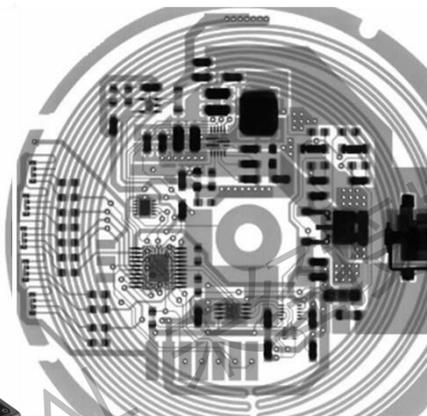
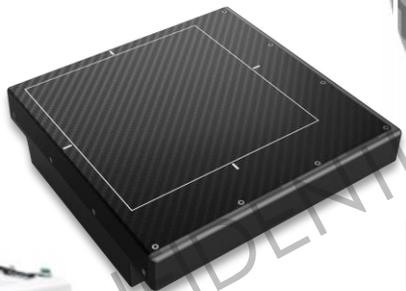
## ■ 线缆检测



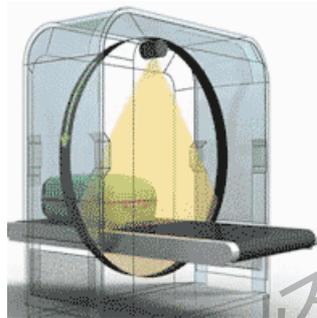
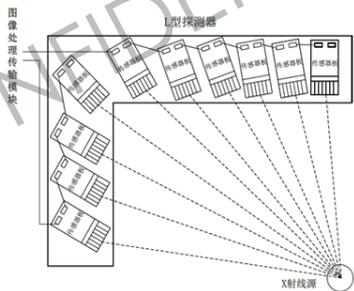
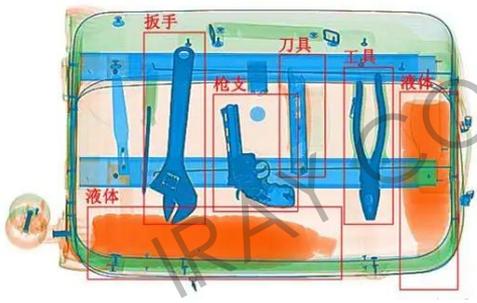
## ■ 排爆



未经授权，禁止传播

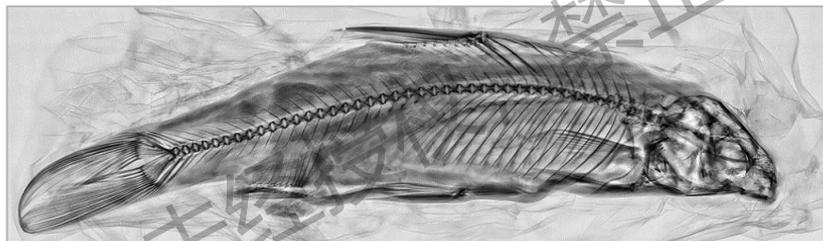
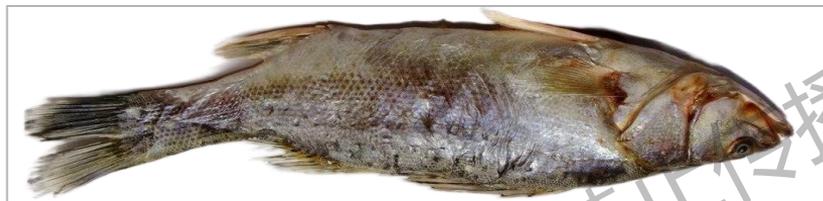
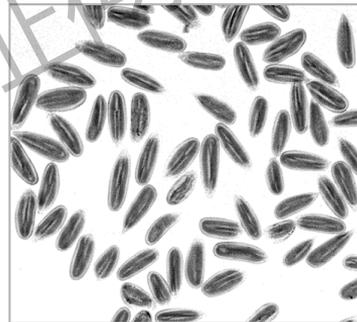


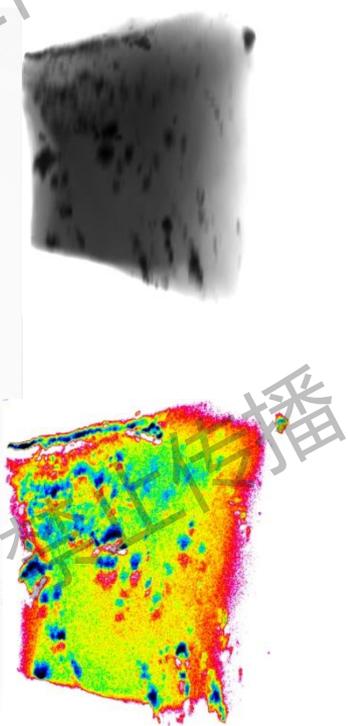
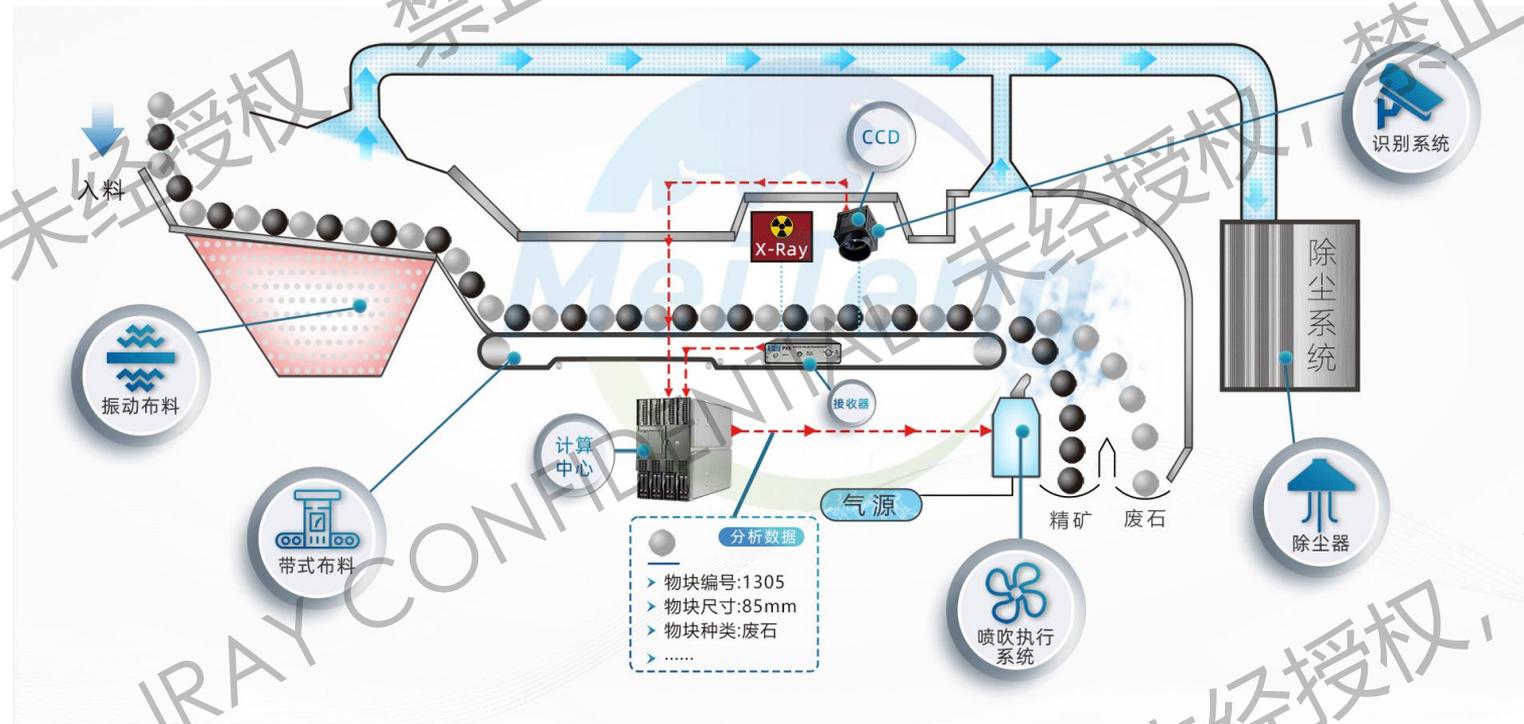
未经授权，禁止传播

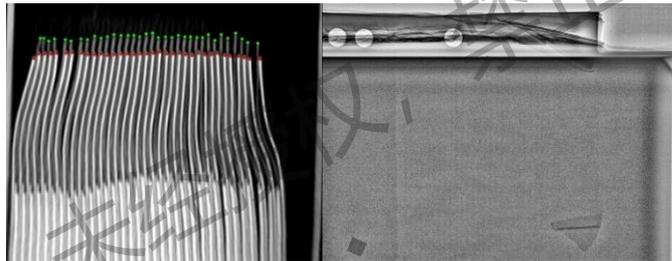
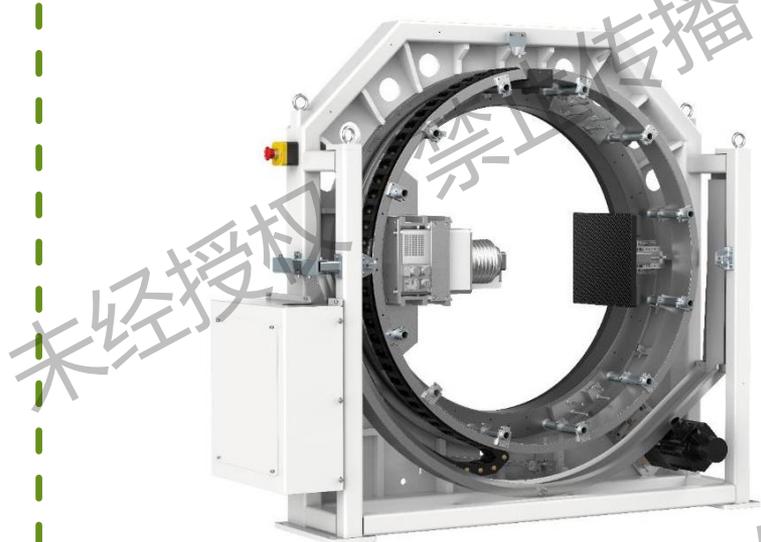
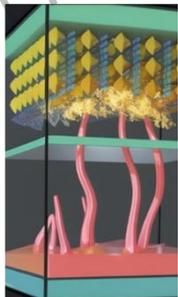
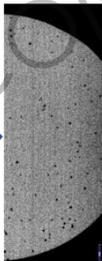
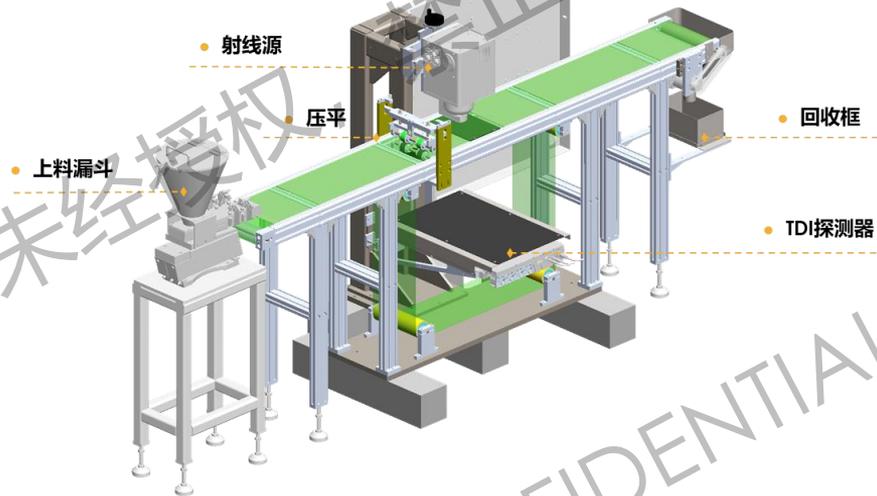


# 工业—卡车/集装箱









# 平板探测器

■ 医用平板探测器

■ 兽用平板探测器

■ 齿科平板探测器

■ 工业平板探测器



# 线阵及TDI探测器

## ■ 探测器模组



Satu 6404S3



Satu 6404S3-2.5



Satu 6404A3



Satu 12808



Satu 12804



Satu 6416S

## ■ 图像采集板



## ■ PD 模组



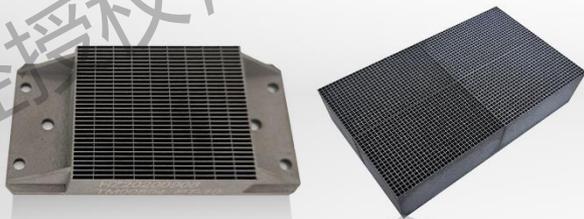
## ■ TDI 探测器



## ■ 线阵探测器



## ■ 防散射栅格 (3D 打印技术)



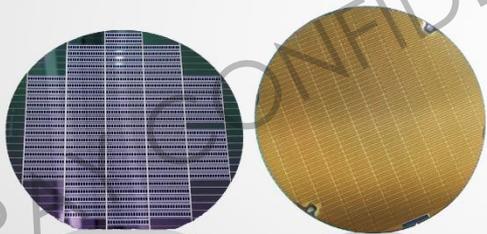
## ■ GOS 闪烁体阵列



## ■ CT 探测模组



## ■ 光电二极管与 ASIC 晶圆



## ■ DMS



# 2

## 平板探测器技术

# 平板探测器

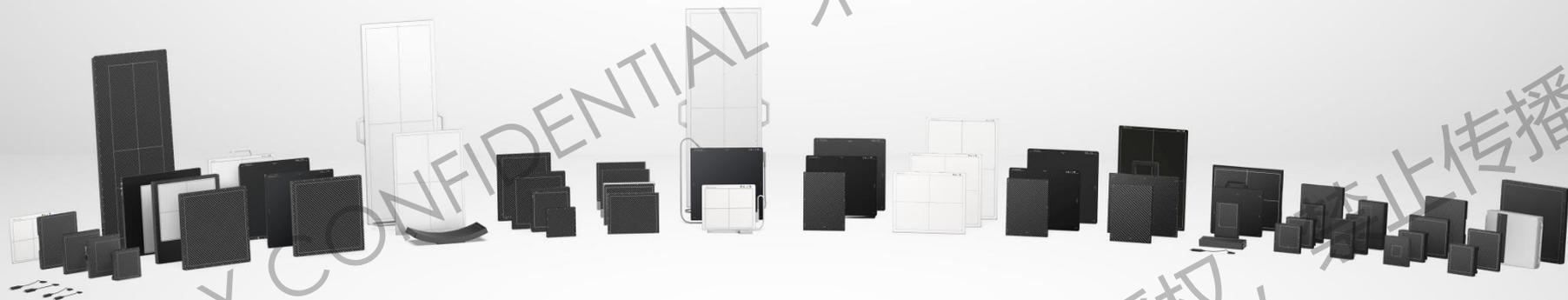
iRay 奕瑞

■ 医用平板探测器

■ 兽用平板探测器

■ 齿科平板探测器

■ 工业平板探测器



# 平板探测器—发展历程

	胶片机	CR	CCD-DR	平板DR
阶段	模拟图像阶段 (1980年前)	间接数字化阶段 (1980-21世纪初)	直接数字化阶段 (21世纪以来)	直接数字化阶段 (21世纪以来)
成像过程	以X射线摄影,通过手工作业或洗片设备进行显影、定影后还原图像	X射线间接转换,IP作为X射线检测器,成像中间环节较多	采用透镜光学系统传导信号,信号衰减较多	X射线直接由平板探测器转化为数字信号,成像中间环节较少
工作效率	成像速度较慢,洗片周期较长	需要扫描读出过程,成像速度一般(拍片间隔1分钟,成像3分钟)	图像信号需经过一系列转换和处理,成像速度较快,但慢于数字化X射线影像系统	直接出片,曝光时间短,成像速度较快(拍片间隔5秒)
成像分辨率	密度分辨率依赖于X线使用剂量及曝光条件,空间分辨率较高	密度分辨率高于胶片机,空间分辨率一般	密度分辨率和空间分辨率一般	密度分辨率和空间分辨率较高

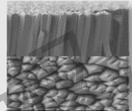
# 平板探测器—成像原理



# 平板探测器—组成

## 不同能级的x射线

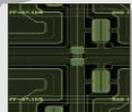
可见光



闪烁体

- › 吸收x/γ射线
- › 转换可见光
- › 将可见光传输到光电二极管

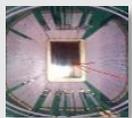
传感器



图像传感器

- › 吸收可见光到光电二极管
- › 将可见光转换为电荷

电子



读出电路

- › 收集和计算电荷
- › 将电荷信号转换成数字信号

传输



高速接口

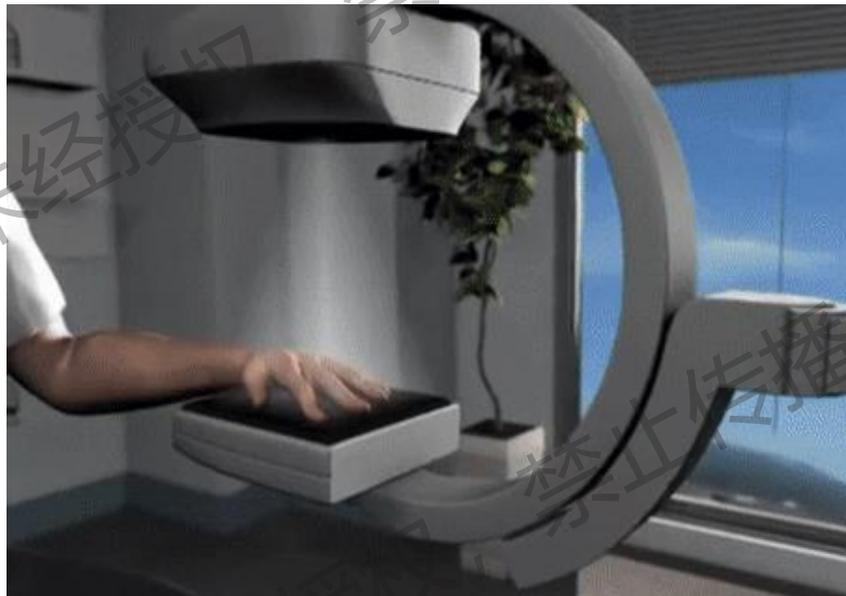
- › 与成像系统连接
- › 高速传输数字信号

算法

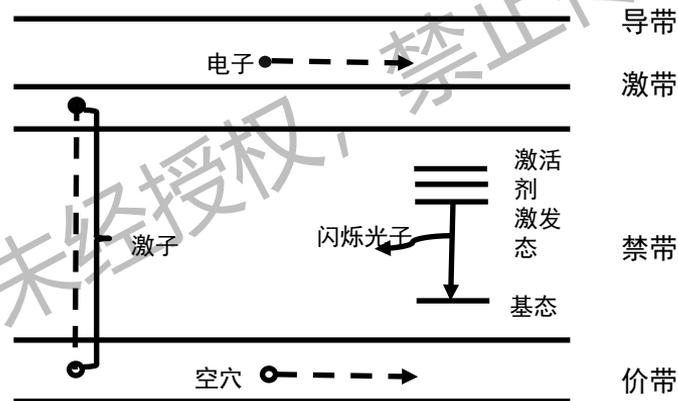
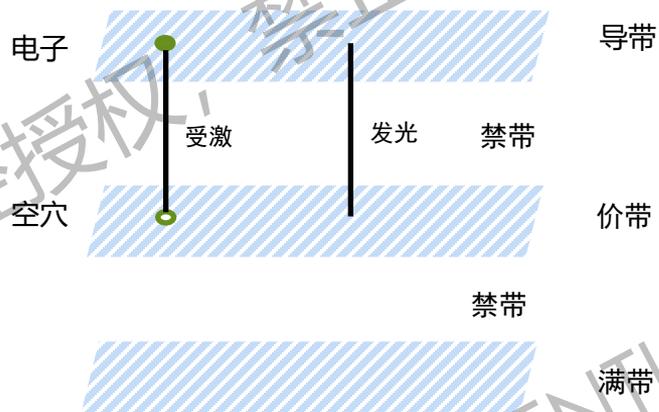


后处理

- › 图像后处理
- › 增强、去噪、AI 等

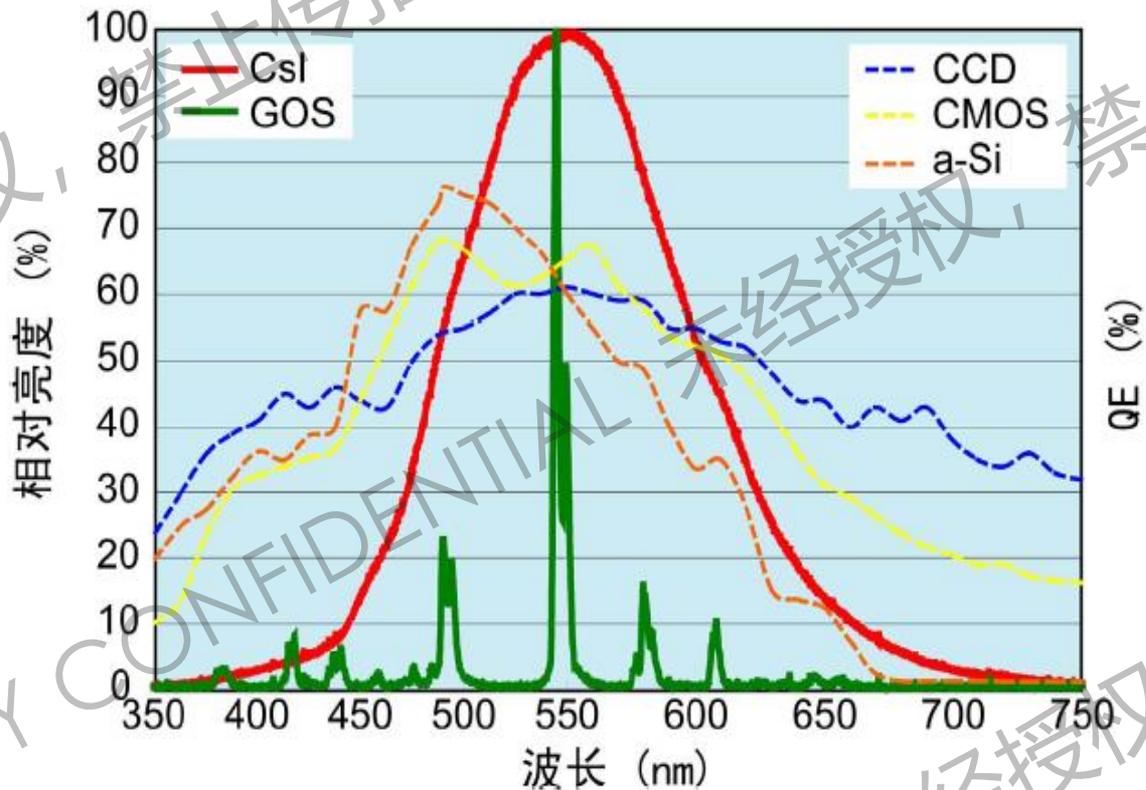


# 平板探测器—闪烁体



- 闪烁体：一类吸收高能粒子或射线后能够发出可见光的物质。
- 电子处于激发态是不稳定状态，返回基态时，通过辐射跃迁（发光）和无辐射跃迁等方式失去能量。

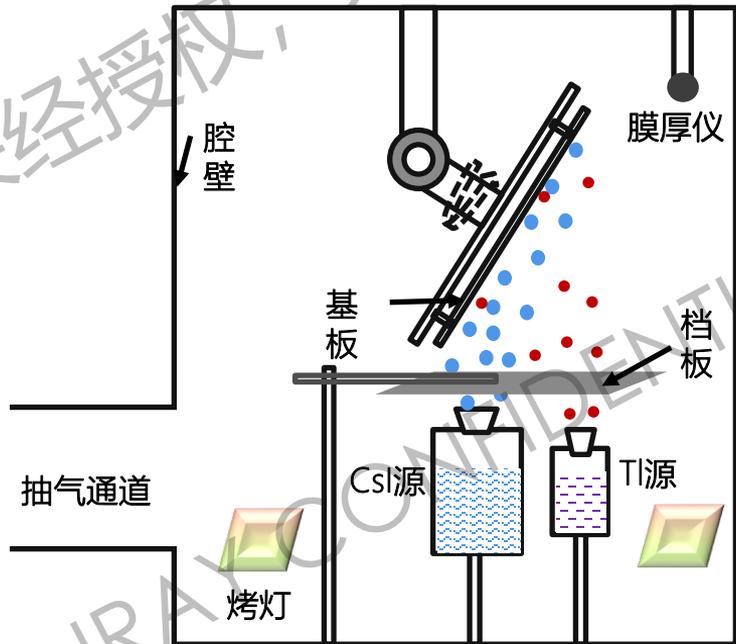
# 平板探测器—闪烁体光谱



注：发光光谱与光电二极管吸收谱吻合度越高越好

# 平板探测器—CsI闪烁体直接生长工艺

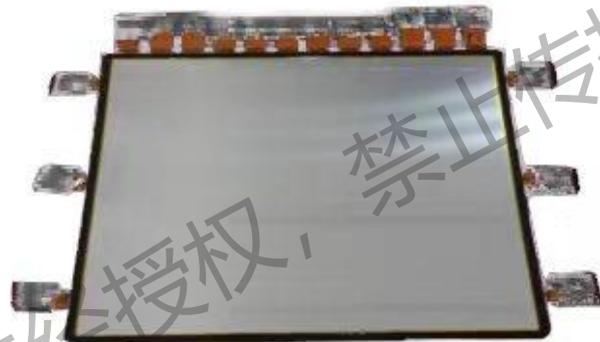
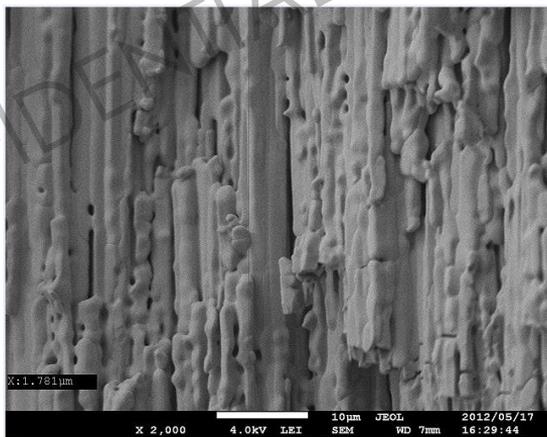
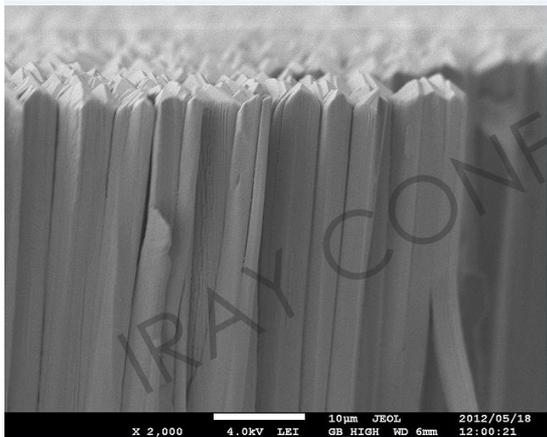
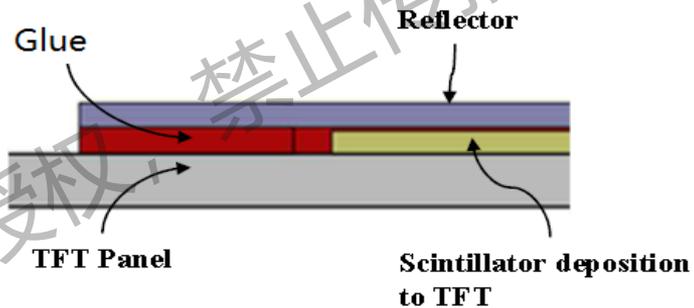
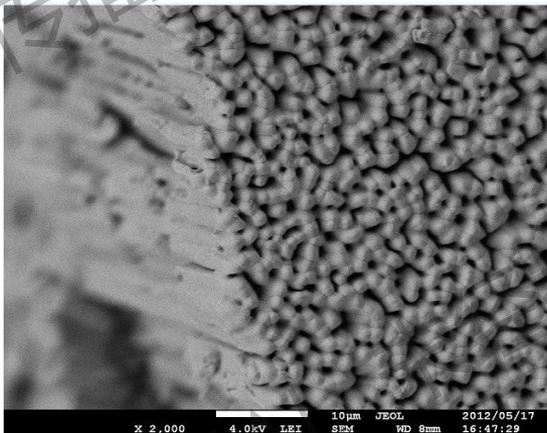
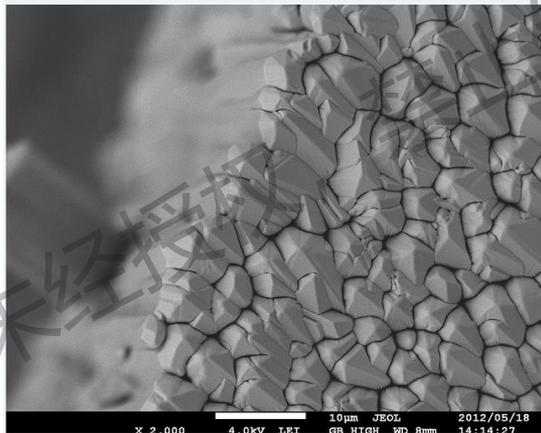
## ■ 镀膜机结构示意图



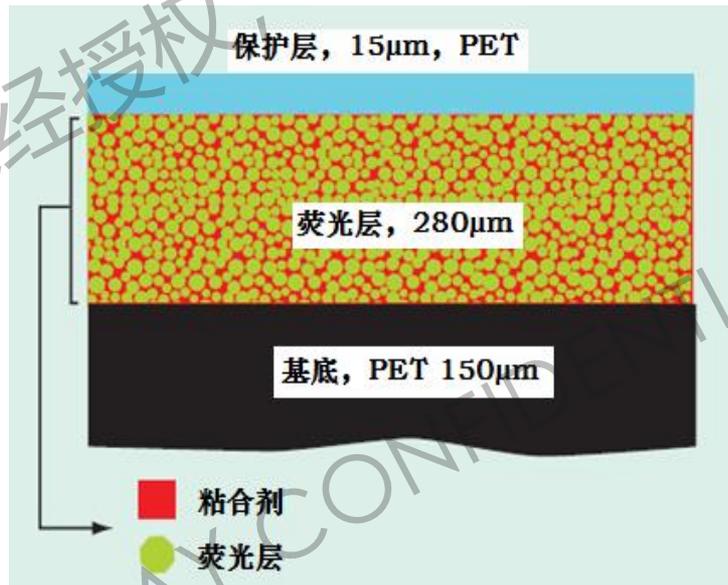
## 镀膜工艺流程

- **清理**：清理镀膜机内部
- **装料**：把CsI和Ti物料分别装入蒸发源中
- **装片**：把待镀基板装入工件盘并挂入公转轴
- **抽真空**：关闭镀膜机门，开泵抽真空
- **加热镀膜**：启动加热，融化后打开挡板镀膜
- **冷却**：镀膜结束后充气自然冷却
- **卸片**：卸下基板

# 平板探测器—CsI闪烁体结构及封装



## ■ GOS 闪烁体的结构示意图

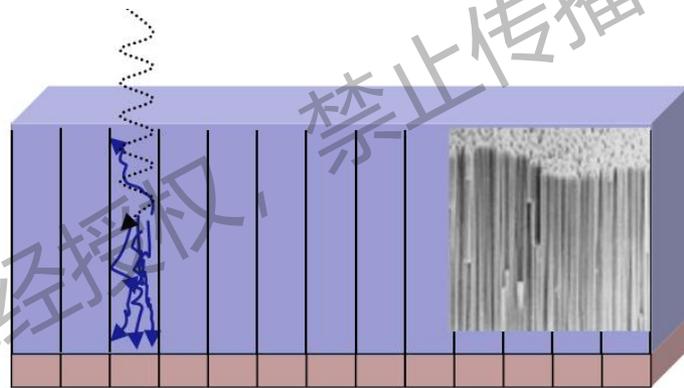


## GOS的生产工艺介绍

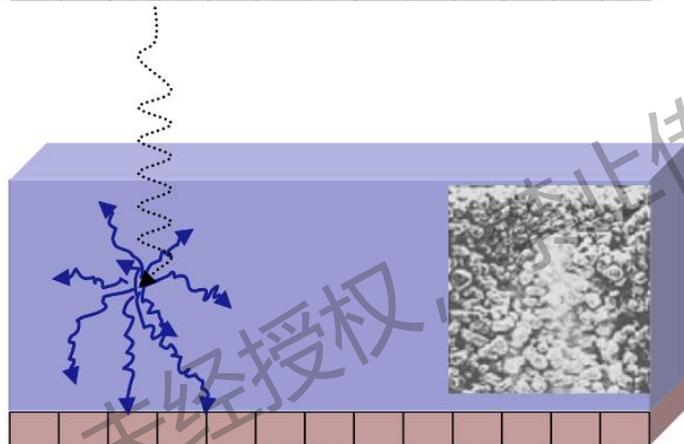
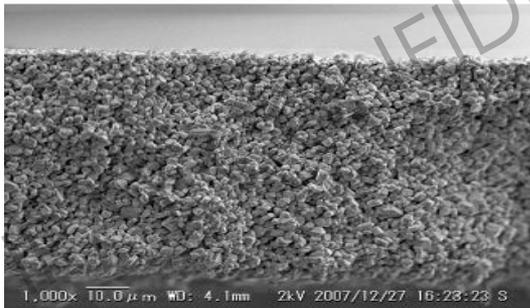
- 采用共沉淀法产生氧化钆和氧化铽的混合粉
- 高温硫化烧结生成硫氧化钆颗粒
- 添加粘合剂挤压成片与PET衬底复合在一起
- 出光面贴附保护层

# 平板探测器—CsI VS GOS

## ■ CsI: Tl (CsI) – 柱状结构

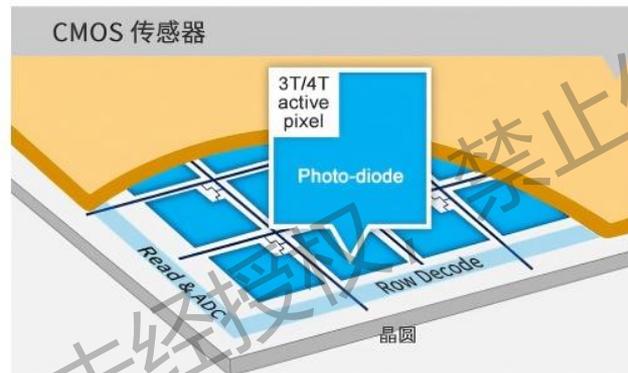
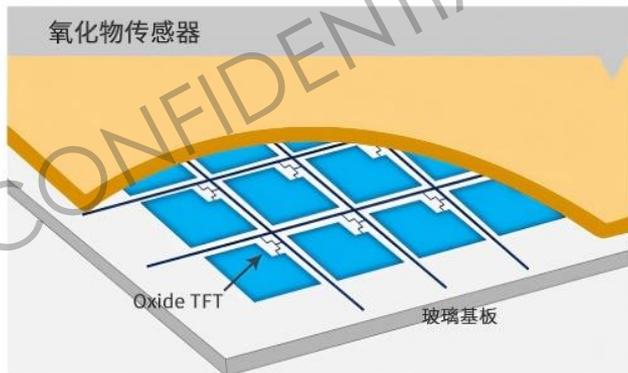
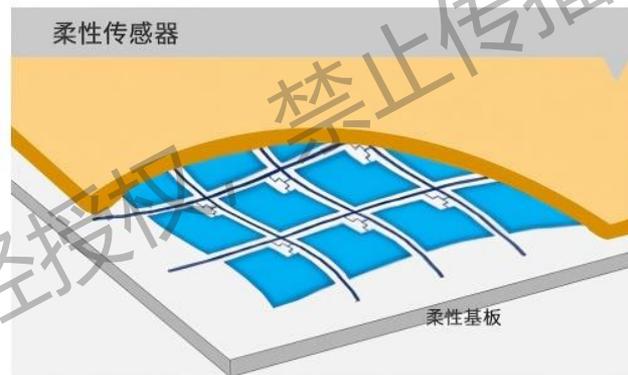
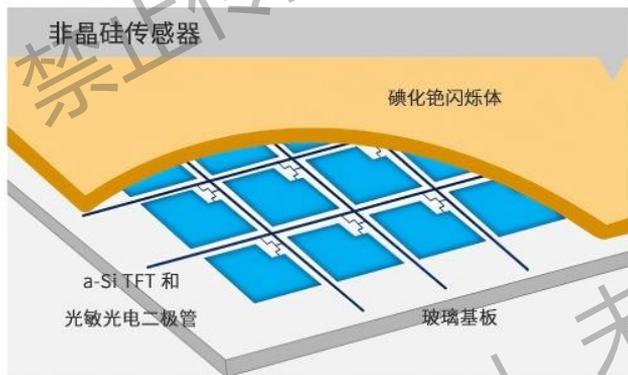


## ■ Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tb (GOS) – 粉体结构

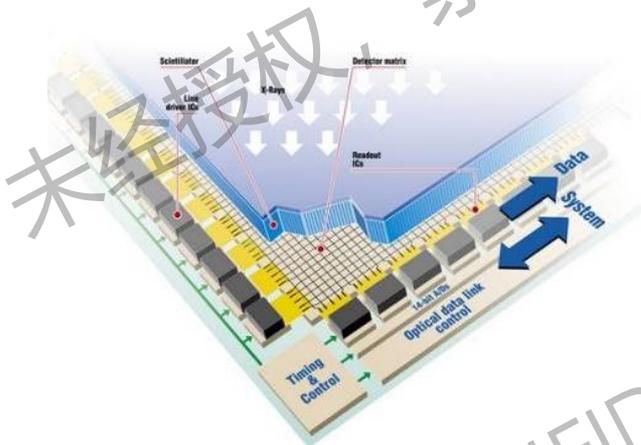


# 平板探测器—传感器

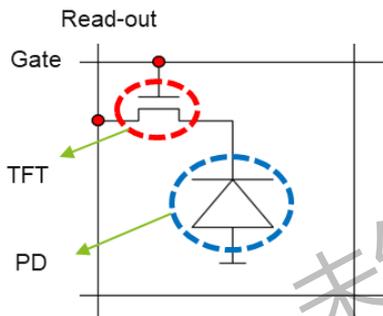
- 电子迁移率
- 电子噪声
- 首帧延迟
- 低剂量性能
- 动态范围
- 成像面积
- 辐照耐受性



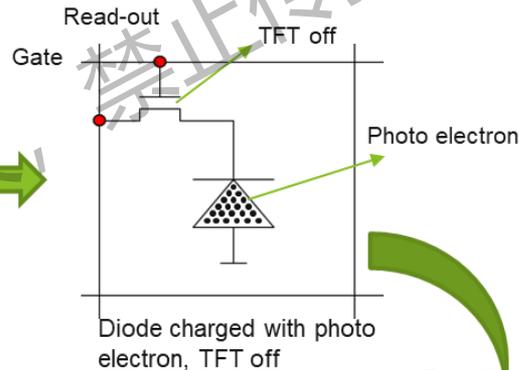
# 平板探测器—传感器工作原理



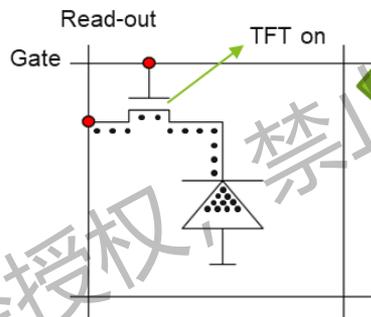
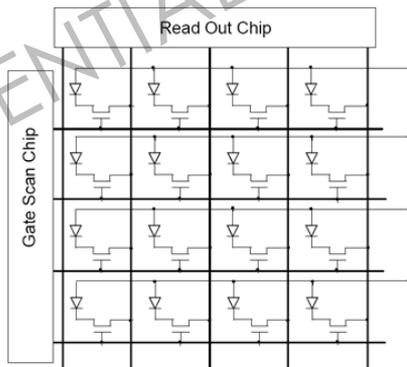
- 逐行扫描
- 逐行读取



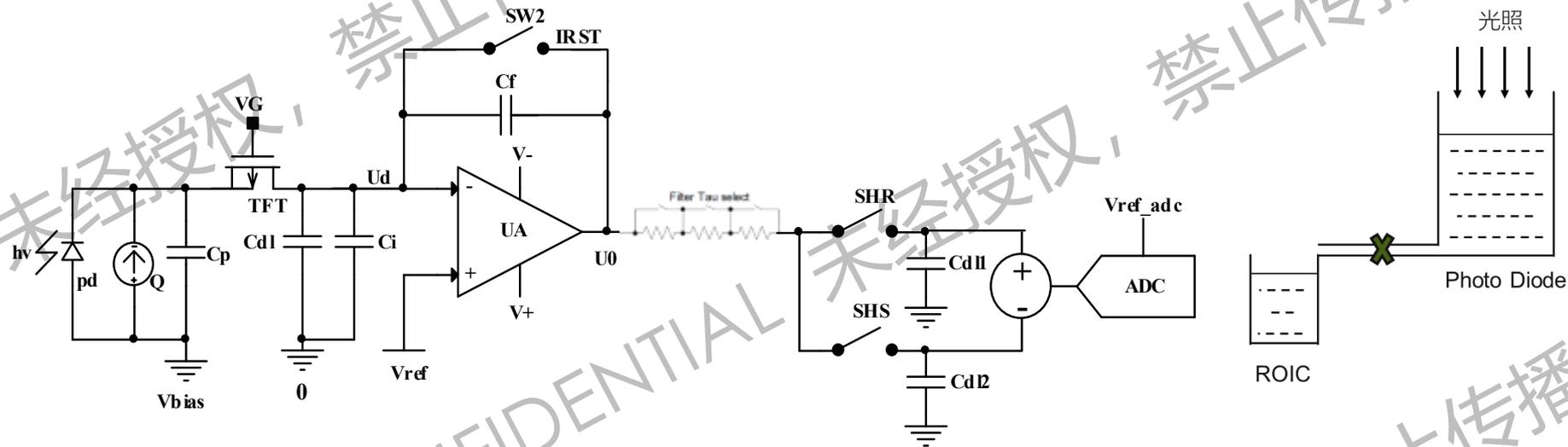
Ready



Data Read



# 平板探测器—单像素读出原理



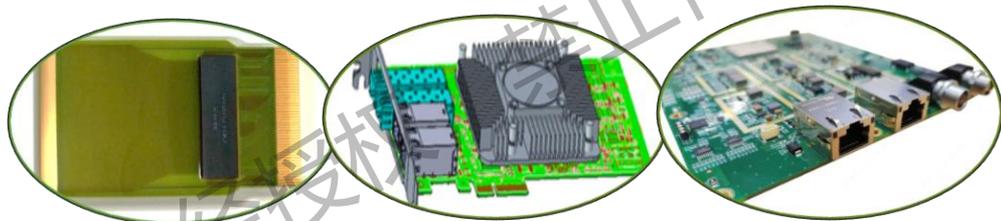
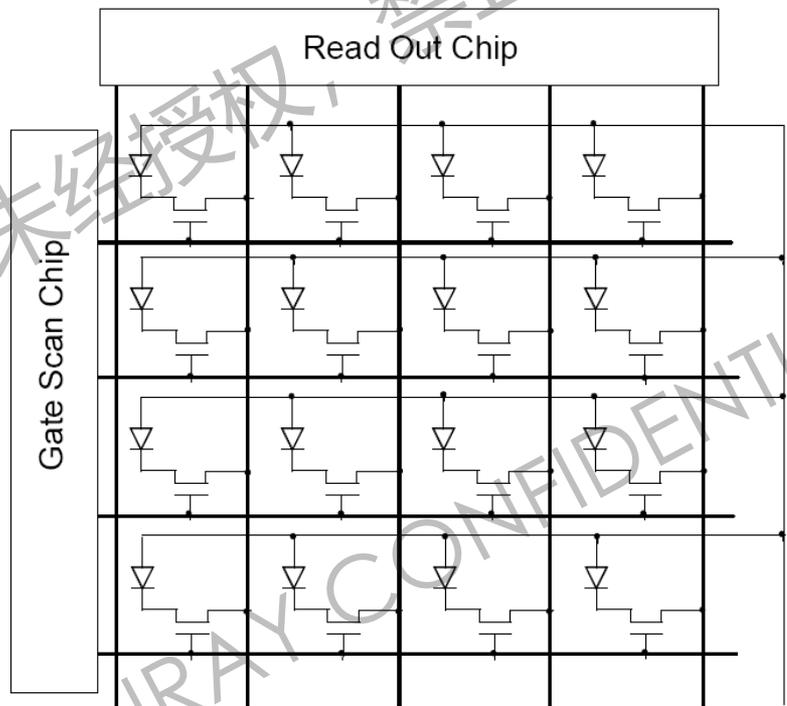
## 对于PD

- Period1: TFT 关闭, diode处于积分状态
- Period2: TFT 打开, diode处于电荷转移并复位状态

## 对于ROIC

- Period1: IRST复位 Cf
- Period2: SHR 打开, Uo电位采样至Cshr端
- Period3: SHS 打开, Uo电位采样至Cshs端
- Period4: CDS对于 SHR和SHS进行差分输出, AD采样

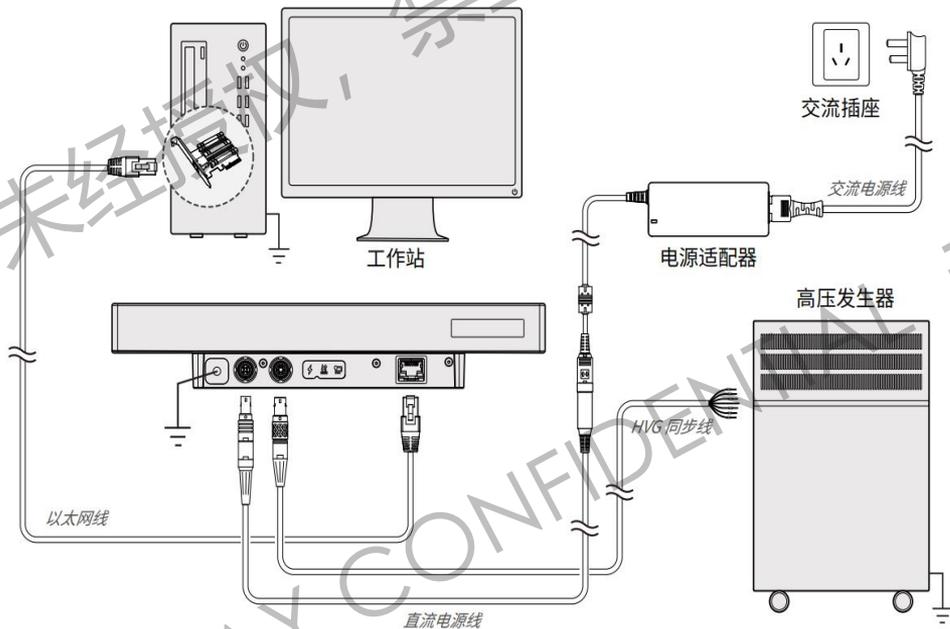
# 平板探测器—读出电路及传输



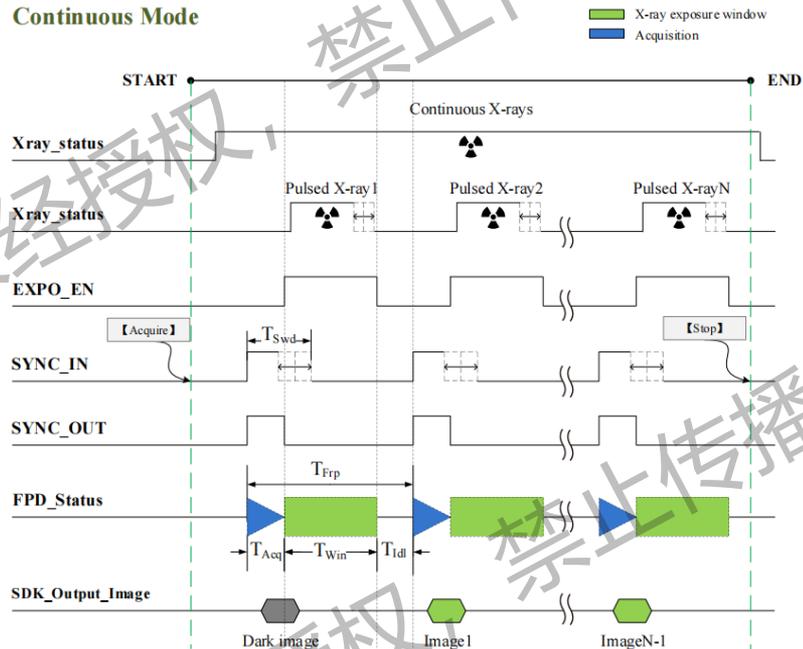
- **Gate Line:** 控制一整行 TFT 同时打开
- **Read Line:** 一整行上，所有列的PD信号通过 Read Line 连接到读出电路，所有列的信号同时读出

通过逐行扫描，逐行读出，最终完成整张图像的采集，从探测器传给计算机

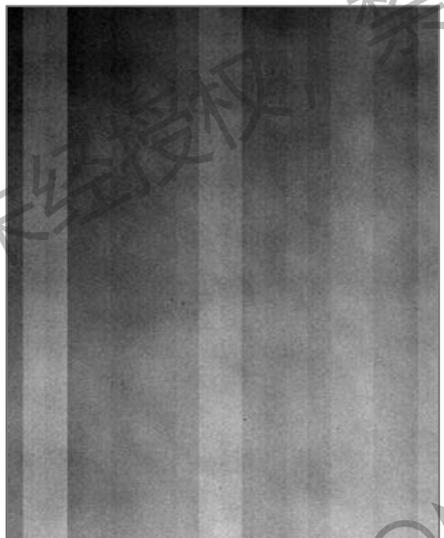
# 平板探测器—采集同步



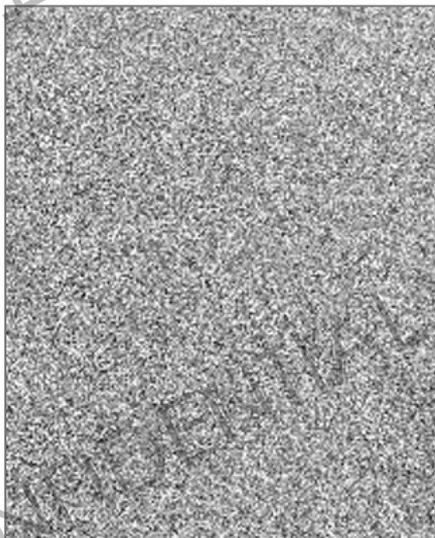
## Continuous Mode



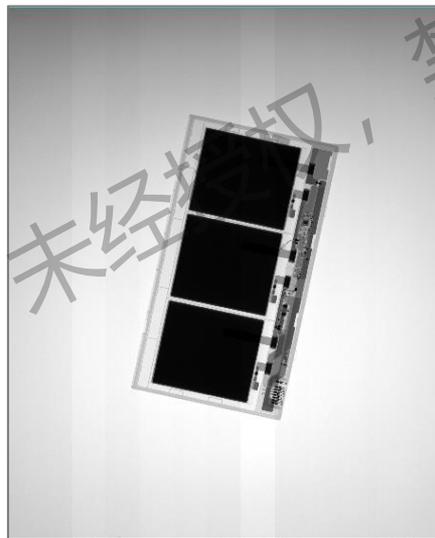
■ Offset 校正前



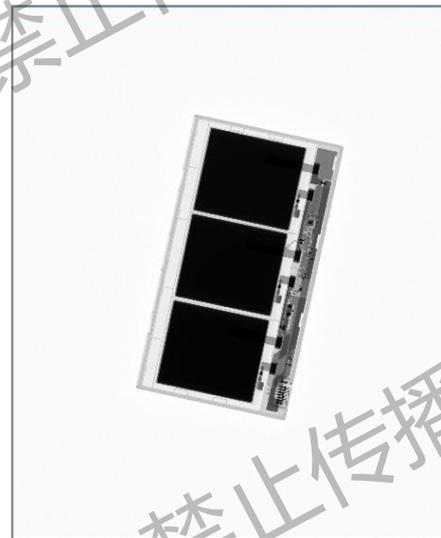
■ Offset 校正后



■ Gain 校正前

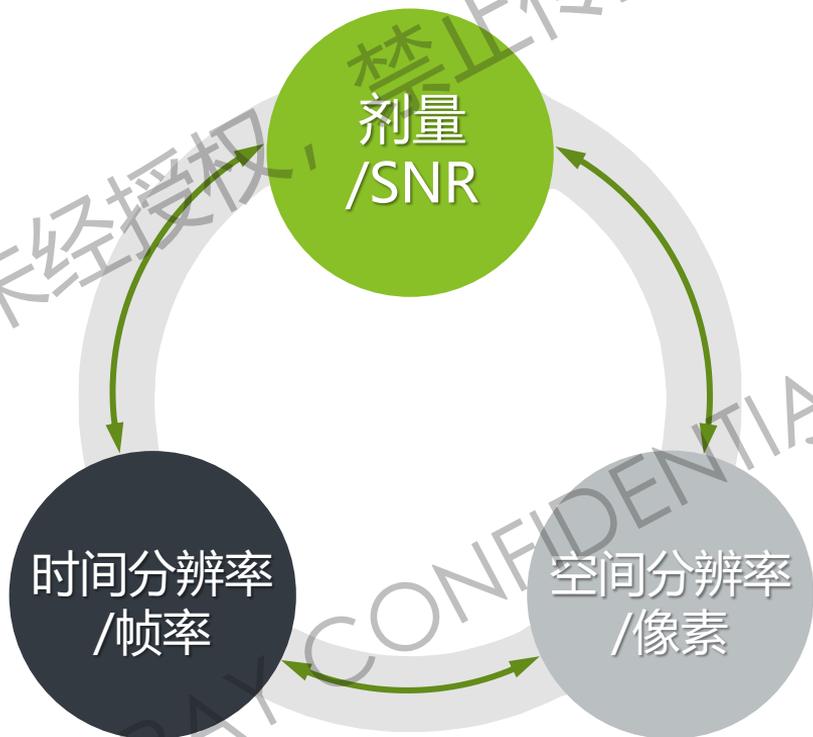


■ Gain 校正后



- Offset 校正 (暗场校正) 主要是消除或减弱暗电流对图像的影响;
- Gain 校正 (光场校正) 主要是校正入射X射线和探测器对射线响应的非均匀性;
- Defect 校正 (缺陷校正) 主要是解决坏点或坏线对图像的影响。

# 平板探测器—关键性指标



- **kV** : X射线光子峰值KeV, 能谱分布
- **mA** : 单位时间内的X射线光子数量
- **ms** : 单帧曝光时间
- **SID** : 影响单位面积内X射线光子密度剂量

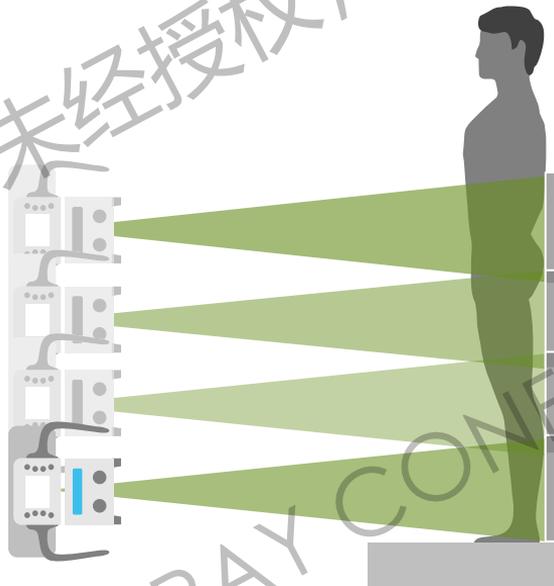
在相同成像面积下, 低剂量高质量图像、时间分辨率、空间分辨率三者不可能同时达到最佳。

## 提高帧率的方法:

- 像元合并 (Binning)
- 减少成像区域 (ROI)

# 平板探测器—超大尺寸探测器技术

## ■ 多次曝光图像拼接



## ■ 1748



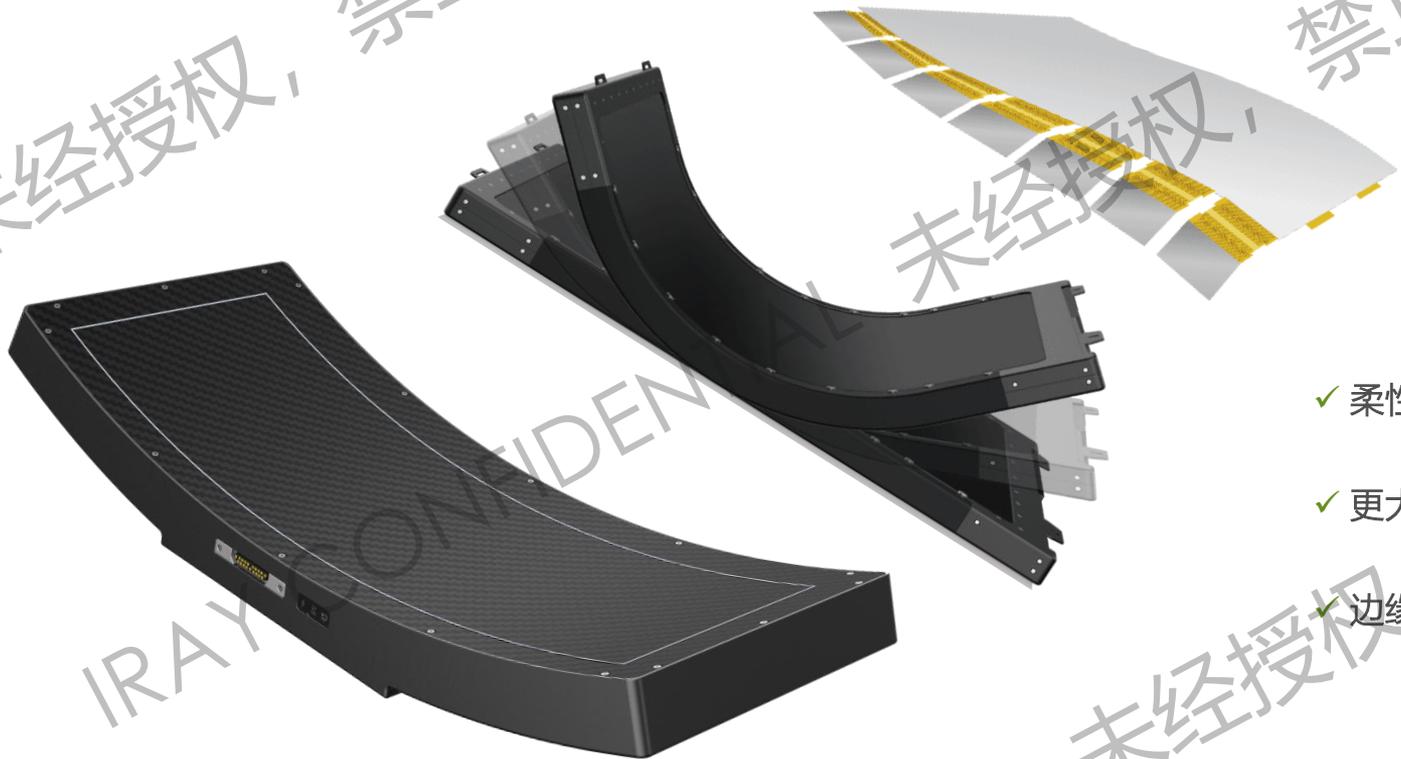
## ■ 全脊椎图像



- ✓ 曝光时间短
- ✓ 低辐射剂量
- ✓ 无图像拼接
- ✓ 单次曝光即可获取全脊椎图像
- ✓ 像素级大尺寸传感器拼接
- ✓ 超大尺寸基板 CsI 直接生长

# 平板探测器—变曲率探测器技术

iRay 奕瑞



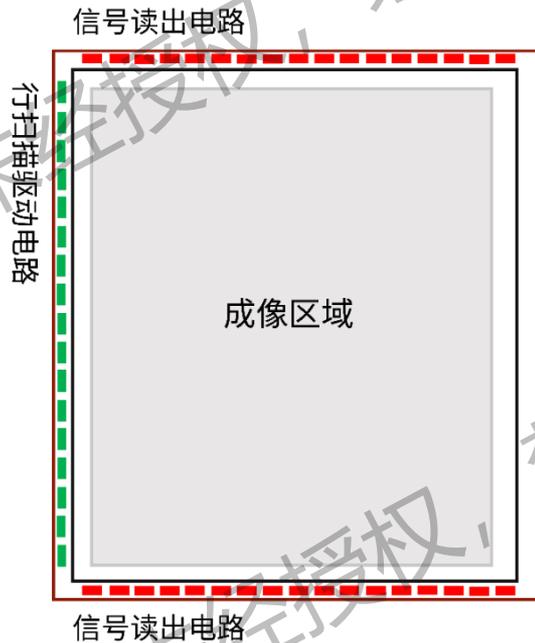
- ✓ 柔性面板技术
- ✓ 更大视野范围
- ✓ 边缘无失真成像

# 平板探测器—双边读探测器技术

## ■ 单边读探测器



## ■ 双边读探测器



# 3

## 线阵探测器技术

# 线阵及TDI 探测器

## ■ 检测模组 (Read 板)



Satu 6404S3



Satu 6404S3-2.5



Satu 6404A3



Satu 12808



Satu 12804



Satu 6416S

## ■ 信号处理模组 (Core 板)



## ■ PD 模组



## ■ TDI 探测器



## ■ 行扫探测器

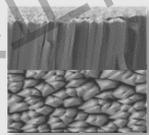


# 线阵探测器—组成

## 不同能级的X射线



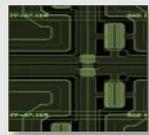
可见光



闪烁体



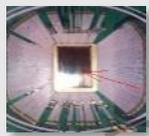
传感器



图像传感器



电子



读出电路



传输



高速接口



算法



后处理

- 吸收X/γ射线
- 转换可见光
- 将可见光传输到光电二极管

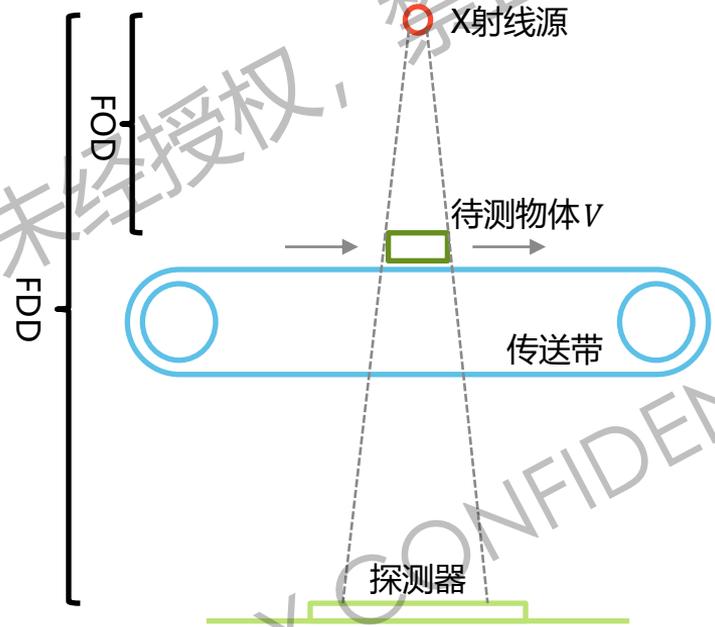
- 吸收可见光到光电二极管
- 将可见光转换为电荷

- 收集和计算电荷
- 将电荷信号转换成数字信号

- 与成像系统连接
- 高速传输数字信号

- 图像后处理
- 增强、去噪、AI等

# 线阵探测器—工作原理



■ 线阵探测器工作原理示意图

要求:  $V_{object}^{img}$  (物体的像在探测器移动速度) =  $V_{scan}$

$$V_{object}^{img} = V_{object} \times S$$

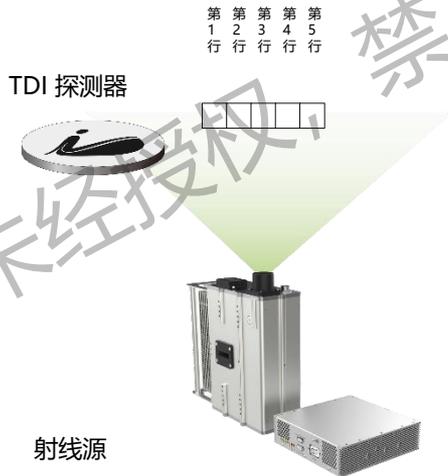
$$V_{object} = \frac{V_{scan}}{S} = \frac{d_{pixel} \times f}{S}$$

因此需要满足**物体移动速度等于探测器像素大小与探测器扫描帧率的乘积除以放大倍数**。

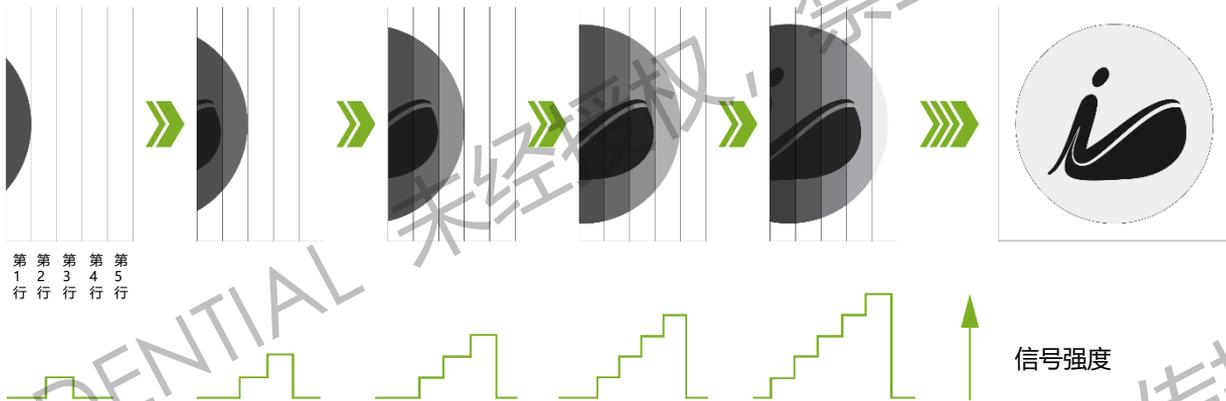
如果物体移动速度较计算匹配速度快, 则会发生欠采样, 导致物体在运动方向尺寸**压缩**, 且图像模糊。

如果物体移动速度较计算匹配速度慢, 则会发生过采样, 导致物体在运动方向尺寸**拉伸**, 且图像模糊。

# TDI 探测器—工作原理



TDI 传感器



TDI 探测器与线阵探测器类似，但线阵探测器仅包含单行像素，而 TDI 相机 则具有多行像素（例如示意图中为 5 行，但实际应用中 TDI 通常包含超过 100 行）；

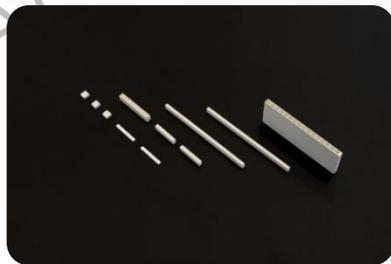
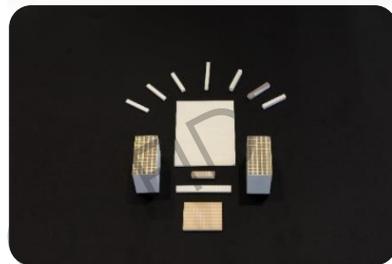
当样品以恒定速度移动时，其X射线投影会依次被第1、2、3.....等行像素捕获；TDI相机会对这些信号进行累积。

# 线阵探测器—闪烁体

## ■ 闪烁晶体和陶瓷



## ■ 闪烁体阵列

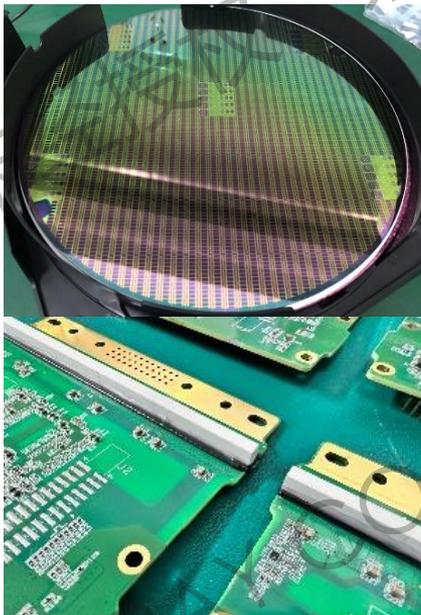


● 钨酸镉晶体  $\text{CdWO}_4$

● 碘化铯晶体  $\text{CsI}$

● 硫氧化钆陶  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$

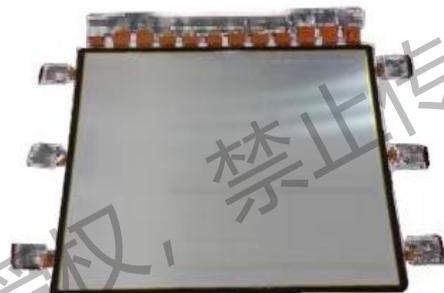
## ■ 线阵传感器



VS

## ■ 面阵传感器

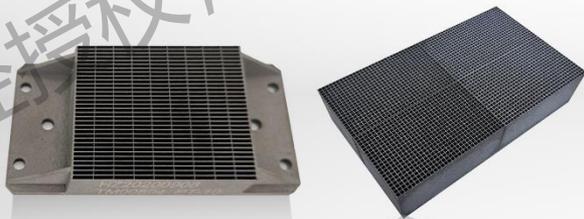
线阵	面阵
一维	二维
直接读取	逐行扫描 逐行读取
帧率快	帧率慢
FSI、BSI	A-Si、IGZO、CMOS
适合移动物体	适合固定物体



# 4

## CT探测器技术

## ■ 防散射栅格 (3D 打印技术)



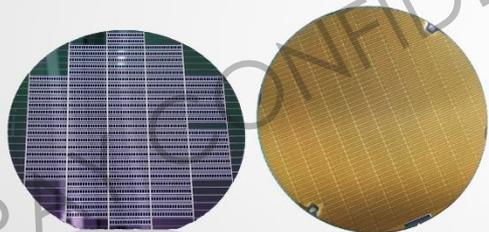
## ■ GOS 闪烁体阵列



## ■ CT 探测模块



## ■ 光电二极管与 ASIC 晶圆



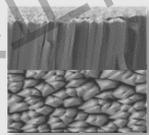
## ■ DMS 系列



## 不同能级的X射线



可见光

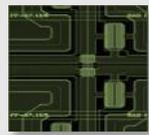


闪烁体

- 吸收X/γ射线
- 转换可见光
- 将可见光传输到光电二极管



传感器

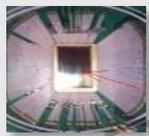


图像传感器

- 吸收可见光到光电二极管
- 将可见光转换为电荷



电子



读出电路

- 收集和计算电荷
- 将电荷信号转换成数字信号



传输



高速接口

- 与成像系统连接
- 高速传输数字信号



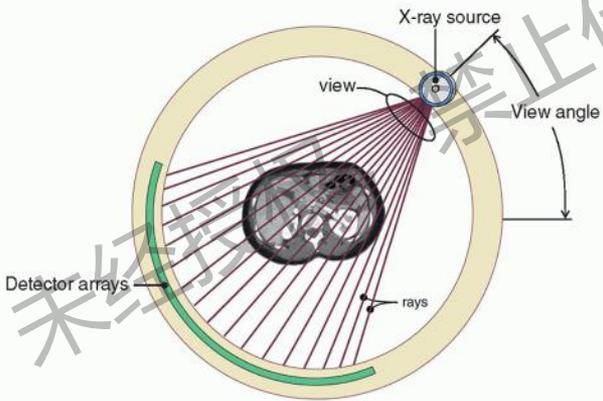
算法



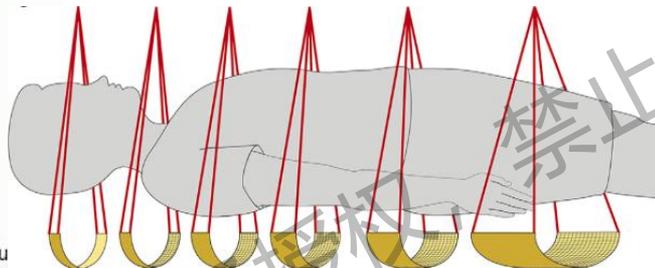
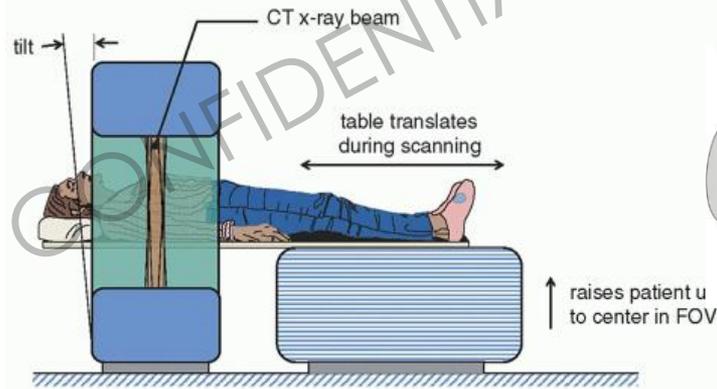
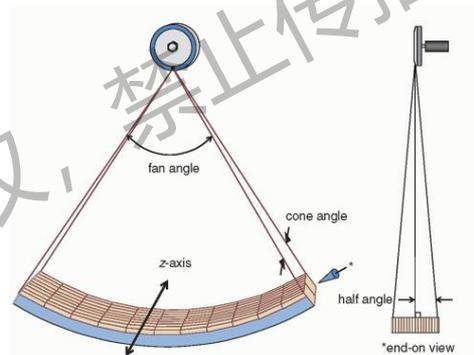
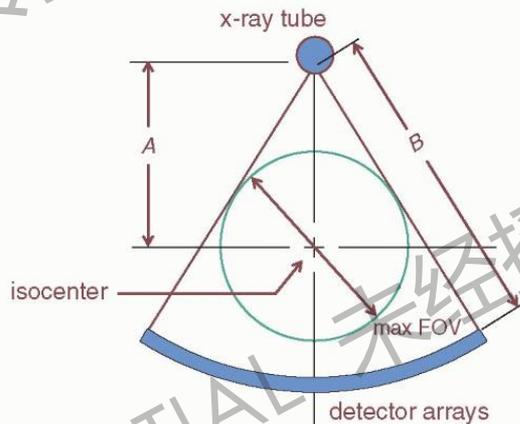
后处理

- 图像后处理
- 增强、去噪、AI等

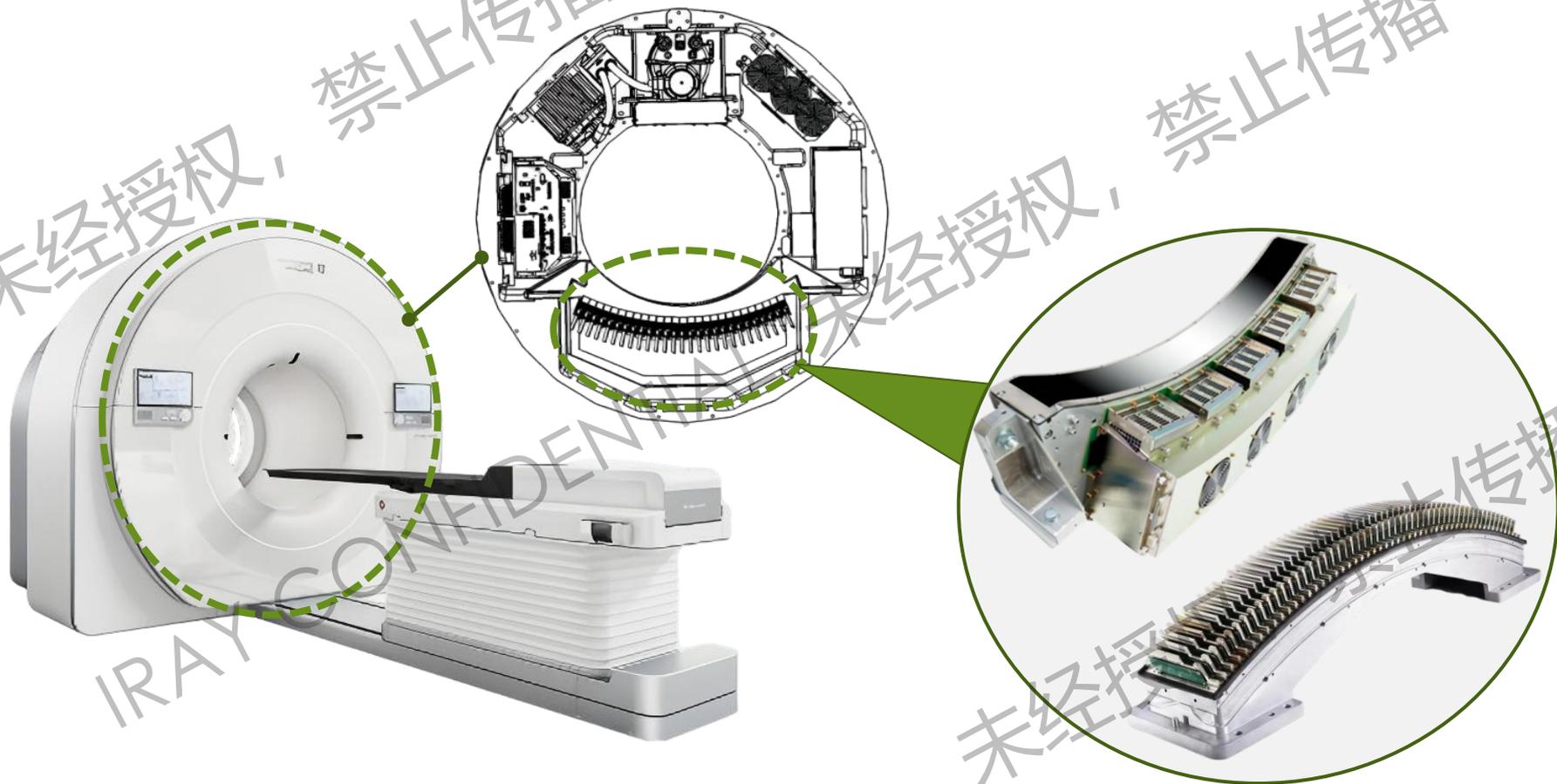
# CT探测器—系统



The fan beam projection

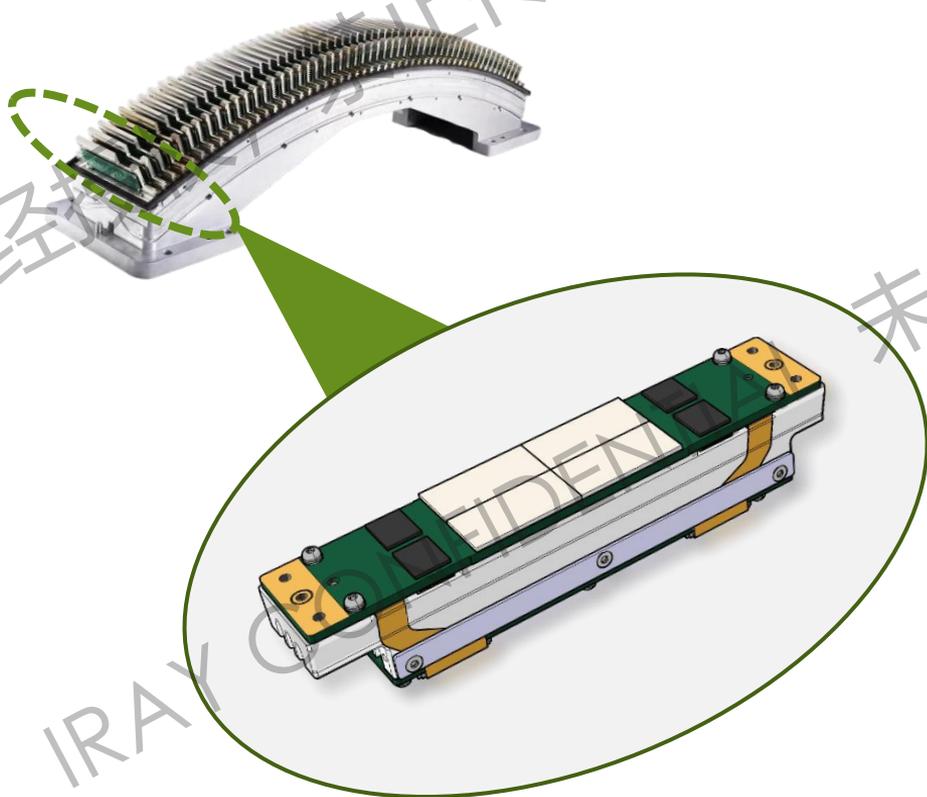


# CT探测器—DMS

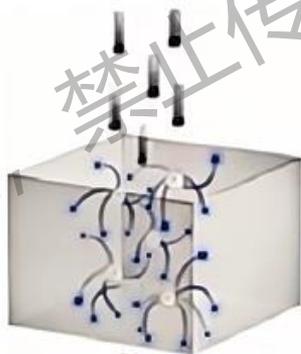


# CT探测器—模块

未经授权的传播



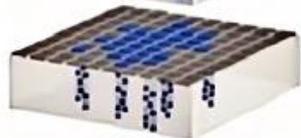
未经授权



闪烁体

光信号

光电二极管



电信号

电路板



成像

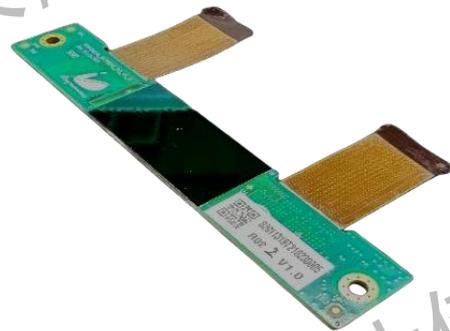
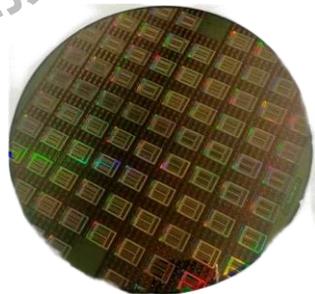


禁止传播

未经授权



# CT探测器—传感器



未经授权，禁止传播

未经授权，禁止传播

IRAY CONFIDENTIAL

未经授权，禁止传播

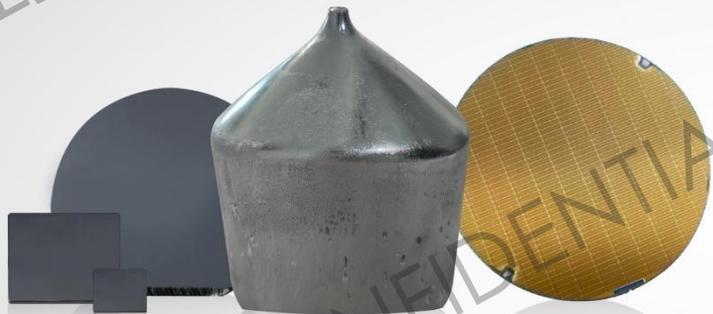


# 5

## 光子计数探测器技术

# 光子计数探测器

■ CZT



■ 光子计数探测器单元



**Quantum HD**

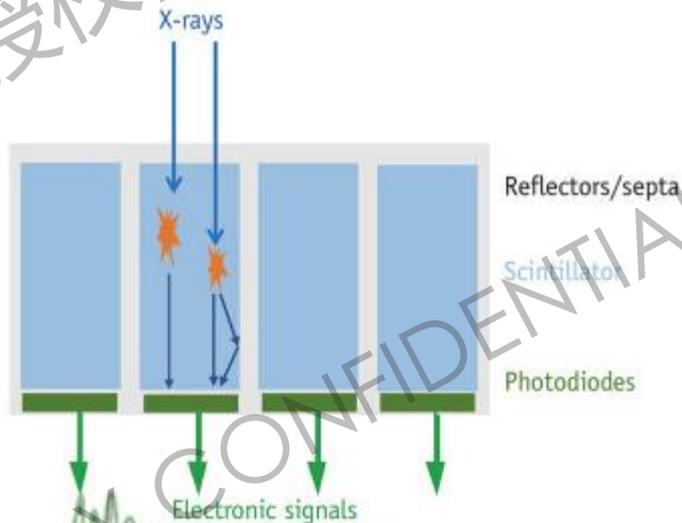
## **NAEOTOM Alpha with Quantum Technology**

Redefining the level of clinical detail  
available in whole-body CT

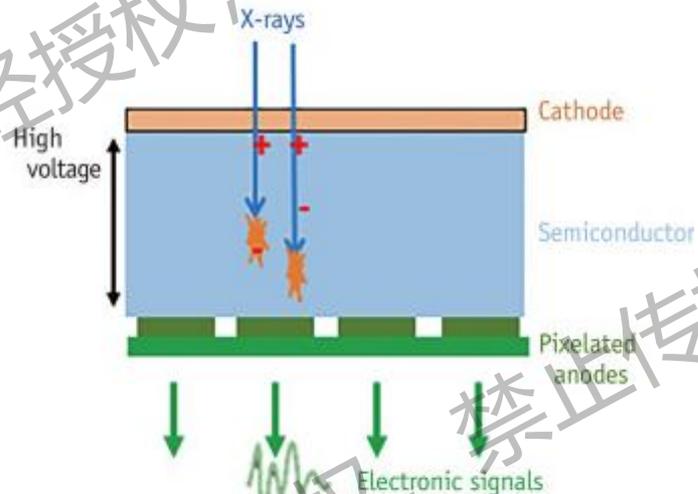


# 光子计数探测器—像素化原理

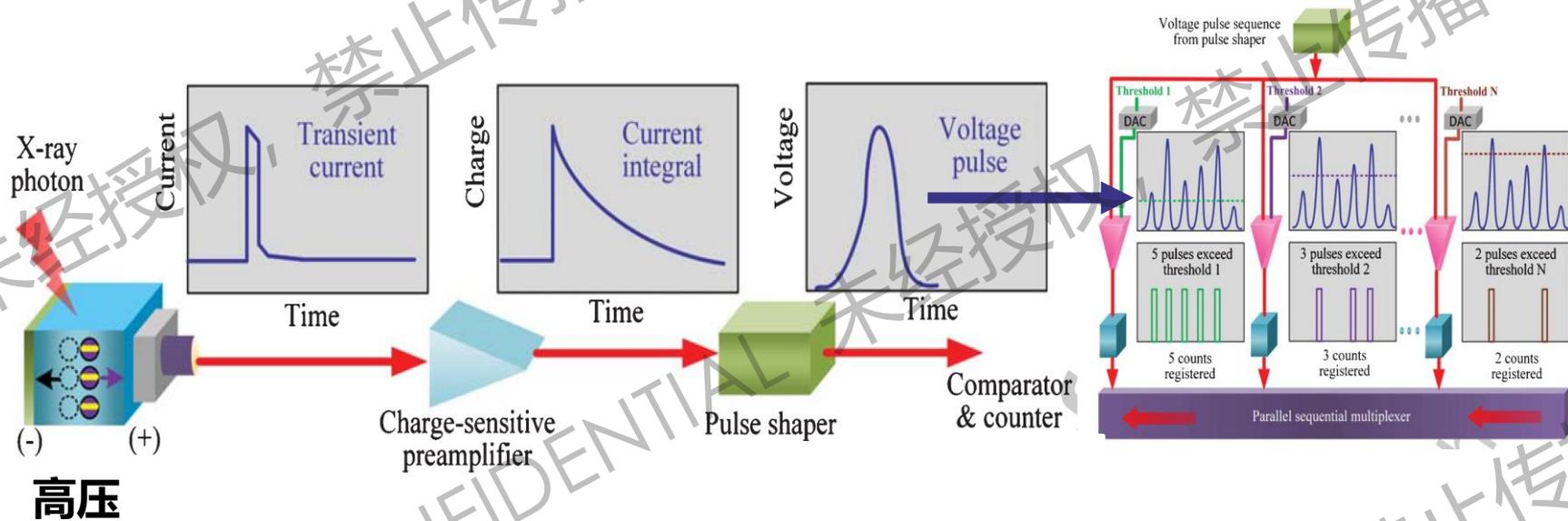
## ■ 积分型探测器



## ■ 光子计数型探测器

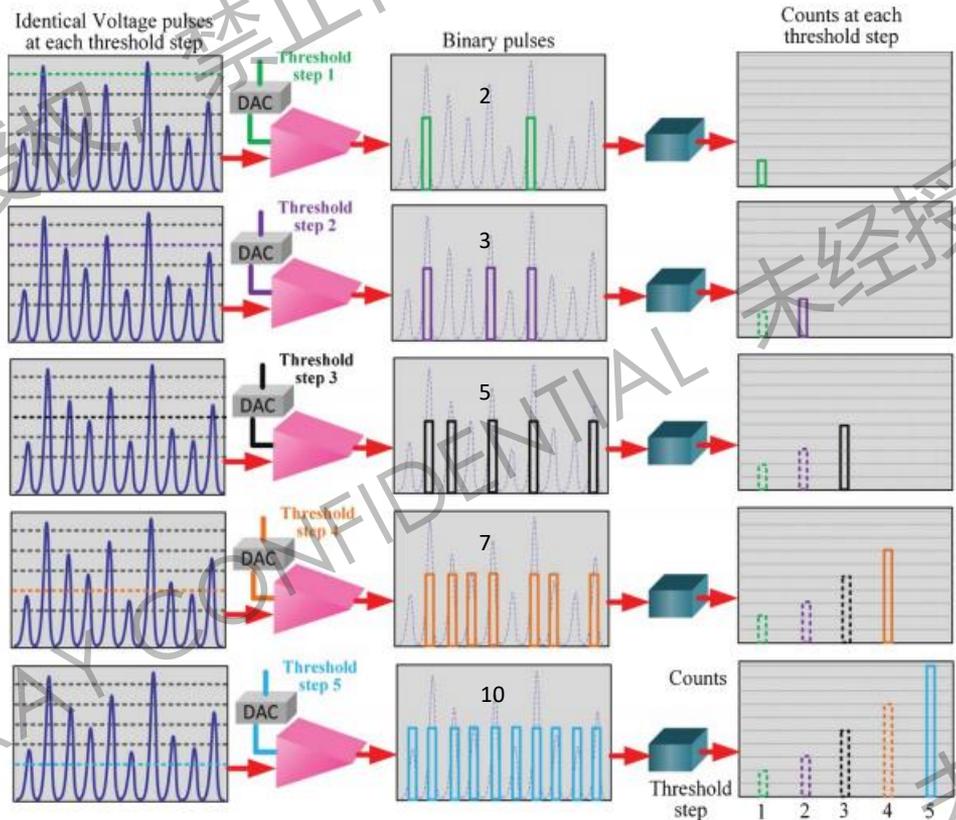


# 光子计数探测器—信号采集原理



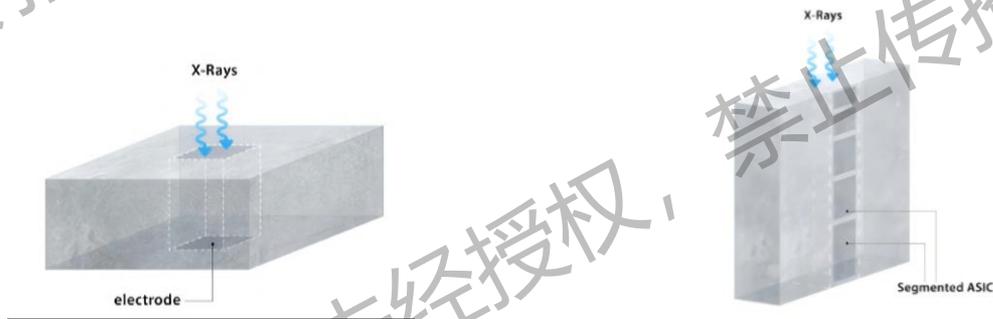
X 射线直接转换成电荷 放大电路 整形电路 比较电路 计数电路

# 光子计数探测器—能谱成像



- ✓ 零噪声
- ✓ 多能谱
- ✓ 高能量分辨
- ✓ 大动态范围
- ✓ 低辐射剂量
- ✓ 黑白图像→彩色图像

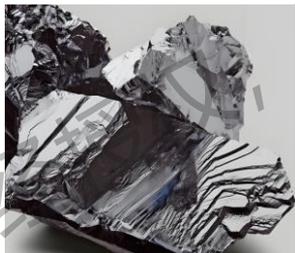
# 光子计数探测器—技术路线



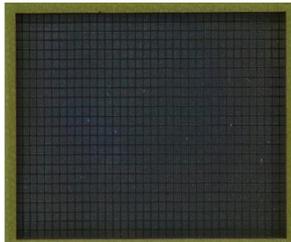
特性	CdTe/CZT	硅 (Si)
原子序数	高 (48/52)	低 (14)
探测器厚度	1.5–3 mm	30–60 mm
能量分辨率	5–10 keV	3.5–5.4 keV
康普顿散射	低	高
代表产品	西门子 (NAEOTOM Alpha 系列)	GE 预研产品

# 光子计数探测器—CZT探测器工艺流程

## ■ 晶体生长



## ■ 半导体工艺



## ■ 探测器





全球首台光子计数 CT

**NAEOTOM Alpha**

2021年9月获得 FDA 510(k)许可

2023年10月获得 NMPA

- ★ 扫描检查更灵敏、更安全
- ★ 临床图像具有超高空间分辨率和密度分辨率
- ★ 实现预防、诊断、治疗和康复领域的全流程精准医学

# 6

## 生产制造及质量保证

# 研发中心



## 南京研发中心

真空电子器件



## 北京研发中心

高压发生器



## 太仓研发中心

闪烁体材料  
CZT



## 成都研发中心

直线加速器, 直线加速管  
新技术(RGA...)



## 上海研发中心

X射线平板探测器/线扫描探测器  
光子计数探测器  
3D ODM解决方案



## 深圳研发中心

软件工作站



## 海宁研发中心

微焦点射线源  
X射线管, X射线组件  
2D ODM解决方案

# 现代化工厂



核心原材料国产化  
双供应商  
采购规模效应



小批量、多品种  
柔性制造



垂直配套  
SMT/线束/机加工/碳版

采购、生产、制造全流程的高效信息管理平  
台——ERP/MES系统



## 服务技术中心

### 亚洲

- 中国 - 上海, 太仓, 深圳
- 韩国 - 首尔
- 日本 - 横滨
- 印度 - 金奈

### 美洲

- 美国 - 克利夫兰
- 墨西哥 - 墨西哥城

### 欧洲

- 德国 - 斯图加特

## 销售网络

### 亚洲

- 中国 - 上海, 北京, 深圳, 成都
- 韩国 - 首尔
- 日本 - 横滨
- 印度 - 普纳
- 巴基斯坦 - 伊斯兰堡

### 美洲

- 美国 - 克里夫兰, 奥兰多
- 墨西哥 - 墨西哥城
- 巴西 - 圣保罗

### 欧洲

- 德国 - 斯图加特

### 非洲

- 南非 - 开普敦

# 质量体系&合规

## ■ 质量体系

产品概念

生命周期管理

完善的QMS系统

产品开发

持续改善

设计制造

## ■ 证书认证



奕瑞上海 奕瑞太仓 奕瑞海宁 奕瑞韩国

EN ISO 13485:2016

ISO 9001:2015

MDSAP

KGMP

## ■ 资质



12 NMPA  
A 产品

20  
FDA510k  
产品

19  
CE  
产品

## ■ 产品质量逐年提升 年上市产品累计故障率



## ■ 优秀供应商表彰

<b>PHILIPS</b> 飞利浦	<b>Neusoft</b> 东软	<b>Caresstream</b> 锐珂	<b>UNITED IMAGING</b> 联影	<b>SIEMENS</b> 西门子
质量表现 优异奖 2017	优秀 供应商 2023	创新奖 2023	质量表现 优异奖 2023	最佳供 应商 2024

注: 以上为2024年半年报数据

未经授权，禁止传播

未经授权，禁止传播

**THANK YOU**

iRay 奕瑞

IRAY CONFIDENTIAL

未经授权，禁止传播