

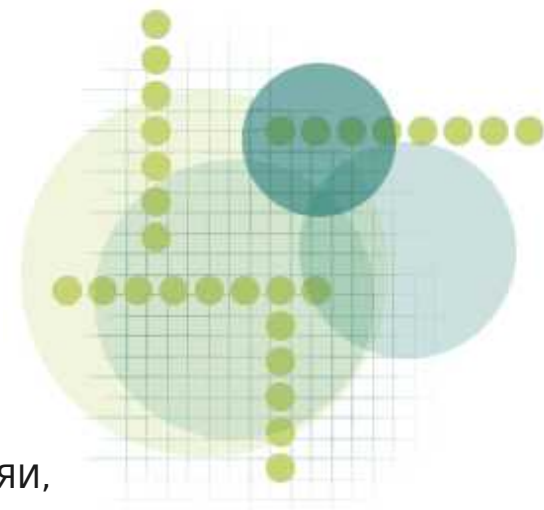
Фотодетекторы нового поколения - Микропиксельные лавинные фотодиоды

Анфимов Николай

anphimov@gmail.com,

+7(49621)6-24-83

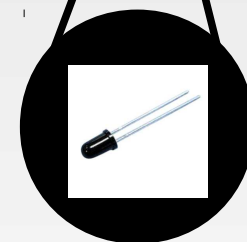
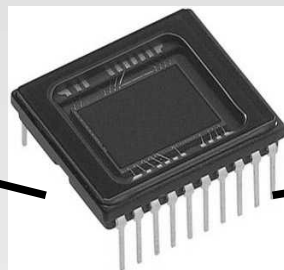
Лаборатория Ядерных Проблем,
Объединенный Институт Ядерных
Исследований, 141980, Жолио-Кюри 6,
Дубна, Россия.



Что такое фотодетектор?

- Фотодетектор (фотоприемник) — *прибор для регистрации света.*
- Фотодетекторы переводят *световой* сигнал в *электрический*.
- Принцип действия большинства современных фотодетекторов основан на явлении *фотоэлектрического эффекта*.

Где фотодетекторы встречаются в обычной жизни?

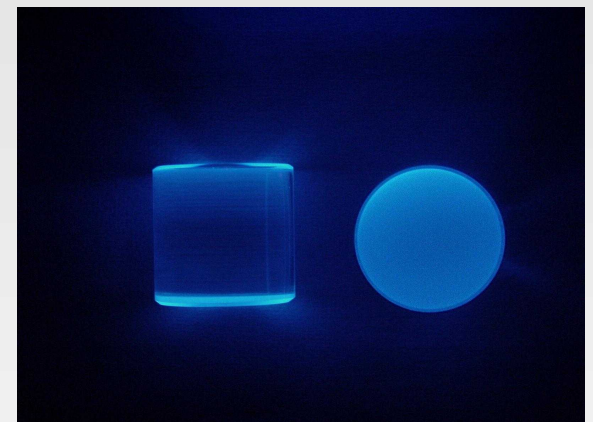
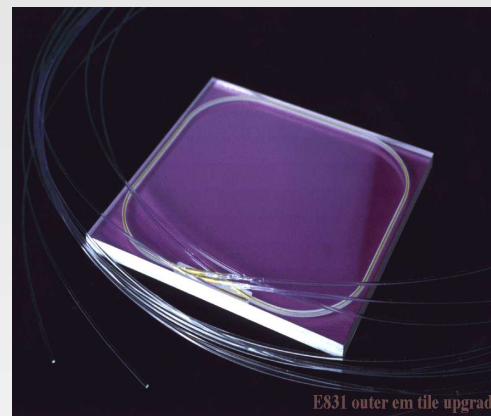


Сколько фотонов в помещении?

- Типичная освещенность в помещении ≈ 200 лк (люкс)
- $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм} / \text{м}^2$. (люмен на метр квадратный)
- $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \times \text{ср.}$ (кандела на стерадиан)
- $1 \text{ кд} = (1/683) \text{ Вт/ср.}$ (при $\nu = 540 \text{ ТГц}$ или $\lambda = 555 \text{ нм}$)
- $E_\gamma(\nu = 540 \text{ ТГц}) = h\nu = 6.62 \cdot 10^{-34} [\text{Дж} \cdot \text{с}] \cdot 540 \cdot 10^{12} [\text{с}^{-1}] = 3.57 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$ - энергия одного фотона!
- $1 \text{ лм} = 1/683 \text{ Вт} = 1/683 \text{ Дж/с} = 4.1 \cdot 10^{15} \text{ фотонов/с}$
- $200 \text{ лк} = 8.2 \cdot 10^{17} [\text{фотонов/м}^2/\text{с}] \approx 10^{18} [\text{фотонов/м}^2/\text{с}]$

Зачем нужны фотодетекторы в ядерной физике?

- **Сцинтилляторы** — вещества, обладающие способностью излучать свет при прохождении/поглощении ионизирующего излучения (гамма-квантов, электронов, альфа-частиц и пр.).

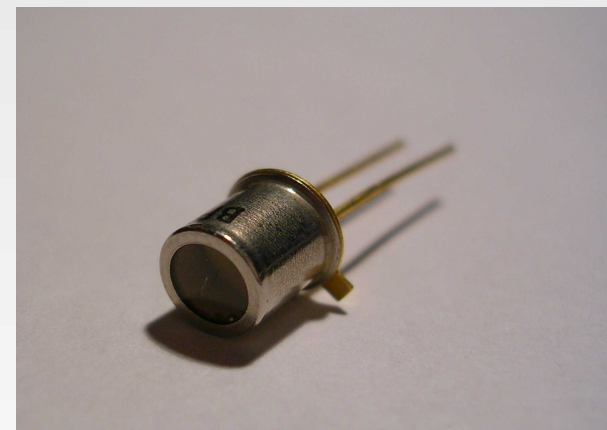
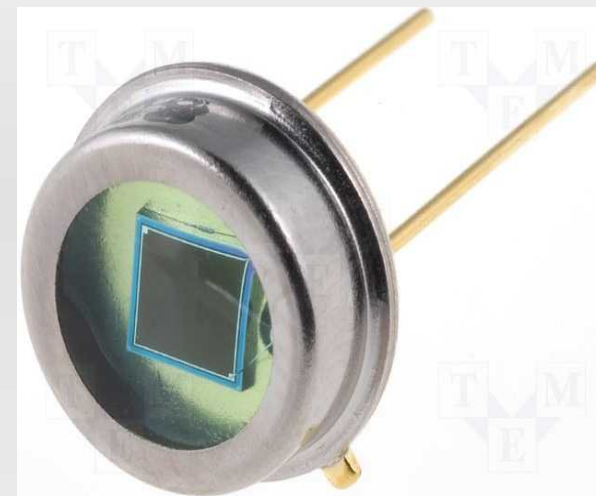


При прохождении ионизирующей частицы возникает быстрая **вспышка света** ($< 1\mu s$) малой интенсивности (вплоть до **единичных фотонов**)
Вывод: Для регистрации излучений при помощи сцинтилляторов **требуется очень чувствительные фотодетекторы!!!**

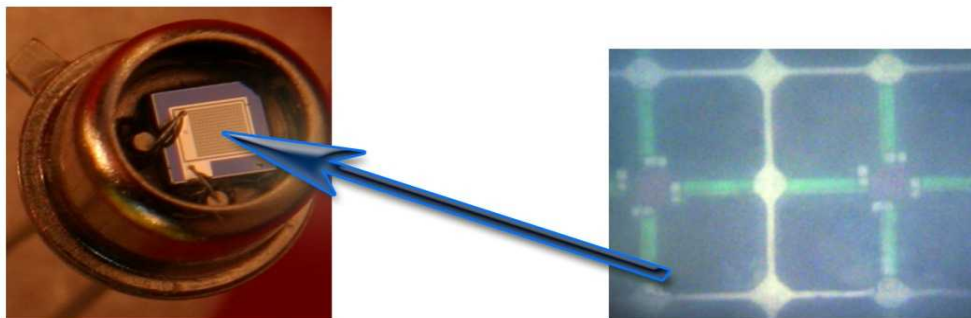
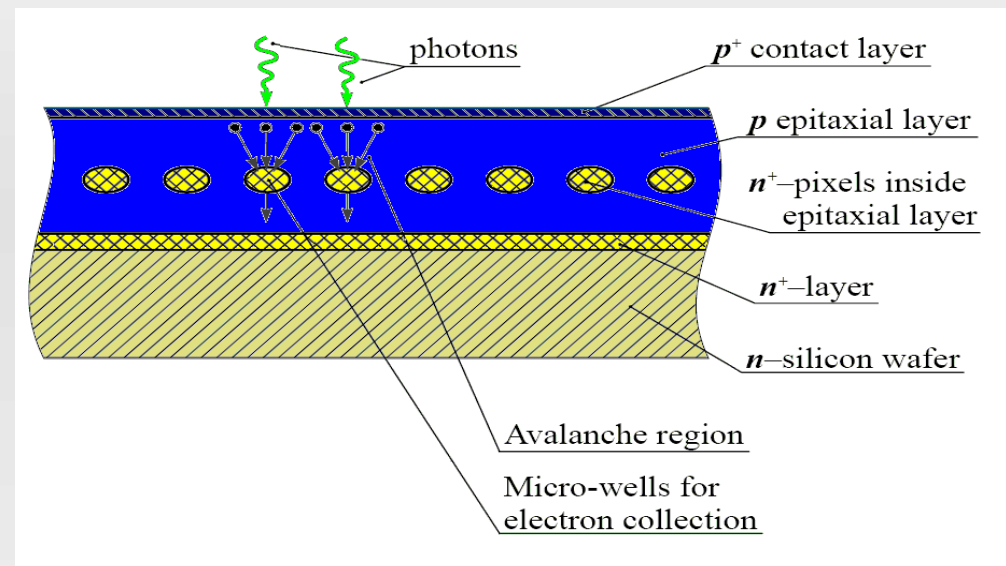
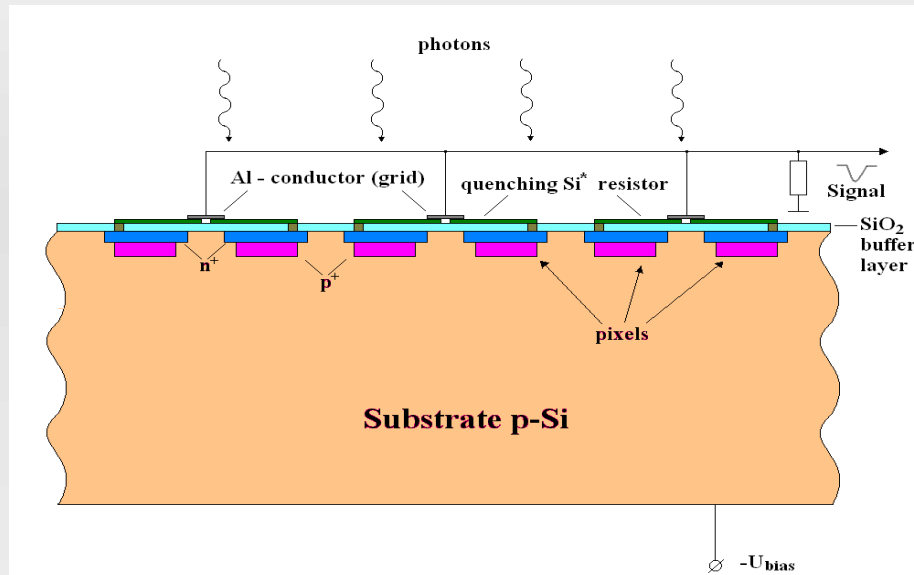
Основные разновидности фотодетекторов

- **Вакуумные лампы:** в настоящее время это *ФотоЭлектронные Умножители — ФЭУ* (используются для регистрации света сверхмалых интенсивностей вплоть до единичных фотонов)
- **Полупроводниковые:** *фотосопротивления* (практически не используются), *фотодиоды* и *фототранзисторы* (бытовая техника, и приборы где необходимо регистрировать достаточно большие интенсивности света $> 10^6$ фотонов), *лавинные фотодиоды* (для регистрации малых интенсивностей света $> 10^3$ фотонов), *Микropиксельные Лавинные ФотоДиоды — МЛФД* (полупроводниковый аналог ФЭУ).

Фотографии различных фотодетекторов

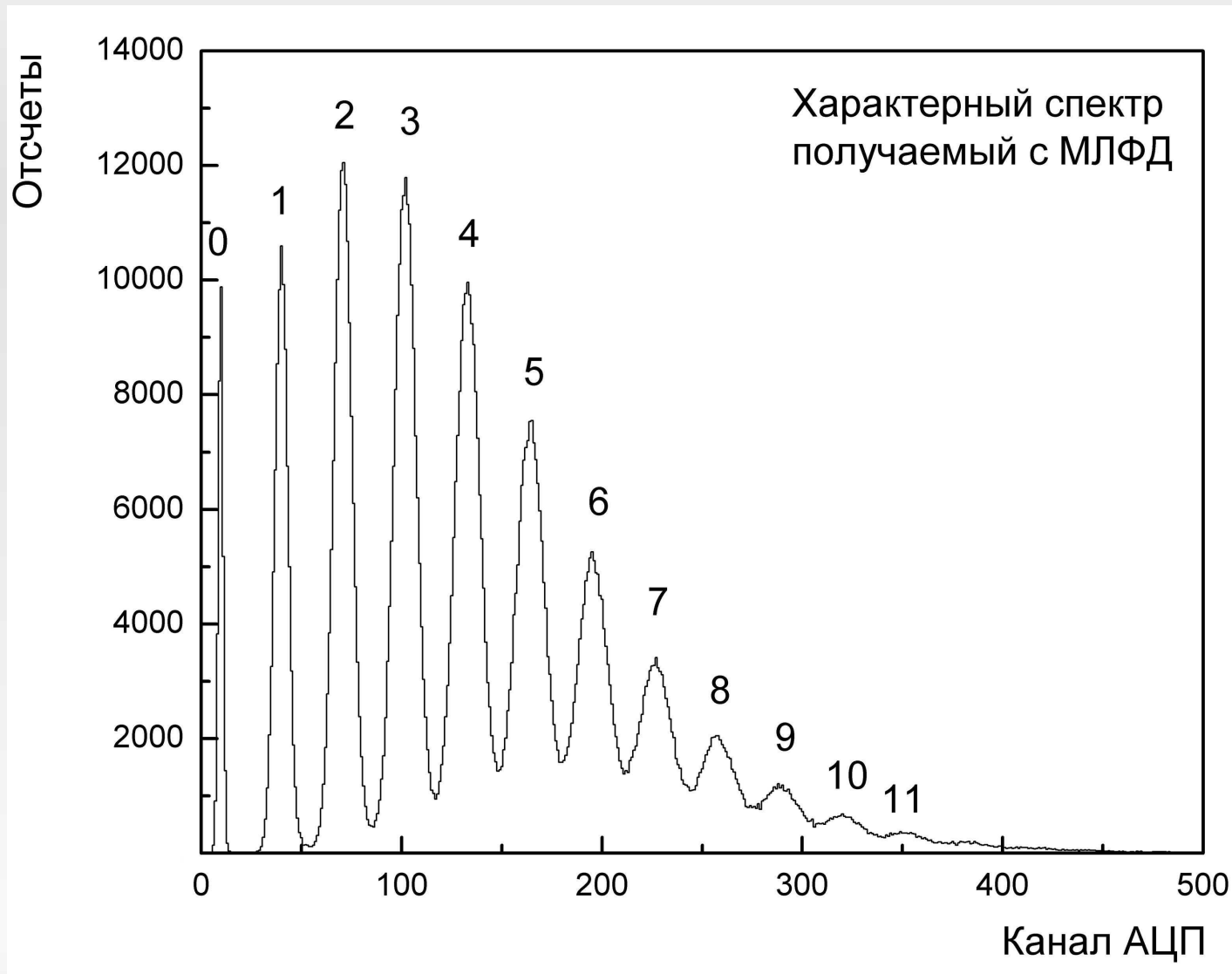


Принцип работы МЛФД



На сегодняшний день при изготовлении глубоинных МЛФД используется техпроцесс **от 130 нм!**

Возможность счета фотонов



Где можно применять МЛФД?

- Ядерная медицина: ПЭТ-, ПЭТ/МРТ - томографии.
- Физика высоких энергии: счетчики, **калориметрия**, годоскопы и пр;

Приборы контроля багажа (интроскопы);

Индивидуальные, компактные дозиметры;

Мониторинг радиоактивности;

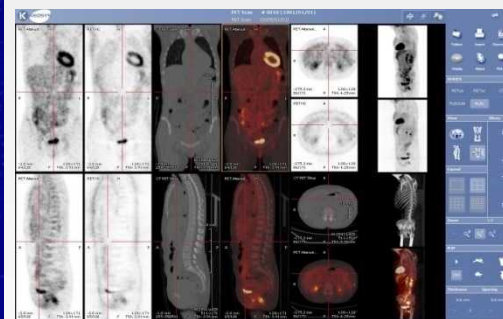
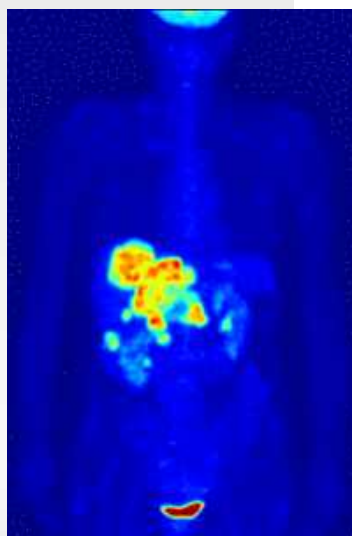
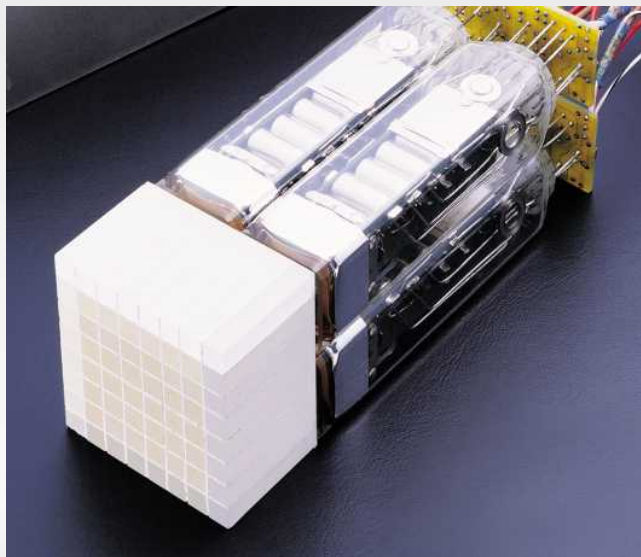
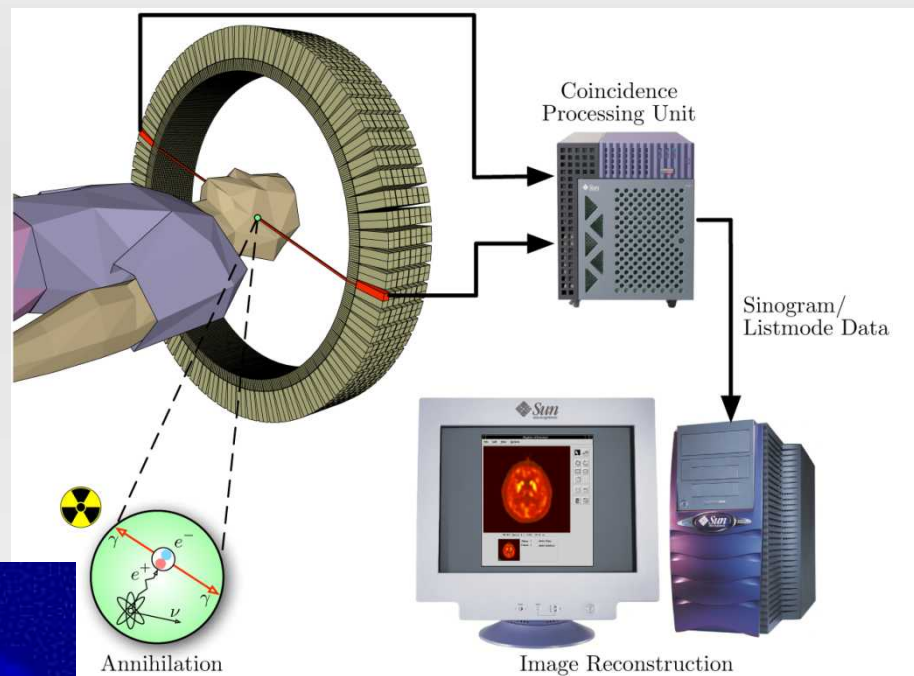
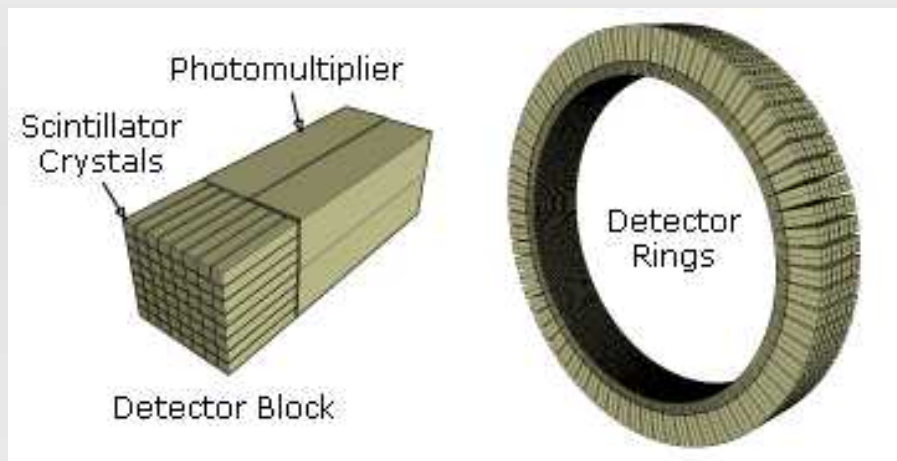
Волоконно-оптическая связь;

Секвенирование ДНК;

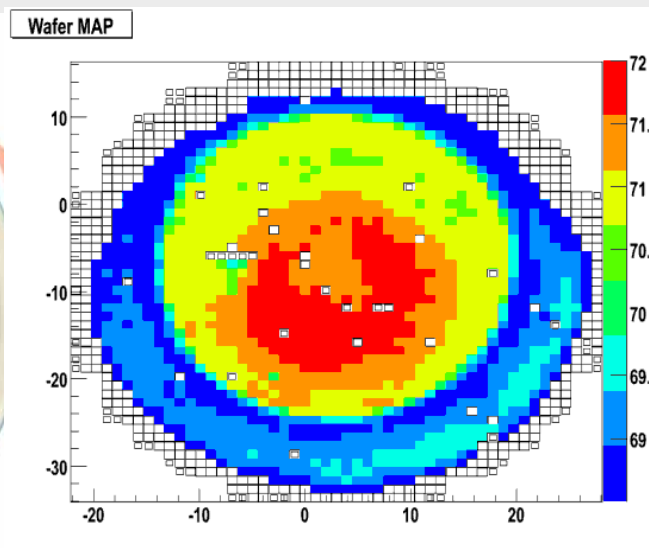
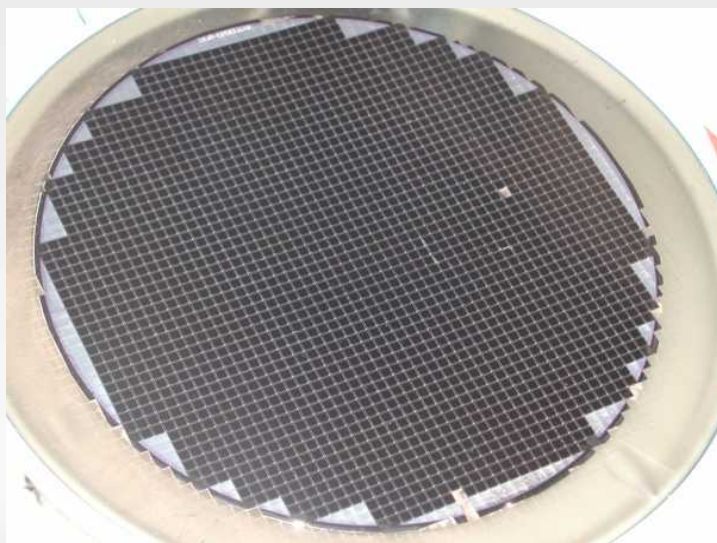
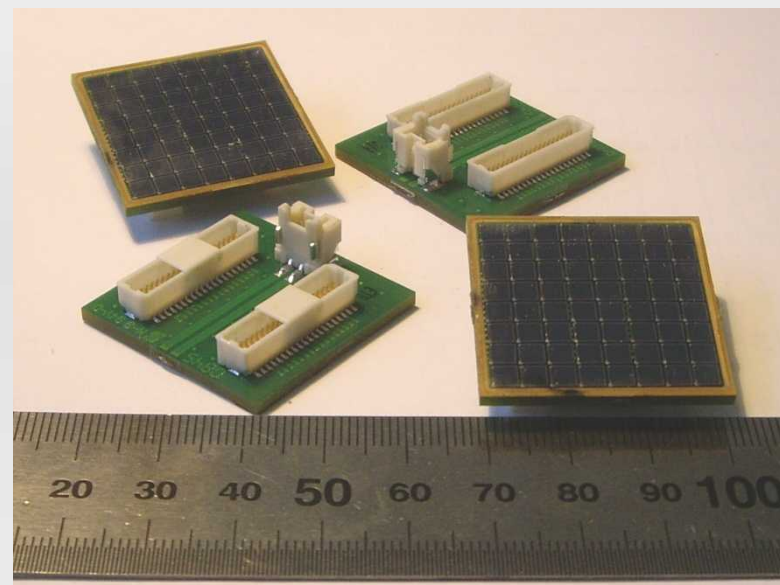
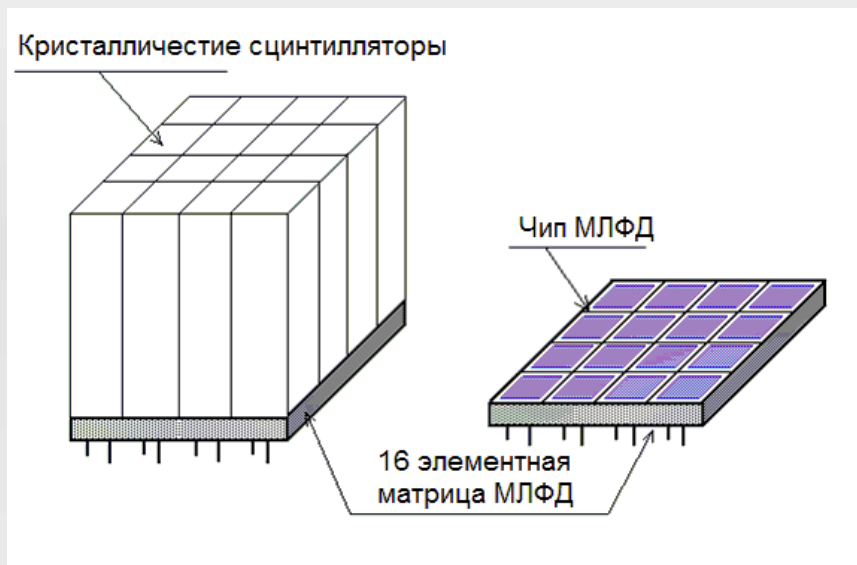
Оптические суперкомпьютеры;

и др. области где необходима регистрация света малой интенсивности.

Применение МЛФД в Позитрон-Эмиссионной Томографии (ПЭТ)



Применение МЛФД в Позитрон-Эмиссионной Томографии (ПЭТ)



Изготовление МЛФД в ЛЯП ОИЯИ



А.



Б.



В.



Г.

Спасибо за внимание!!!

