

# Дисциплина «Источники рентгеновского излучения»

*Кафедра электронных приборов и устройств*

*Потрахов Николай Николаевич*

*Санкт-Петербургский  
Государственный  
Электротехнический  
Университет (ЛЭТИ)*



# Лекция 8

## Аналоговые приемники рентгеновского изображения

# Аналоговые приемники рентгеновского изображения

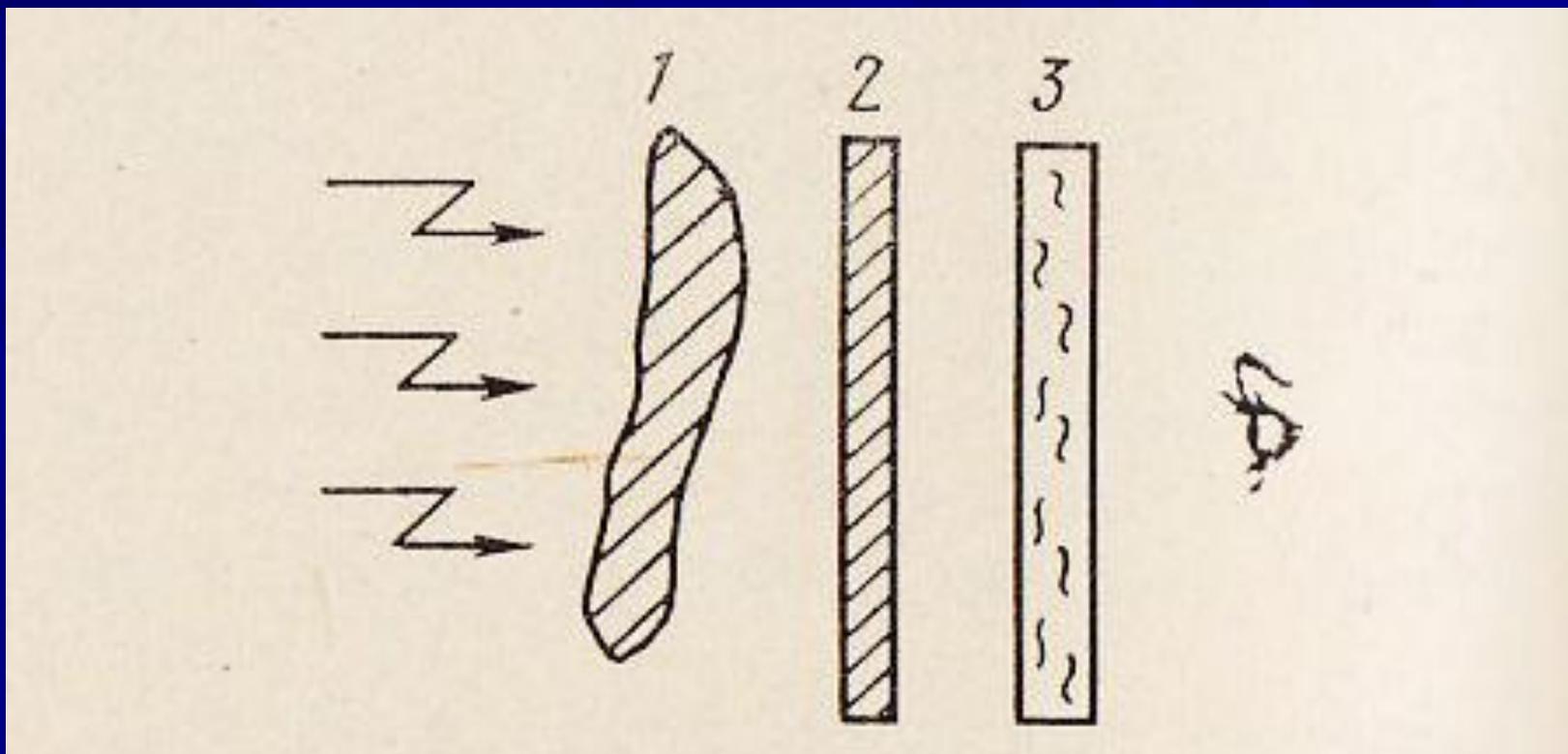
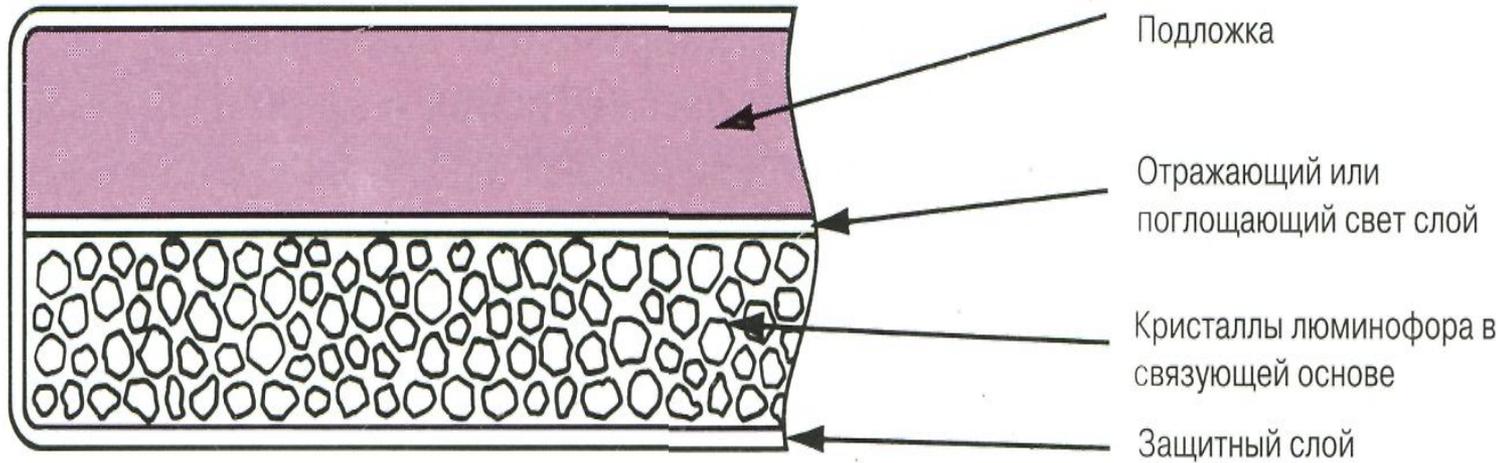


Схема флюороскопического метода диагностики  
1 - просвечиваемый объект; 2 - рентгеновский экран;  
3 - защитное стекло.

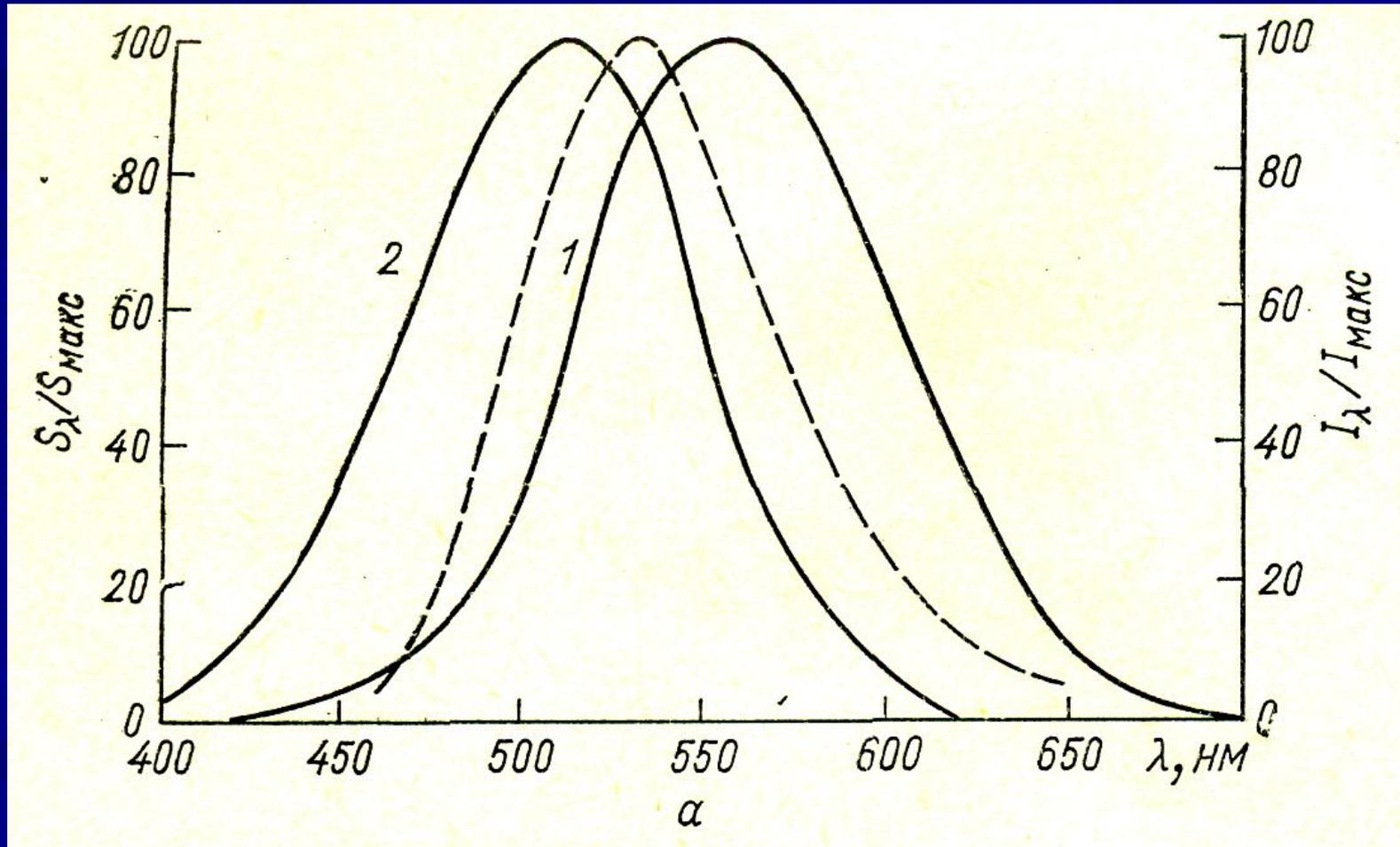
# Флуоресцирующий экран

## Устройство



# Флуоресцирующий экран

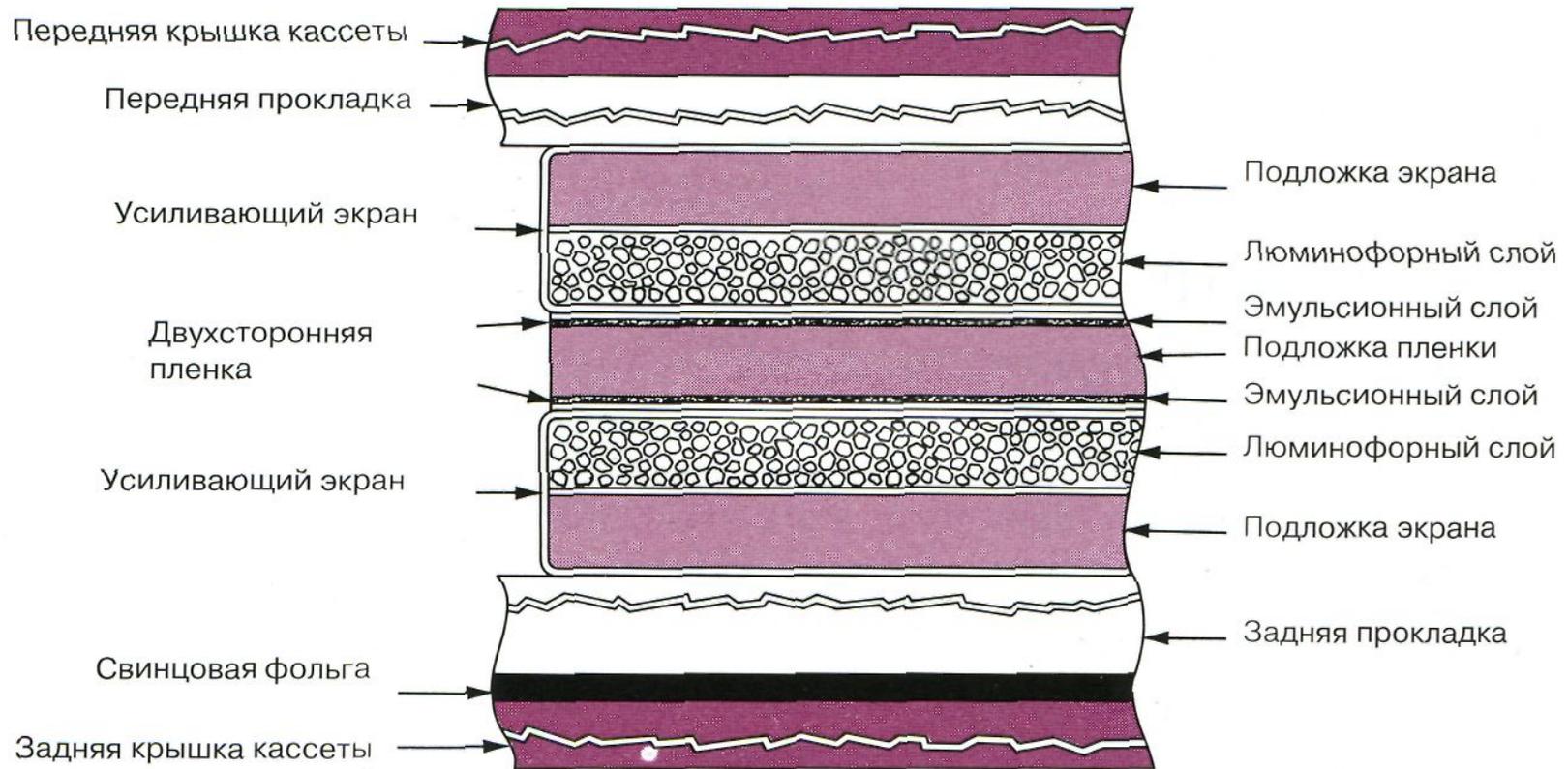
## Спектральная интенсивность излучения



1 - ZnS; 2 - GdS.

# Комплект: усиливающий экран и рентгеновская пленка

## Устройство



# Комплект: усиливающий экран и рентгеновская пленка

## Основные параметры рентгенолюминофоров

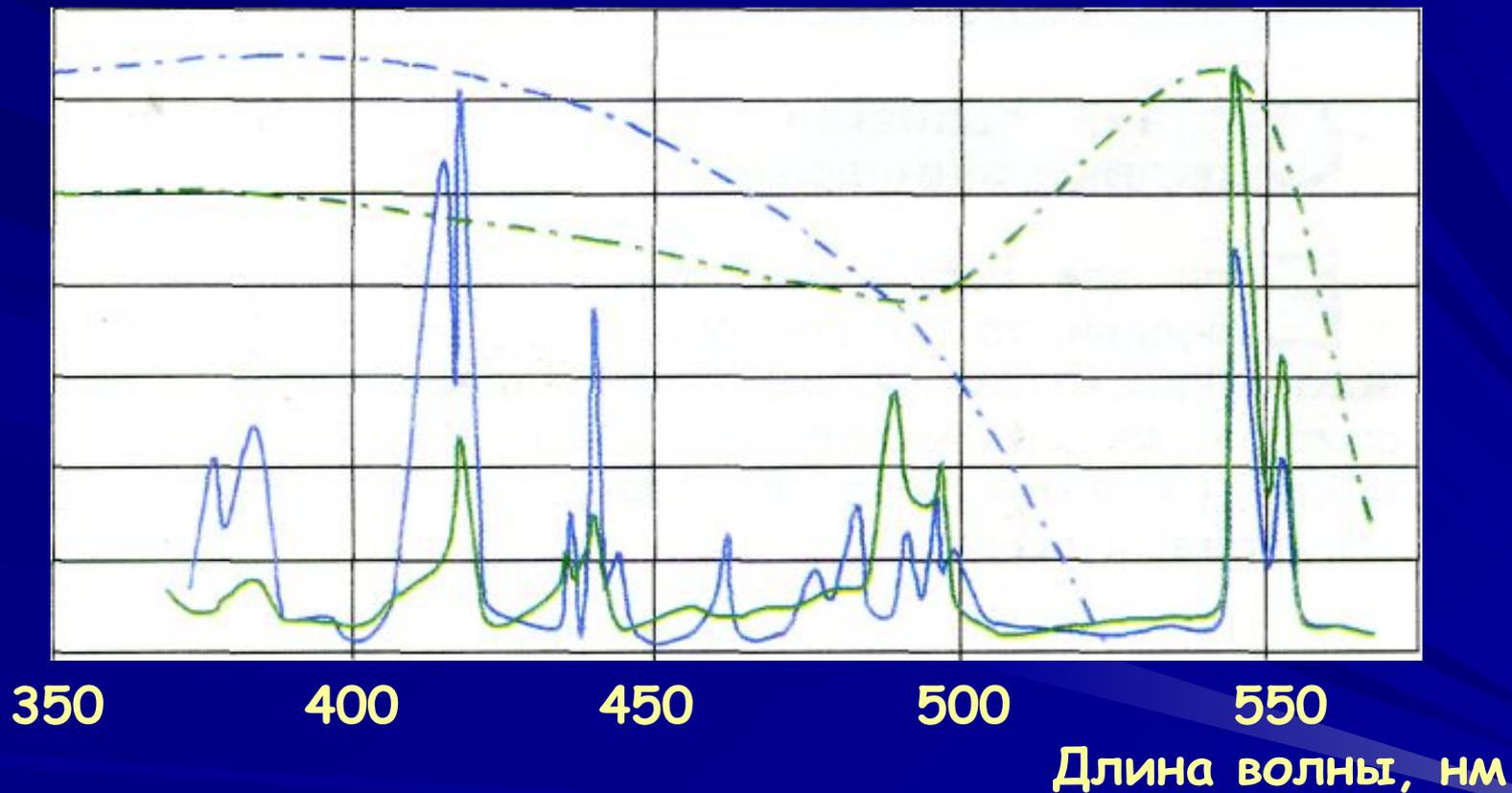
Тип люминофора	Поглощение, %		Технический выход, %	К-скачок поглощения, кВ	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм
	в слое 100 мг/см <sup>2</sup> , %	в отн. ед. к CaWO <sub>4</sub>			
CaWO <sub>4</sub>	26,5	1,00	5,5	69,5	425
Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	27	1,00	18	17	418, 545
Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	37,5	1,4	15	50,2	545
LnOBr:Tb	41,5	1,55	13	38,9	437

**Комплект:  
усиливающий экран и рентгеновская пленка**

**Основные параметры  
отечественных усиливающих экранов**

Тип экрана	Тип люминофора	Класс по ГОСТ	Фотографическое действие, отн. ед.	Коэффициент передачи контраста, %	Разрешающая способность, л/мм	Зернистость, отн. ед.
ЭУ-В1К	$\text{CaWO}_4$	1	0,5	120	11,5	1,0
ЭУ-В2	$\text{CaWO}_4$	2	1	100	9,5	1,0
ЭУ-ВИЗ	$85\text{CaWO}_4 + 15\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$	3	1,8	100	9,5	—
ЭУ-ИЗ	$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$	3	2	130	12,5	1,4
ЭУ-И4	$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$	4	3,0	90	8	—
ЭУ-Л*	$\text{LaOBr:Tb}$	4	3,0	70	6,5	1,1
ЭУ-ГЗ**	$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$	3	—	140	13	0,9

**Комплект:**  
**усиливающий экран и рентгеновская пленка**  
**Спектральная чувствительность**



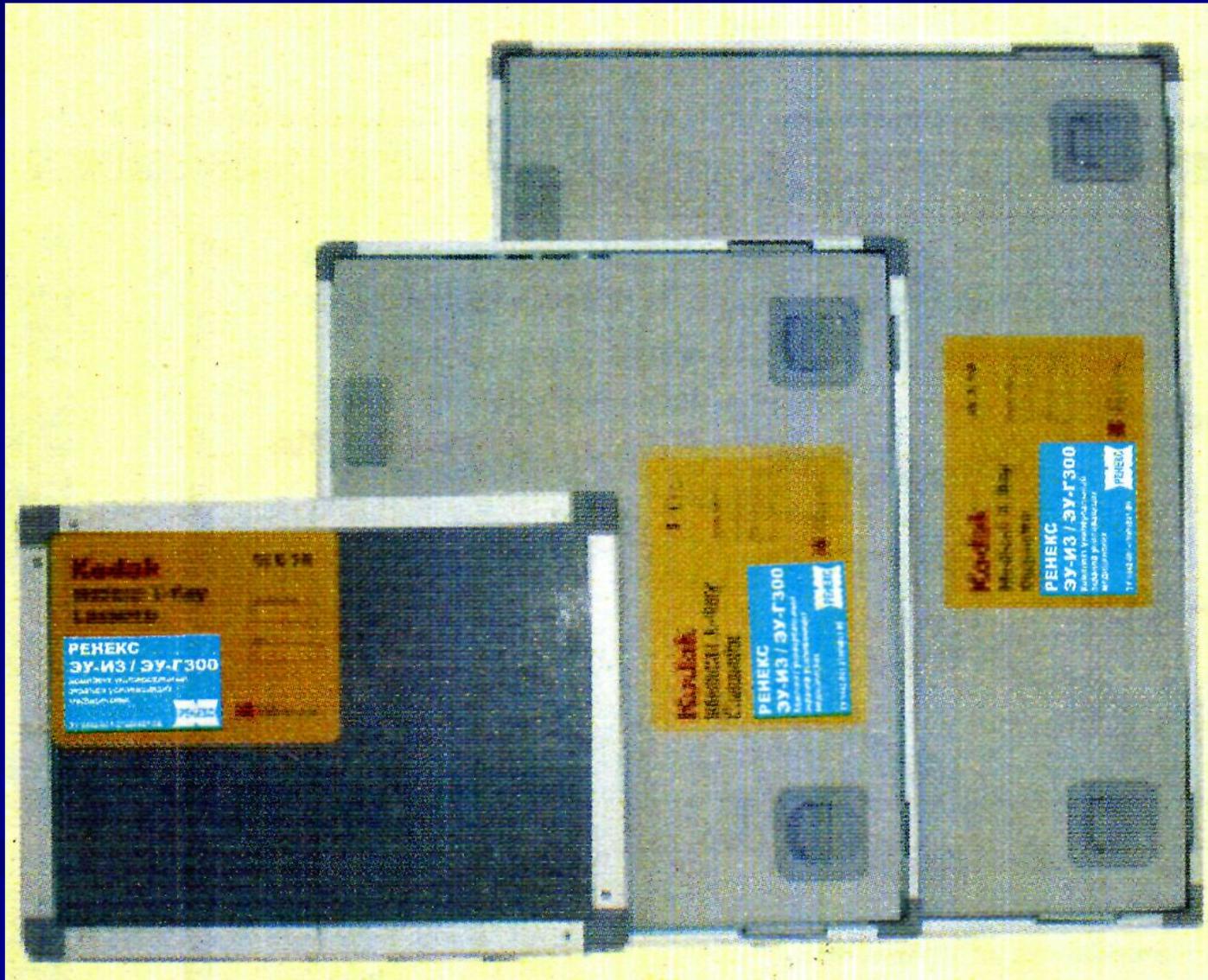
--- РЕНЕКС ЭУ-И300

— - Синечувствительная рентгеновская пленка

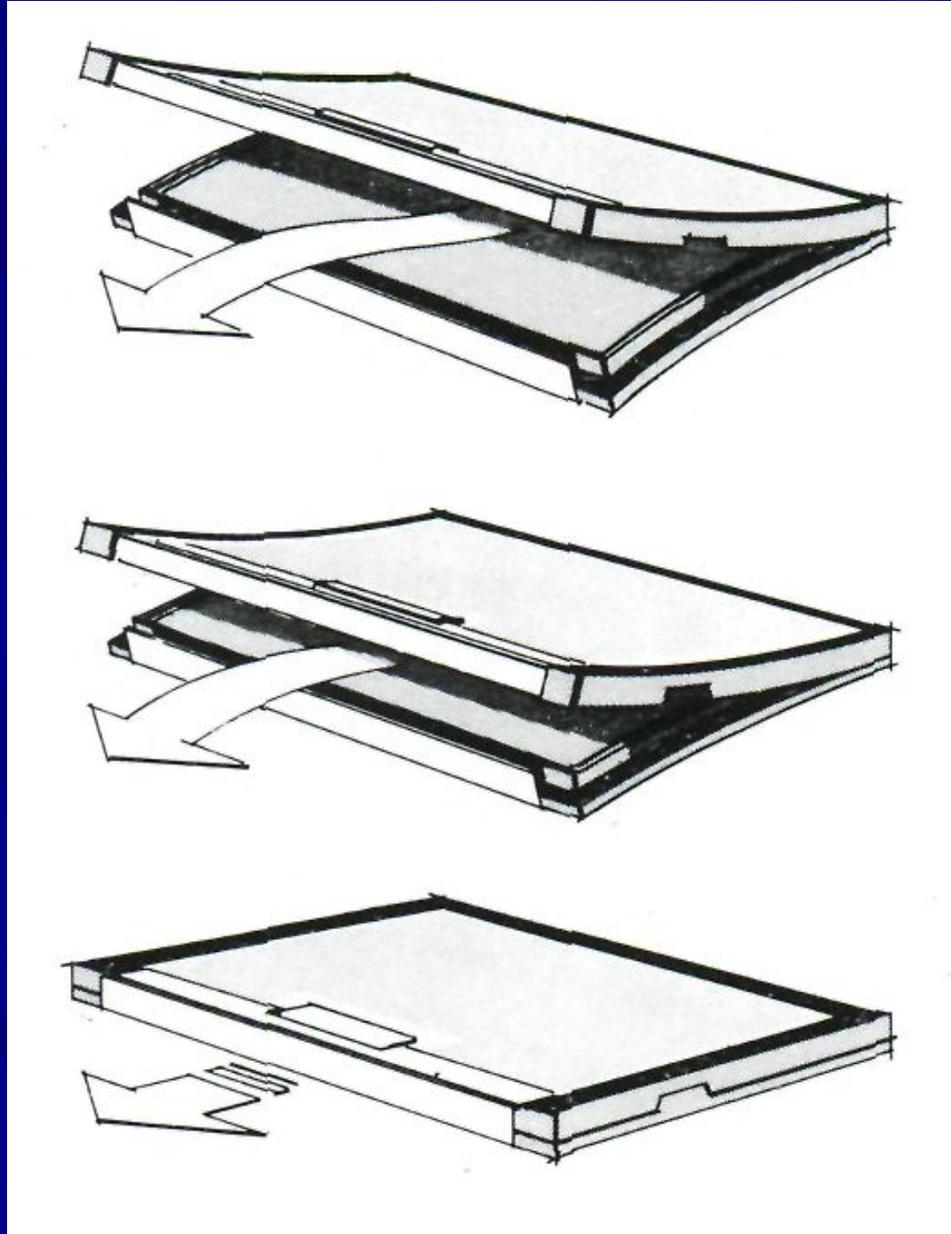
--- РЕНЕКС ЭУ-Г300

— - Зеленочувствительная рентгеновская пленка

# Внешний вид

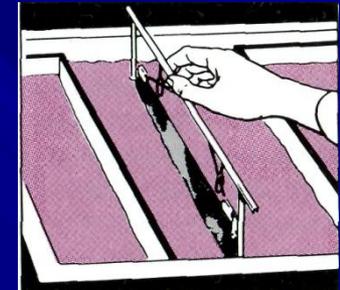
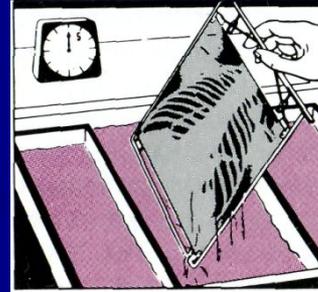


# Конструкция и принцип действия

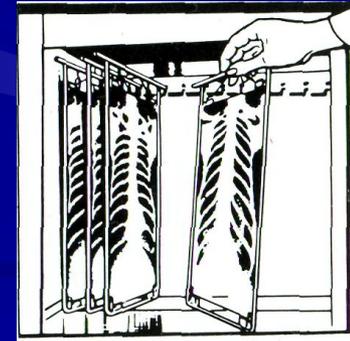
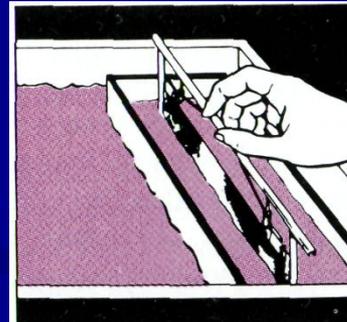
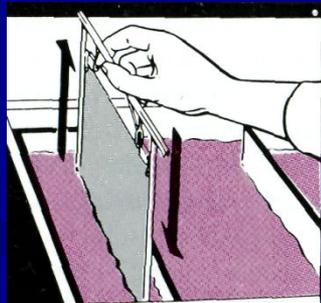
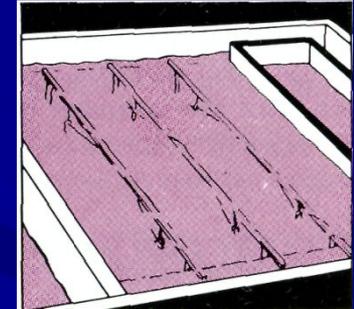
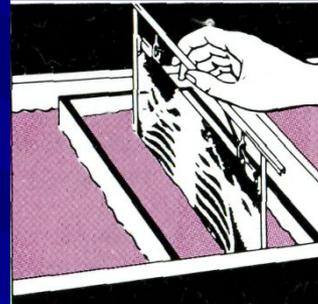
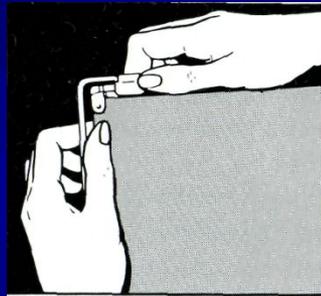


**Фотографическая обработка пленки может быть ручной или автоматической, но всегда она должна соответствовать рекомендациям разработчика как в части использования соответствующих типов реактивов, так и в условиях обработки.**

# Ручная проявка

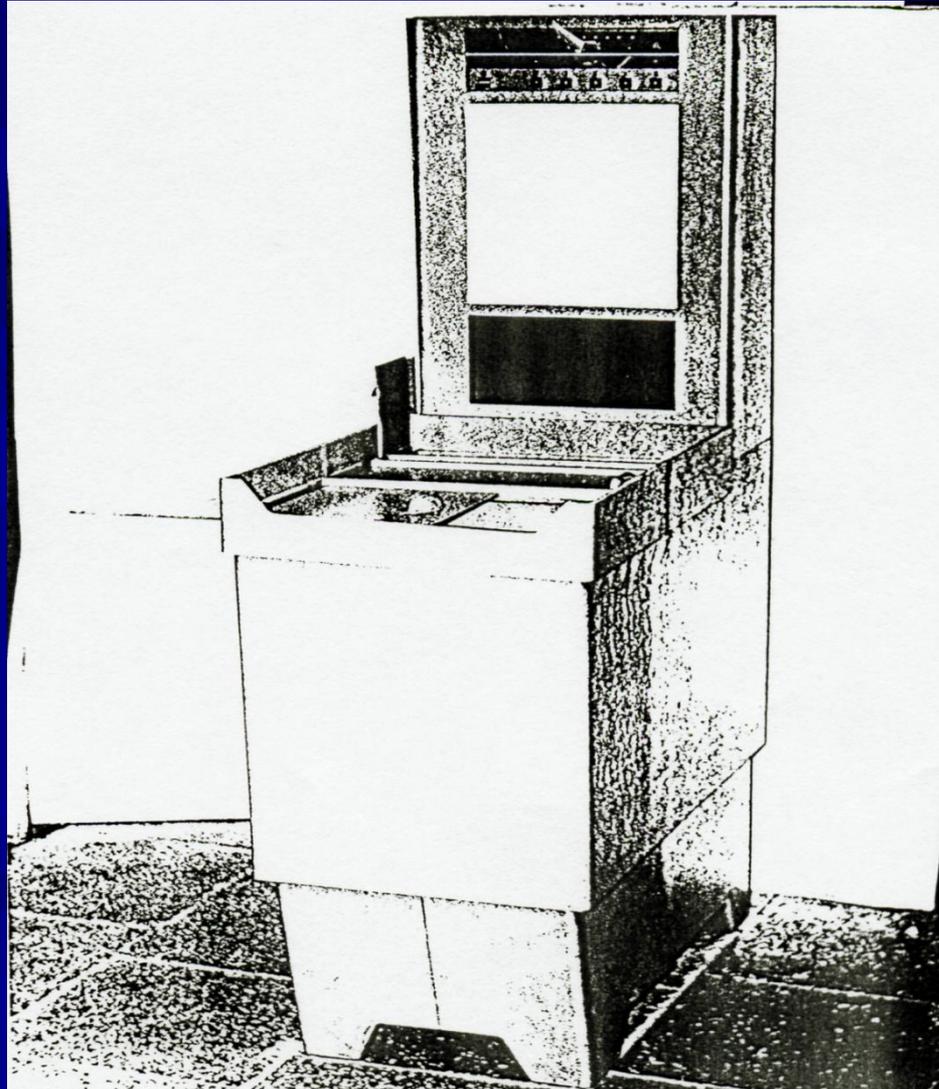


[Redacted]		
60 F	15.5 C	8 1/2
65 F	18.5 C	6
68 F	20 C	5
70 F	21 C	4 1/2
75 F	24 C	3 1/4

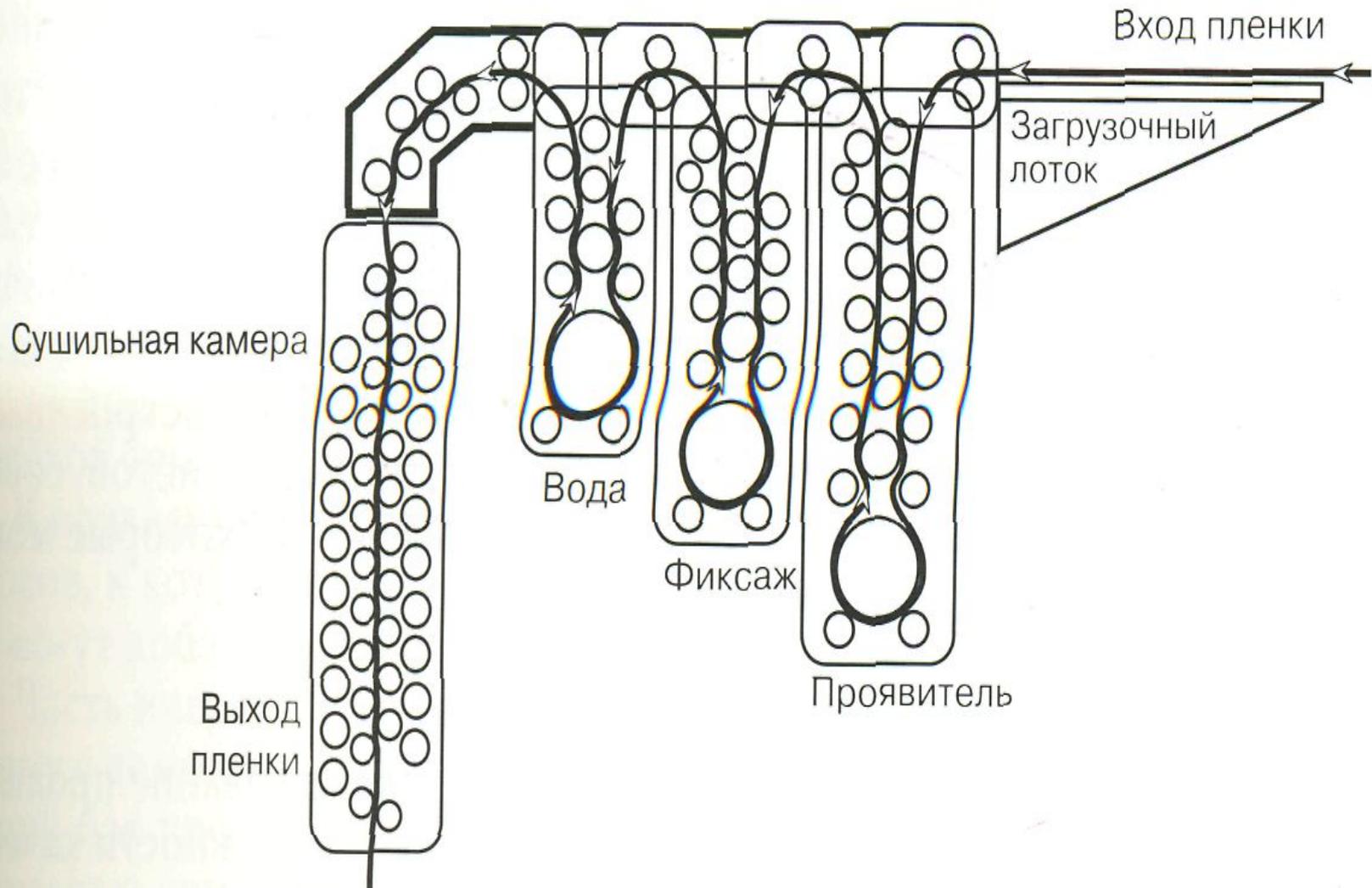


# Автоматическая проявка

## Проявочная машина



# Принцип действия



# Визуализация рентгеновского изображения

Экранная пленка – листовая, универсальных форматов.

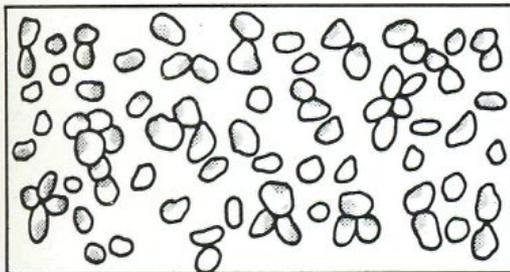
Подложка ~18 мм – толщина

Эмульсия – 3,5 мм – состоит из желатина

с галоидным серебром.

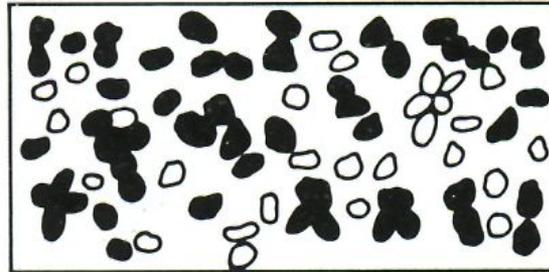
Размер зерна ~ 1 мкм.

Защитный слой.



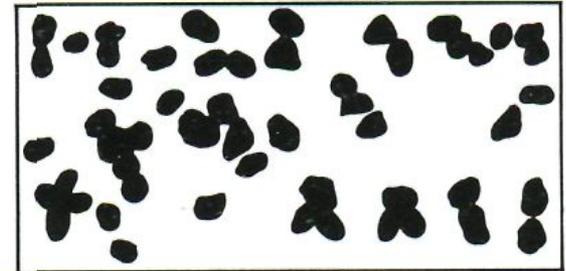
a

Экспонирование



b

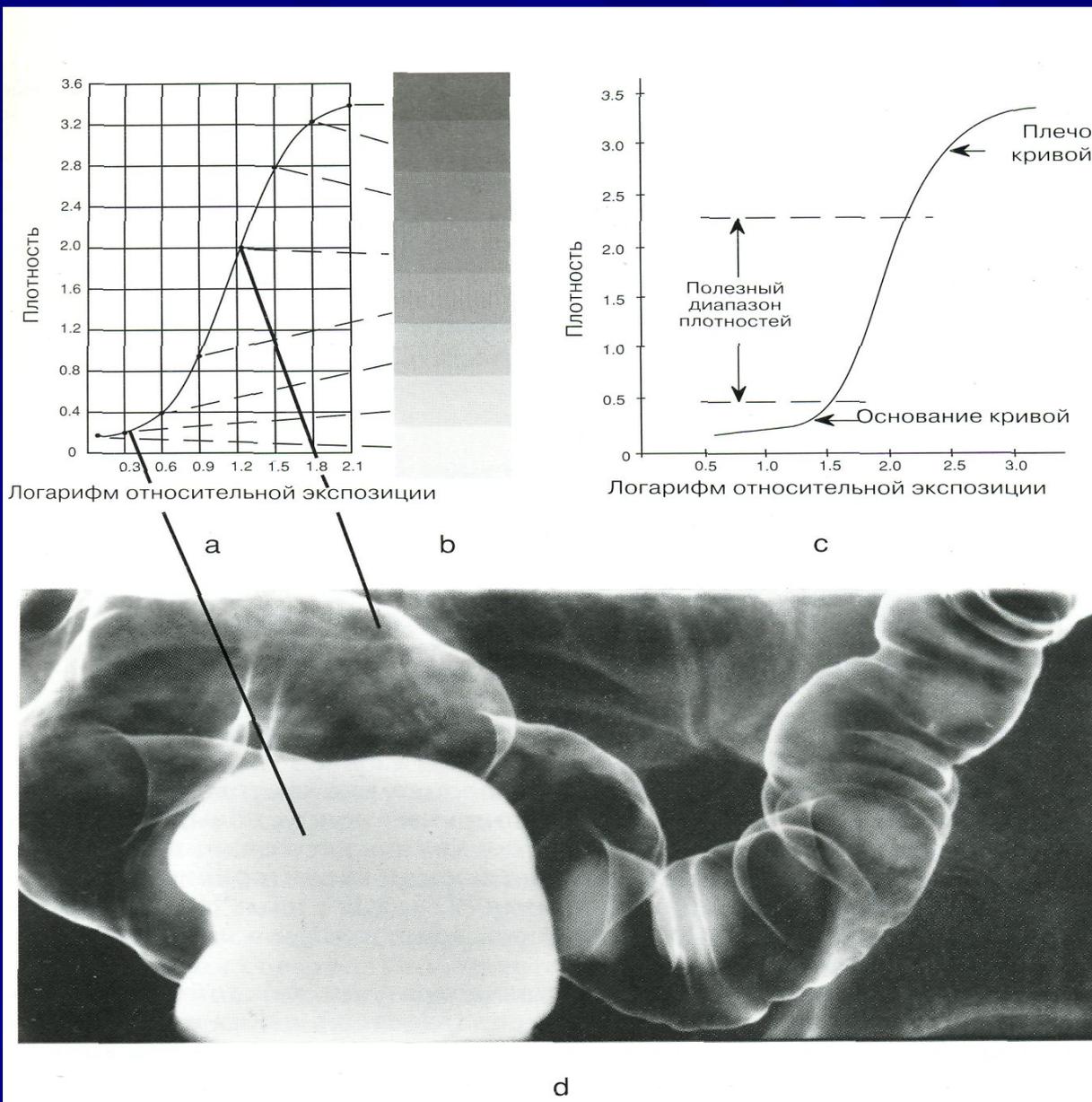
Проявление



c

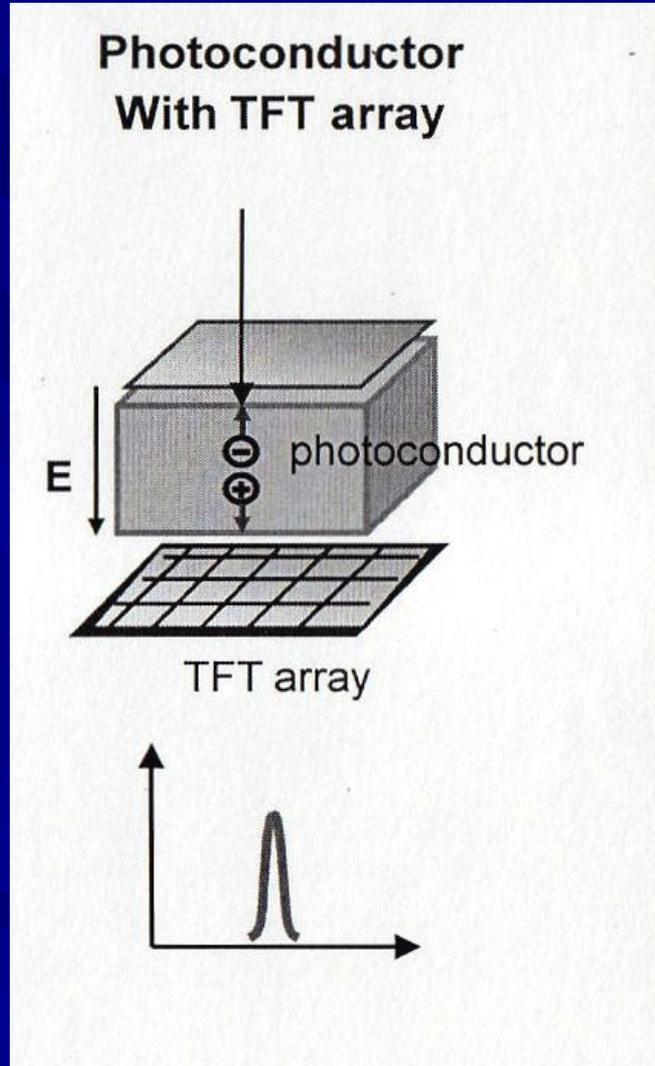
Фиксирование

# Визуализация рентгеновского изображения



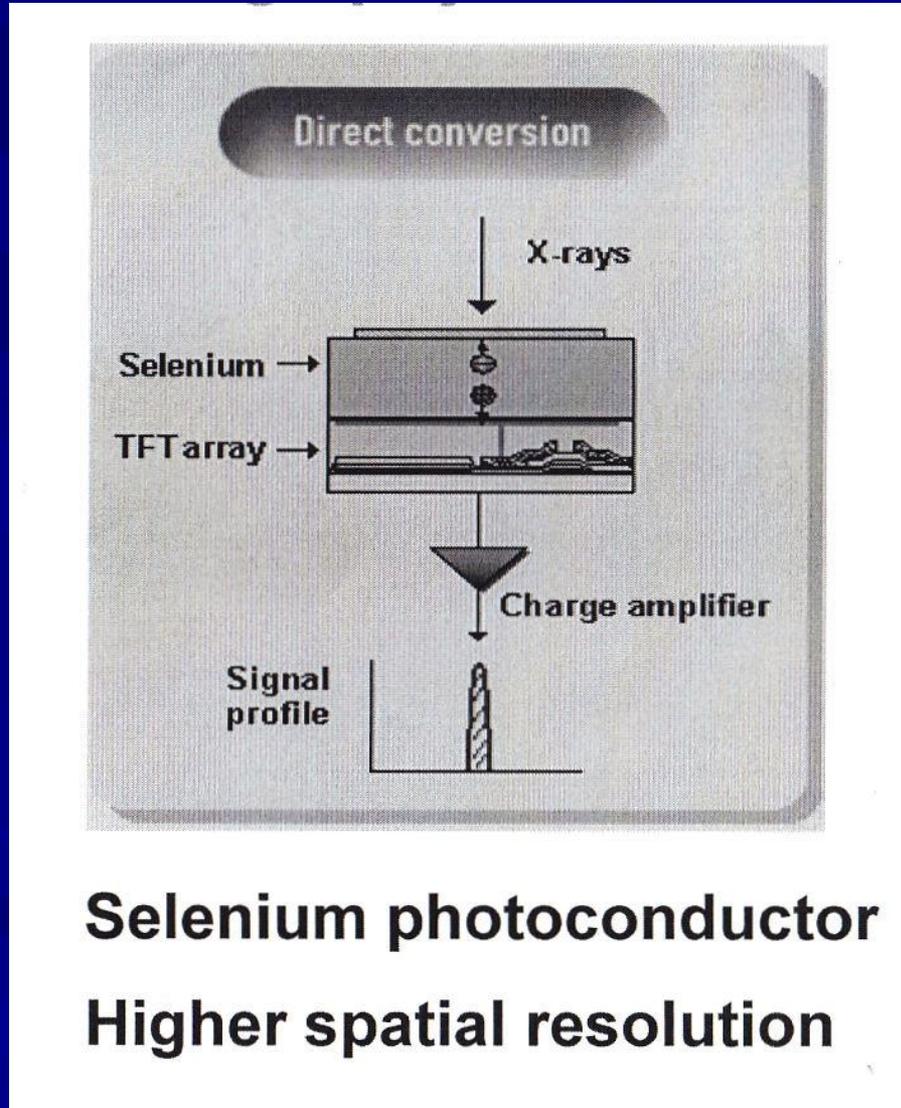
# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель прямого преобразования



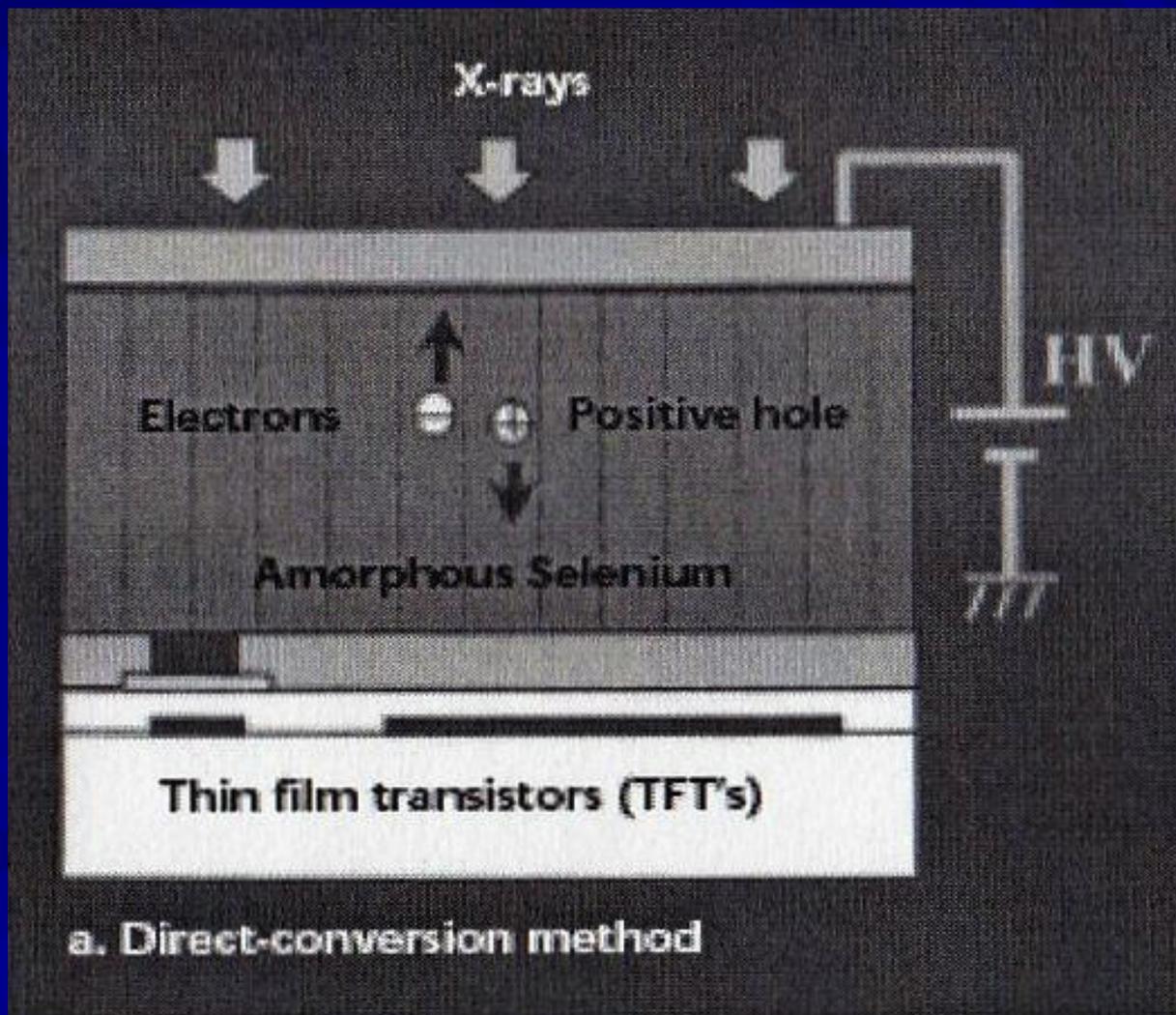
# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель прямого преобразования



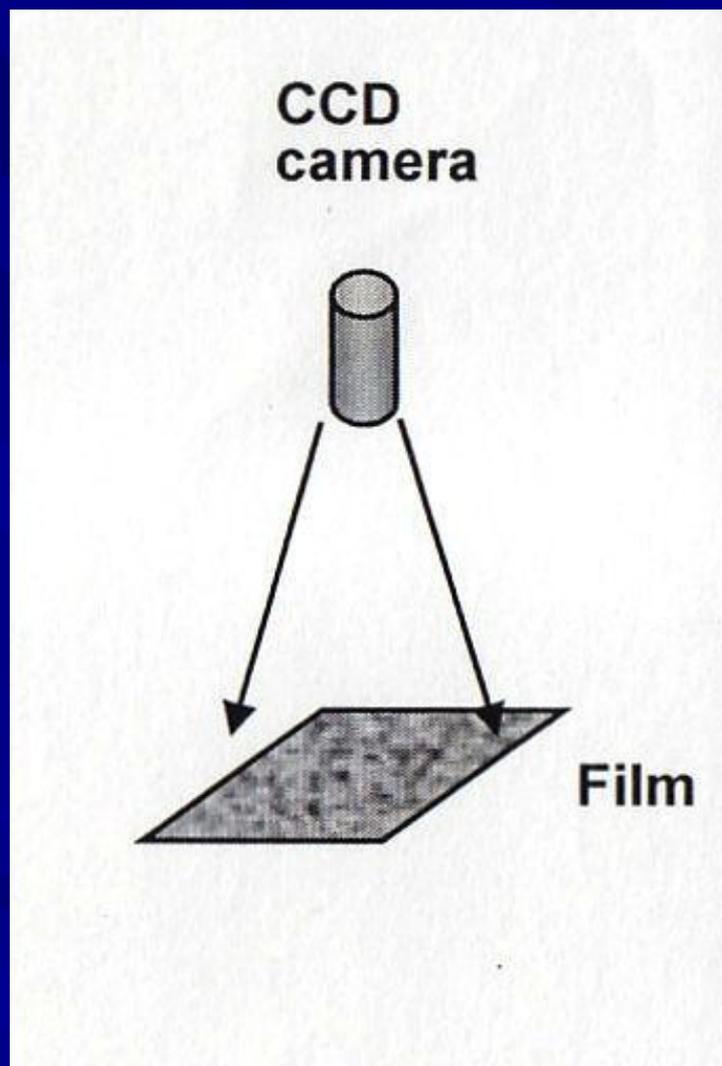
# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель прямого преобразования

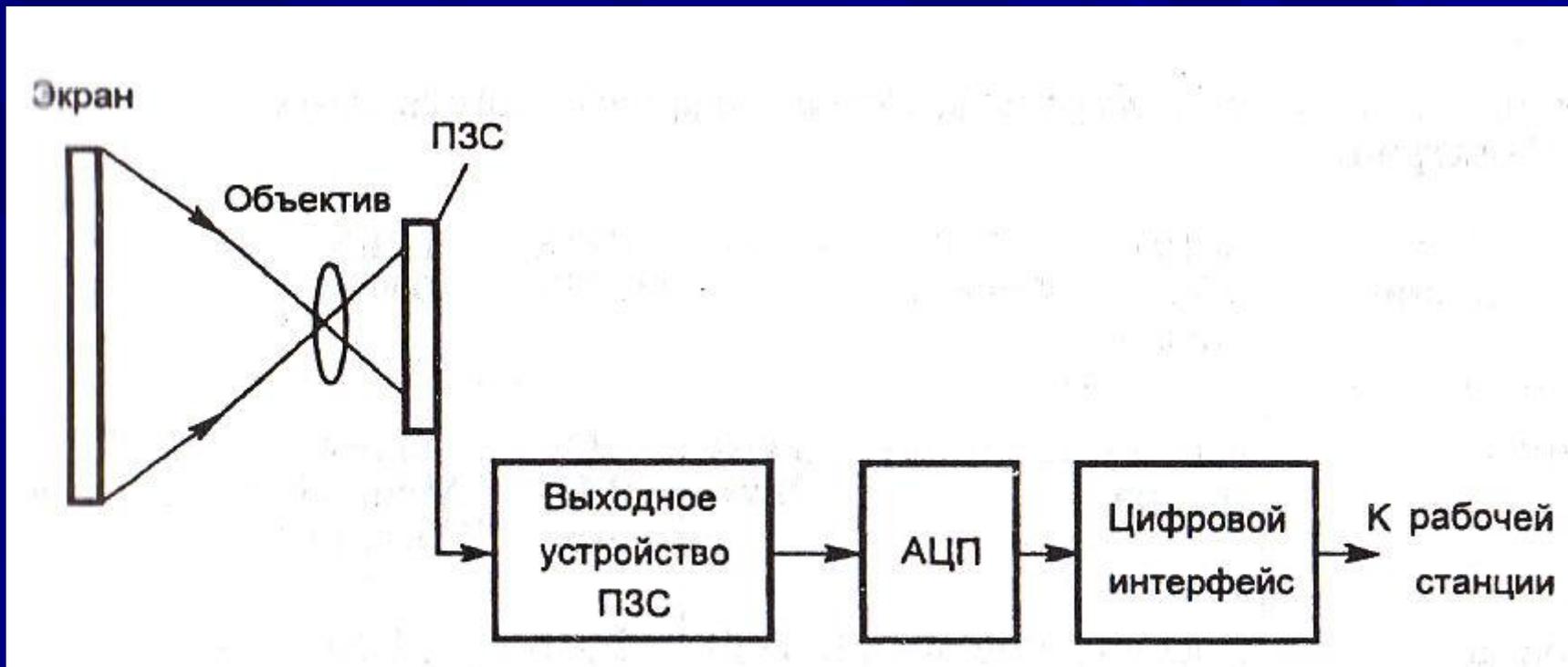


# Цифровые приемники рентгеновского изображения

Экран + оптика + ПЗС-матрица



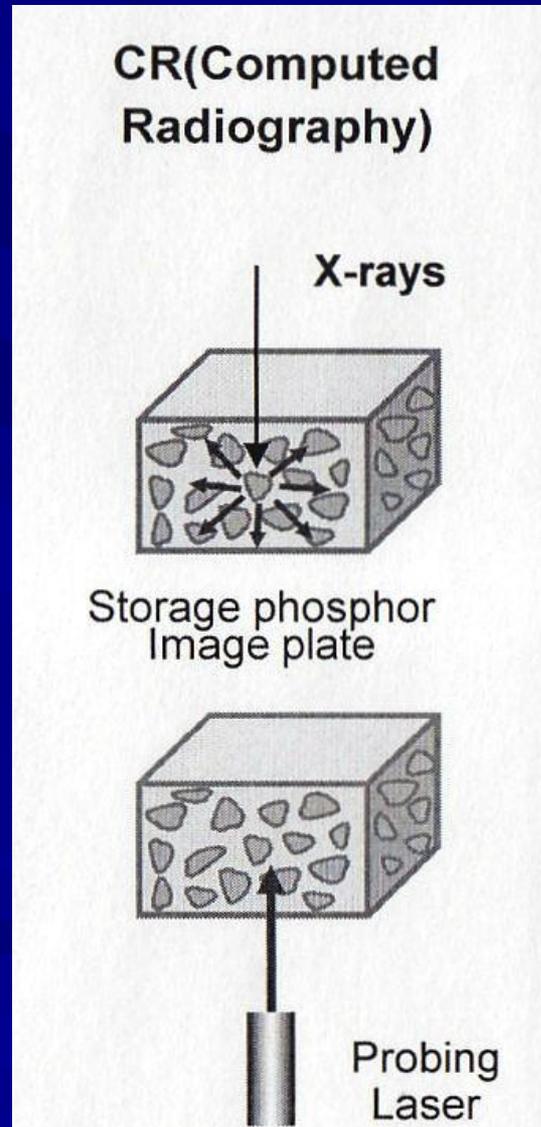
# Экран + оптика + ПЗС-матрица



Функциональная схема приемника  
экран - оптика - ПЗС-матрица.

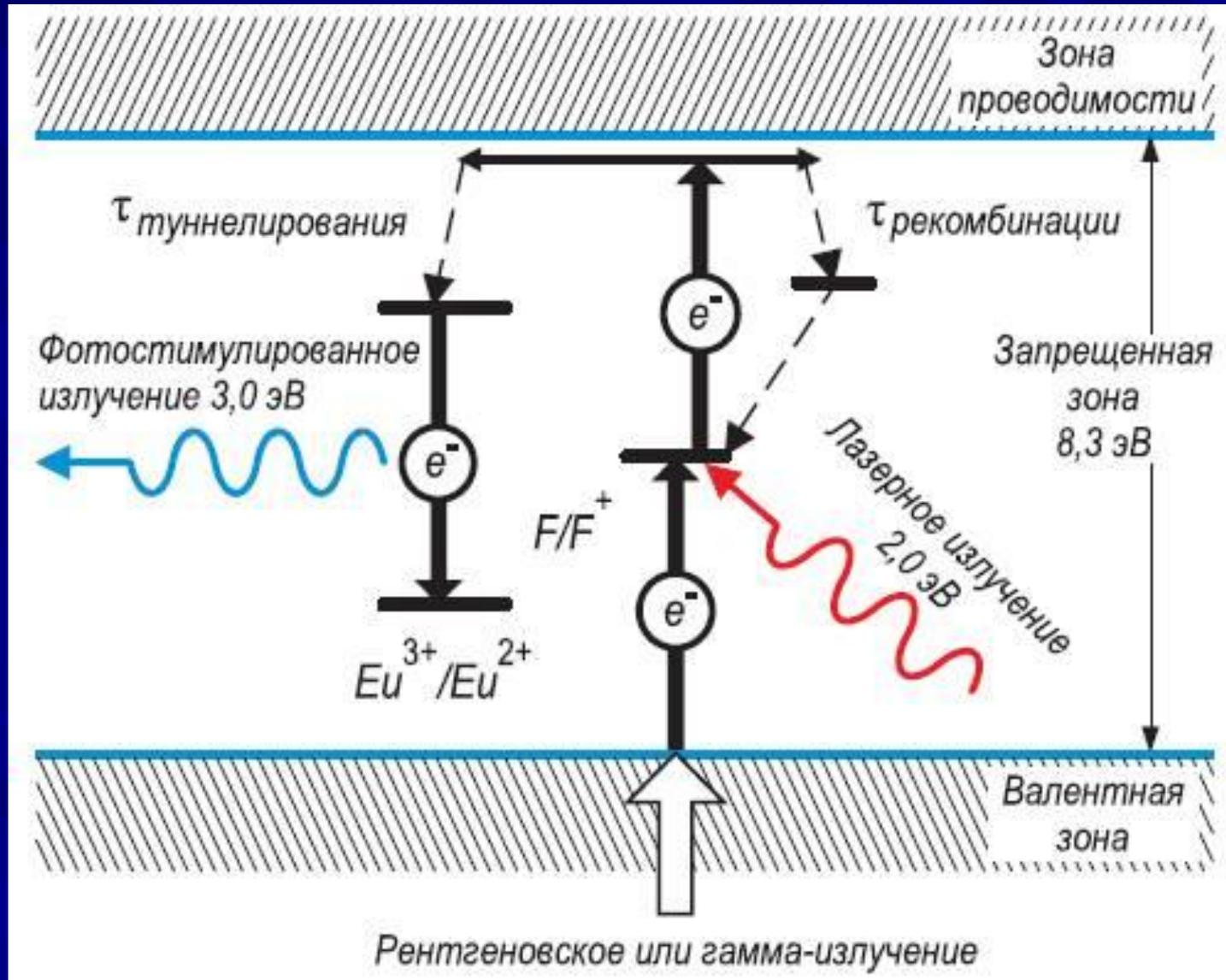
# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Экран с фотостимулируемым люминофором



# Экран с фотостимулируемым люминофором

## Принцип действия



# Экран с фотостимулируемым люминофором

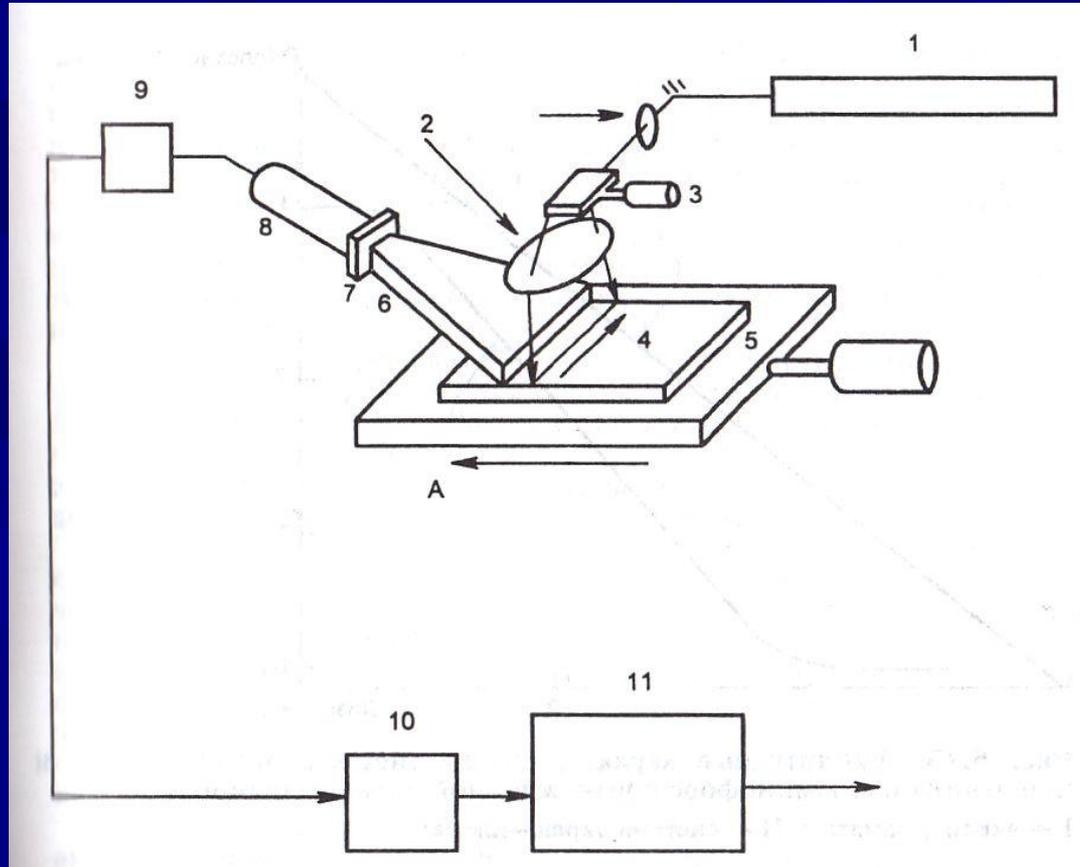
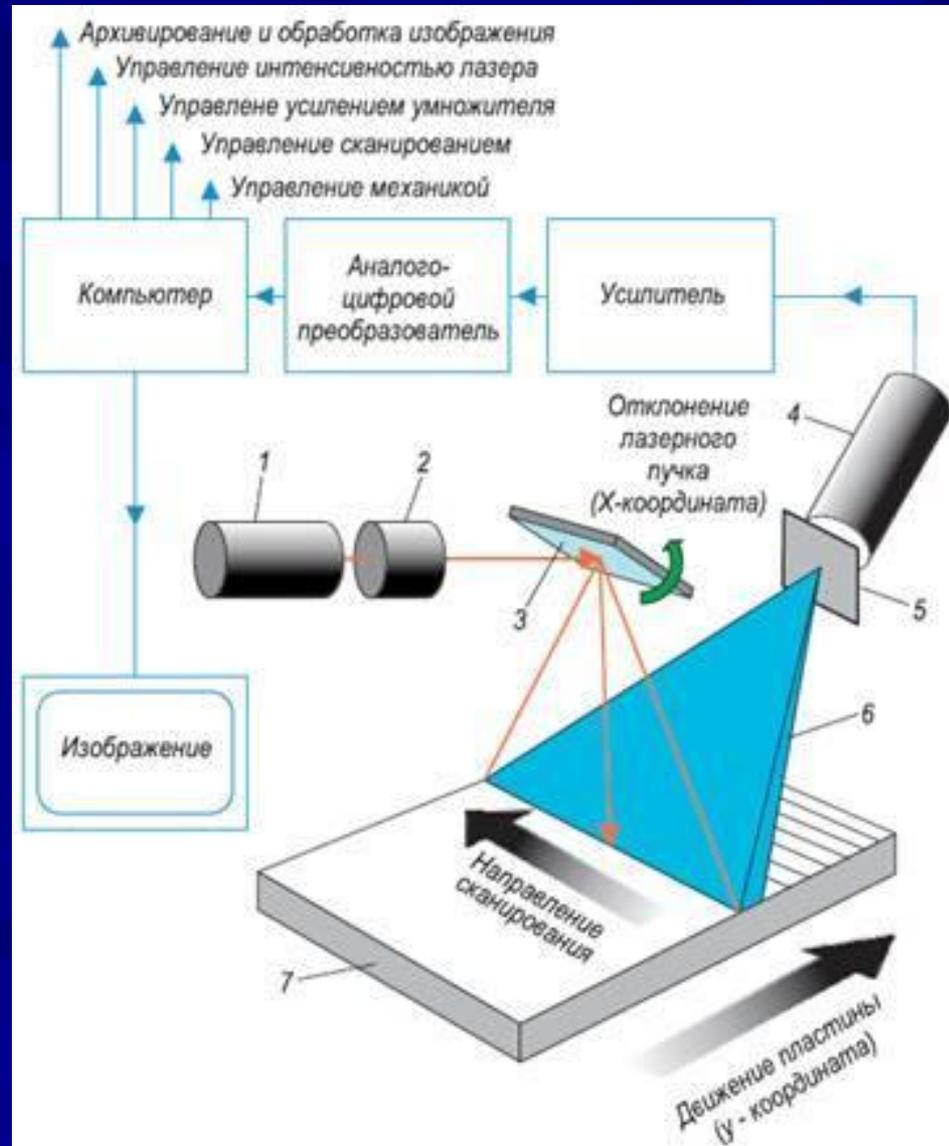


Схема приемника на базе люминофора с памятью и вынужденной люминесценцией.

- 1 - лазер; 2 - фокусирующая оптика; 3 - сканирующее зеркало;
- 4 - экран с памятью; 5 - подвижное основание;
- 6 - световод, собирающий свет; 7 - фильтр; 8 - ФЭУ; 9 - усилитель;
- 10 - АЦТТ; 11 - канал цифровой обработки; А - сдвиг между строками.

# Экран с фотостимулируемым люминофором

## Структурная схема



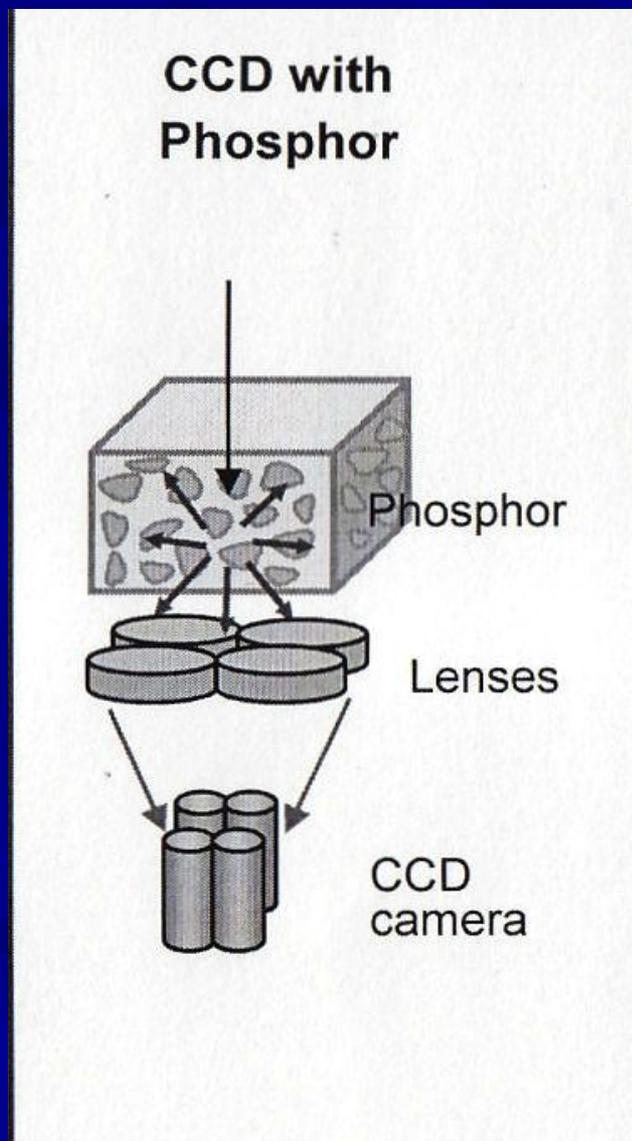
# Экран с фотостимулируемым люминофором

## Конструкция

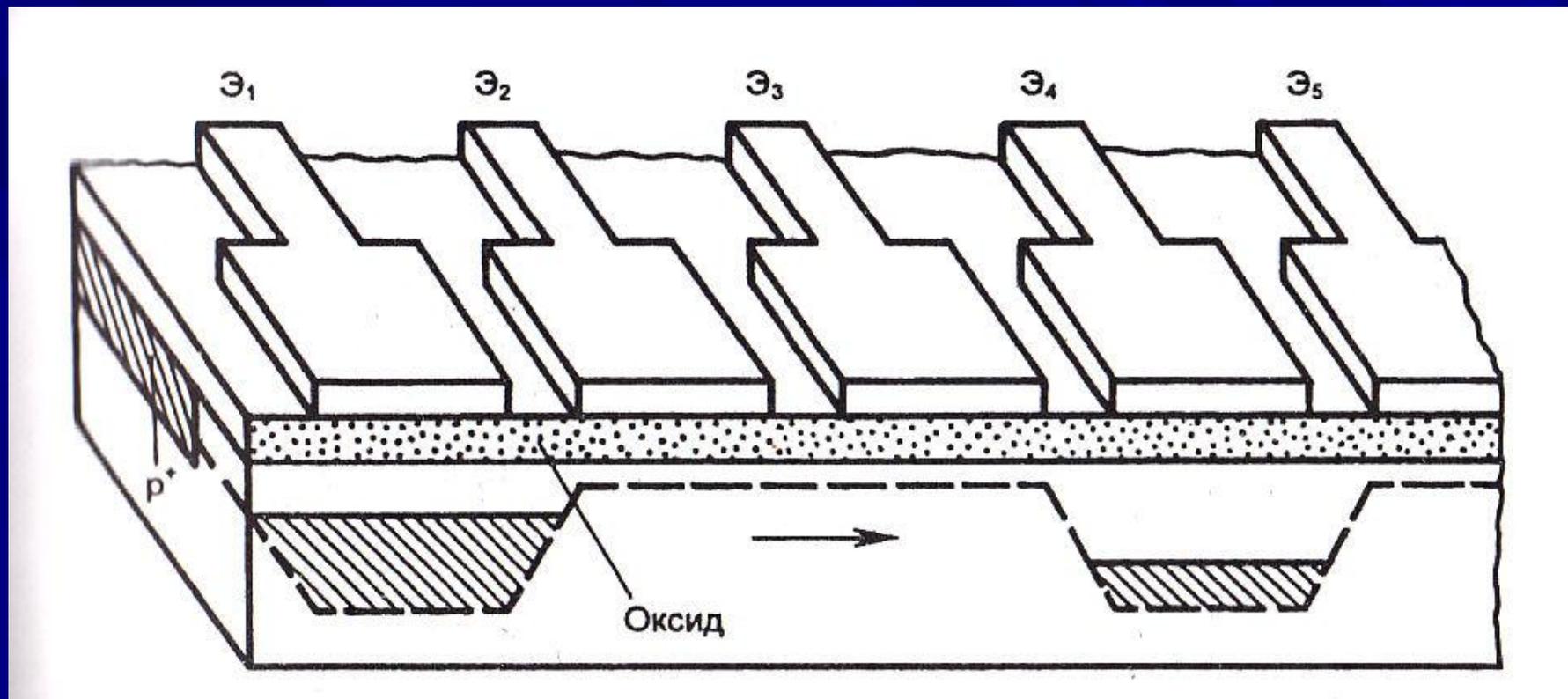


# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель непрямого преобразования



# Рентгеночувствительная ПЗС/КМОП-матрица



Трехфазная ПЗС-структура

# Рентгеночувствительная ПЗС/КМОП-матрица

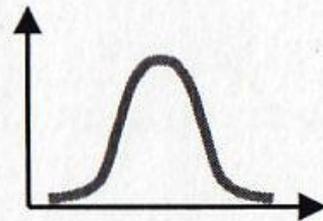
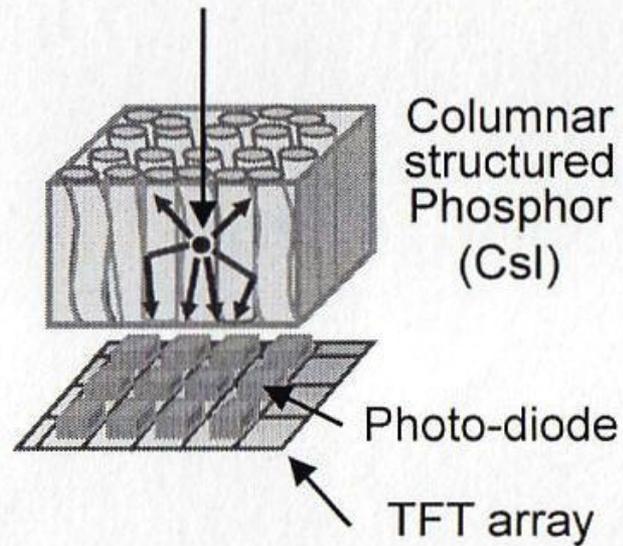
Внешний вид



# Цифровые приемники рентгеновского изображения

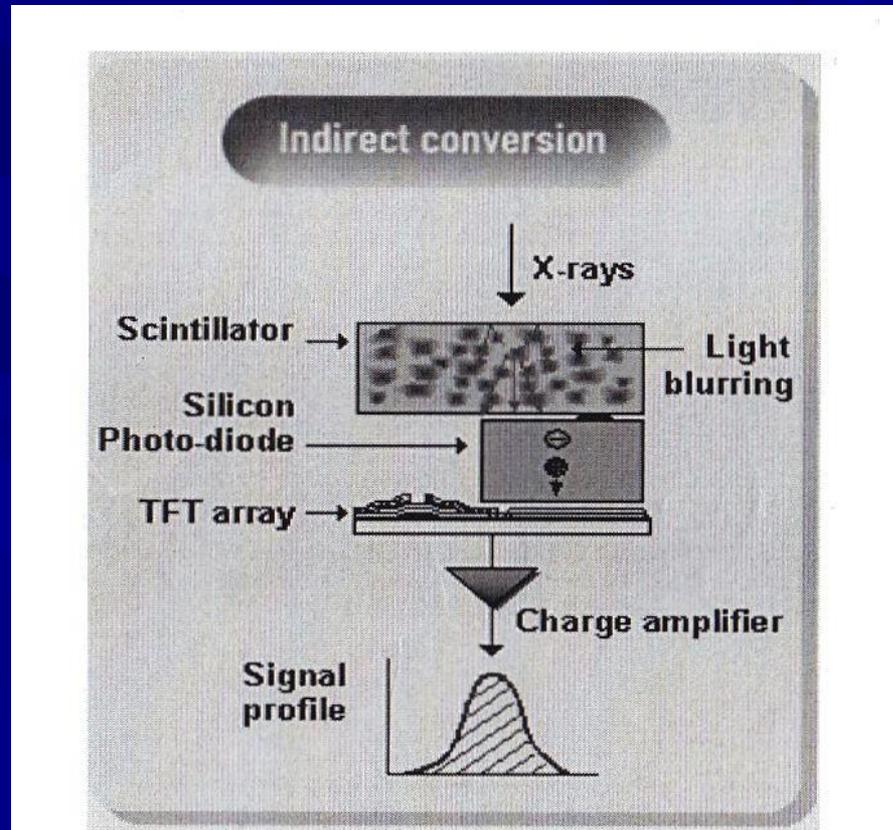
## Электронная панель непрямого преобразования

Phosphor with  
Photodiode, TFT array



# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель непрямого преобразования

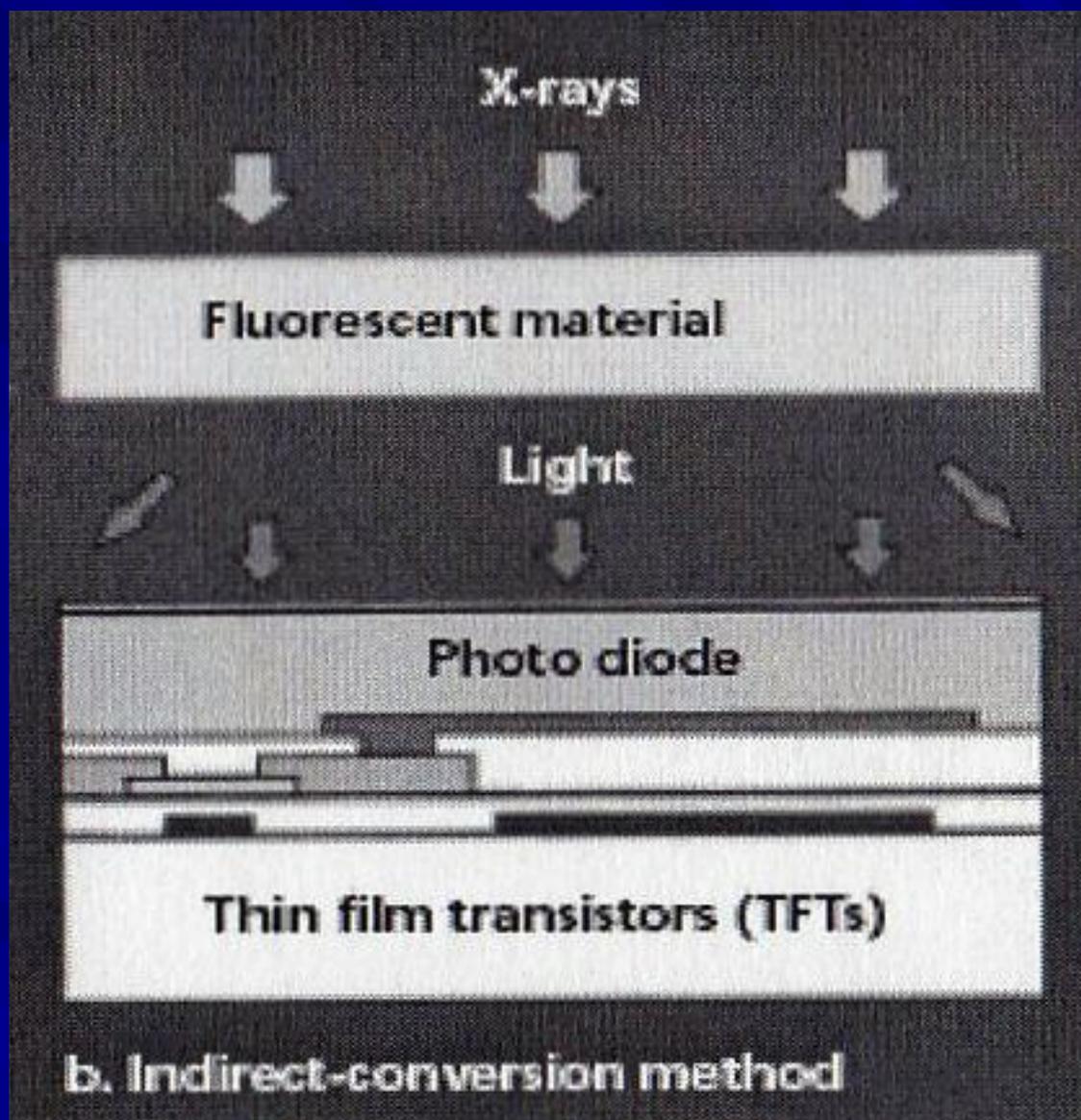


**Scintillator + photodiode**

**Lower spatial resolution**

# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель непрямого преобразования



# Цифровые приемники рентгеновского изображения

## Электронная панель непрямого преобразования

