

# Лазеры в производстве солнечных батарей

**Фотовольтаика** – это раздел микроэлектроники, занимающийся производством солнечных элементов.

Общие требования микроэлектроники:

- Высокое качество материала,
- Высокая плотность размещения элементов на подложке

Требования фотовольтаики:

- Высокая производительность,
- Пространственная однородность,
- Низкая себестоимость процесса.



Традиционные технологии микроэлектроники требуют условий глубокого вакуума и производятся в помещениях высокого класса чистоты.

Все это очень дорогостоящие технологии и, следовательно, продукты фотовольтаики тоже неоправданно дорогие.

## «Сверхзадача» развития солнечной энергетики

«Сверхзадачей» фотовольтаики – достижение « **сетевого паритета** », когда себестоимость киловатт-часа солнечной энергии будет ниже, чем себестоимость энергии из электрической сети.

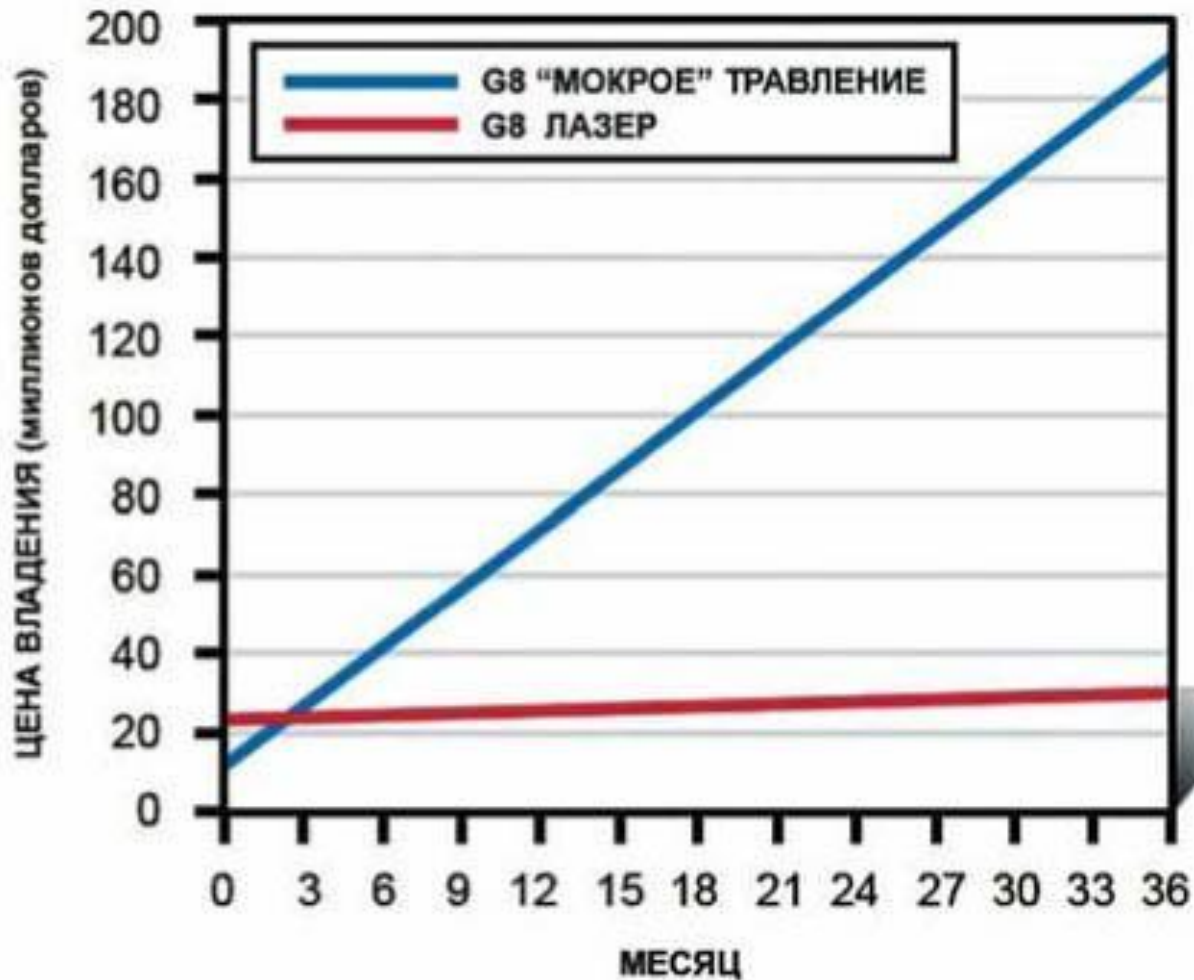
В последнее время лазеры стали применяться в микроэлектронике в следующих главных направлениях:

- Для резки кремниевых и германиевых пластин и керамики, на которой создаются пленочные структуры.
- Для подгонки уже изготовленных микроэлектронных компонент. Наибольшее распространение получили «триммеры» – лазерные машины для подгонки пленочных резисторов и компонент микроэлектроники.
- Для микропайки, сверления подложек, производства масок и трафаретов, создания монтажного рисунка.



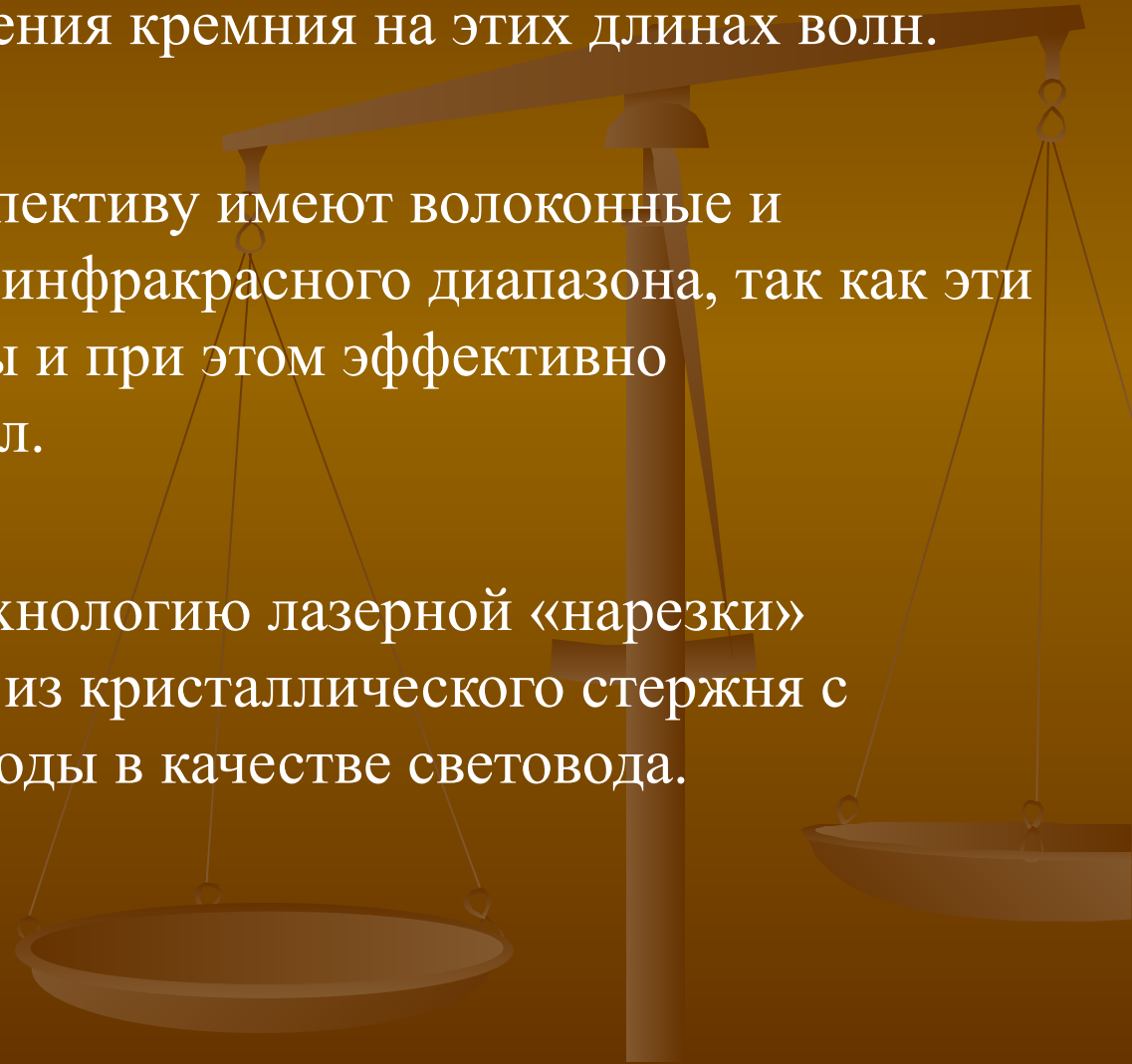
## Преимущества лазерной технологии:

- Существенное повышение КПД, долговечности и надежности без значительного увеличения себестоимости солнечных батарей.
  - Использование более дешевого сырья.
  - Снижение стоимости оборудования по производству фотоэлементов, а также косвенных затрат (требования к чистоте производственных помещений и др.).
  - Снижение стоимости владения оборудованием.
  - Снижение потребления энергии.
  - Отказ от использования дорогостоящих химикатов.
  - Снижение требований к экологической чистоте производства и др.).
- 

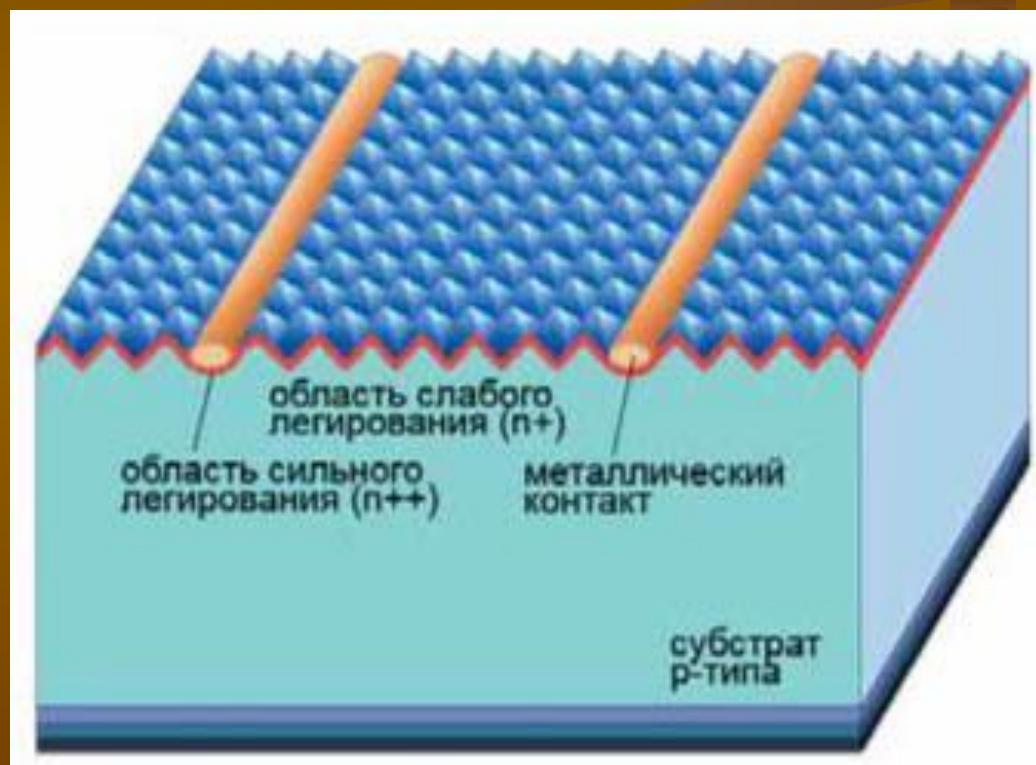


Пример стоимости владения оборудованием  
при производстве плоских дисплеев

- До сих пор наиболее распространенными лазерами в технологии фотоэлементов являлись твердотельные лазеры ультрафиолетового и видимого диапазона из-за хорошего коэффициента поглощения кремния на этих длинах волн.
- Однако хорошую перспективу имеют волоконные и твердотельные лазеры инфракрасного диапазона, так как эти лазеры более экономны и при этом эффективно обрабатывают материал.
- Следует отметить и технологию лазерной «нарезки» кремниевых подложек из кристаллического стержня с использованием струи воды в качестве световода.

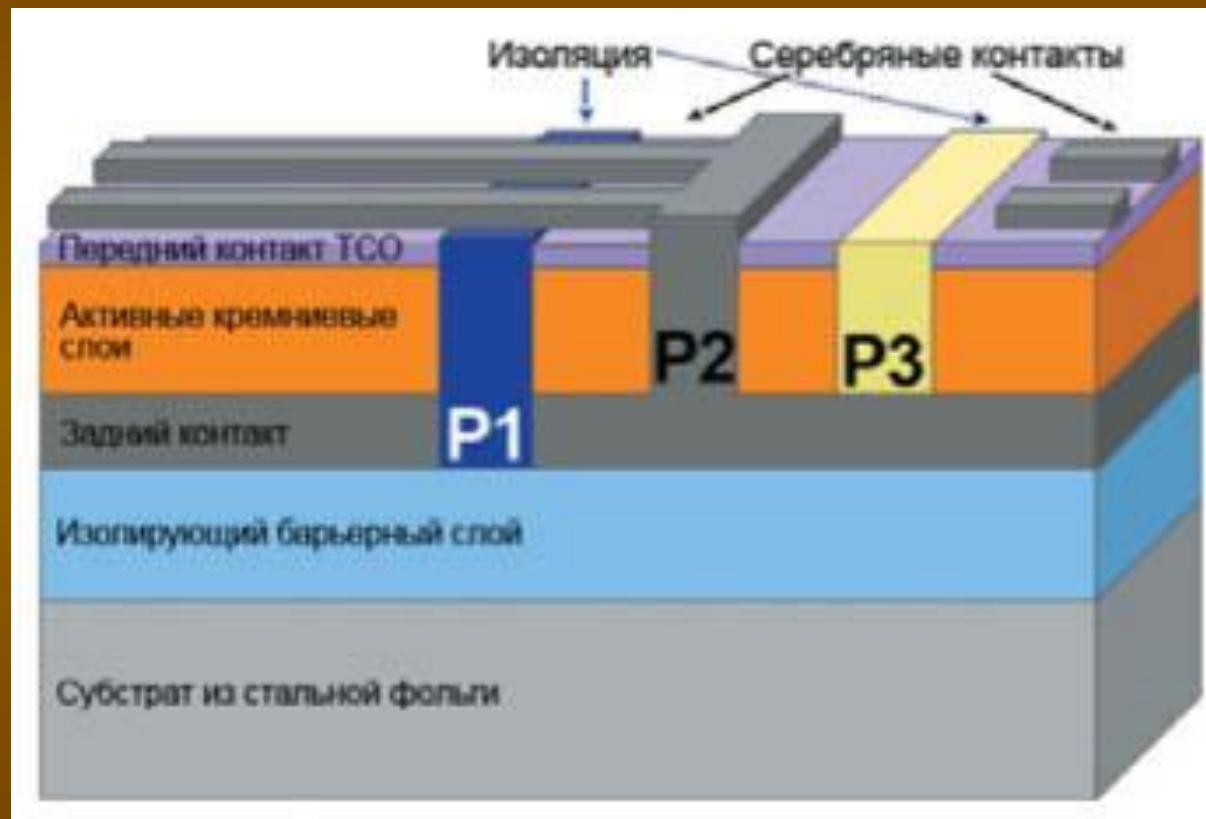


Наиболее перспективное применение лазера связано с одновременным созданием канавок или отверстий в подложках и легирование поверхности.



Устройство селективного эмиттера.

Технология производства фотоэлементов представляет собой ряд шагов, последовательно чередующих процесс нанесения очередного слоя и его лазерного структурирования.



Устройство фотоэлемента на основе стальной фольги.  
Процессы P1, P2 и P3 выполняются лазером.



## Некоторые отечественные установки



МЛ11 и МЛ112

Обработка керамики, кристаллов и металлов толщиной до 4 мм.  
Используются YAG лазеры с импульсной энергией 0,1-1 Дж.  
В установке обеспечивается интенсивность более  $10^7$  Вт/см<sup>2</sup>.



## МЛП101 и МЛП102

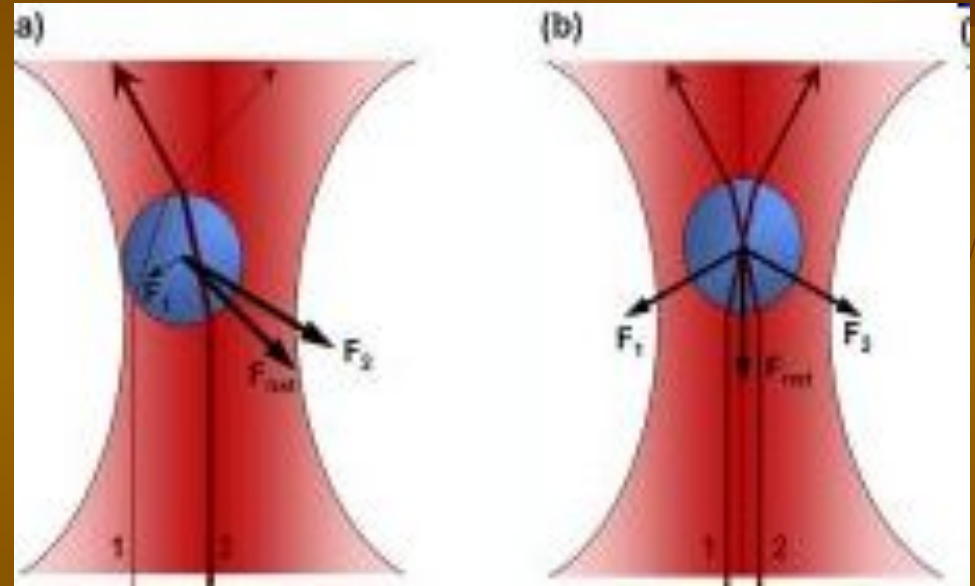
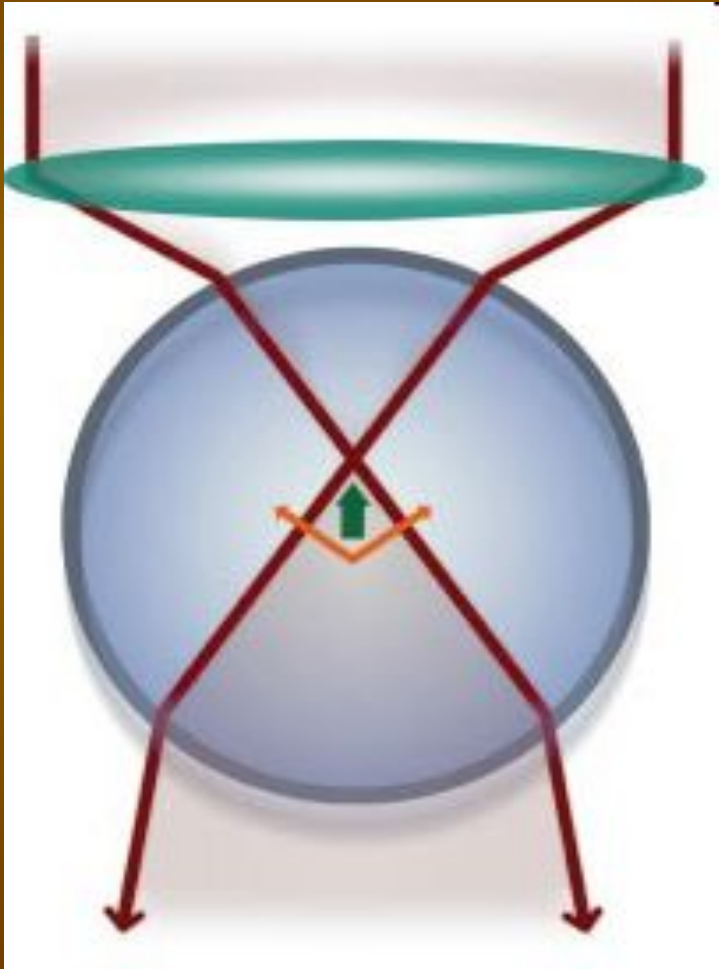
Используются твердотельные лазеры с диодной накачкой.  
Позволяют осуществлять обработку материалов импульсами  
интенсивностью более  $10^8$  Вт/см<sup>2</sup>.



**СЛС5150**

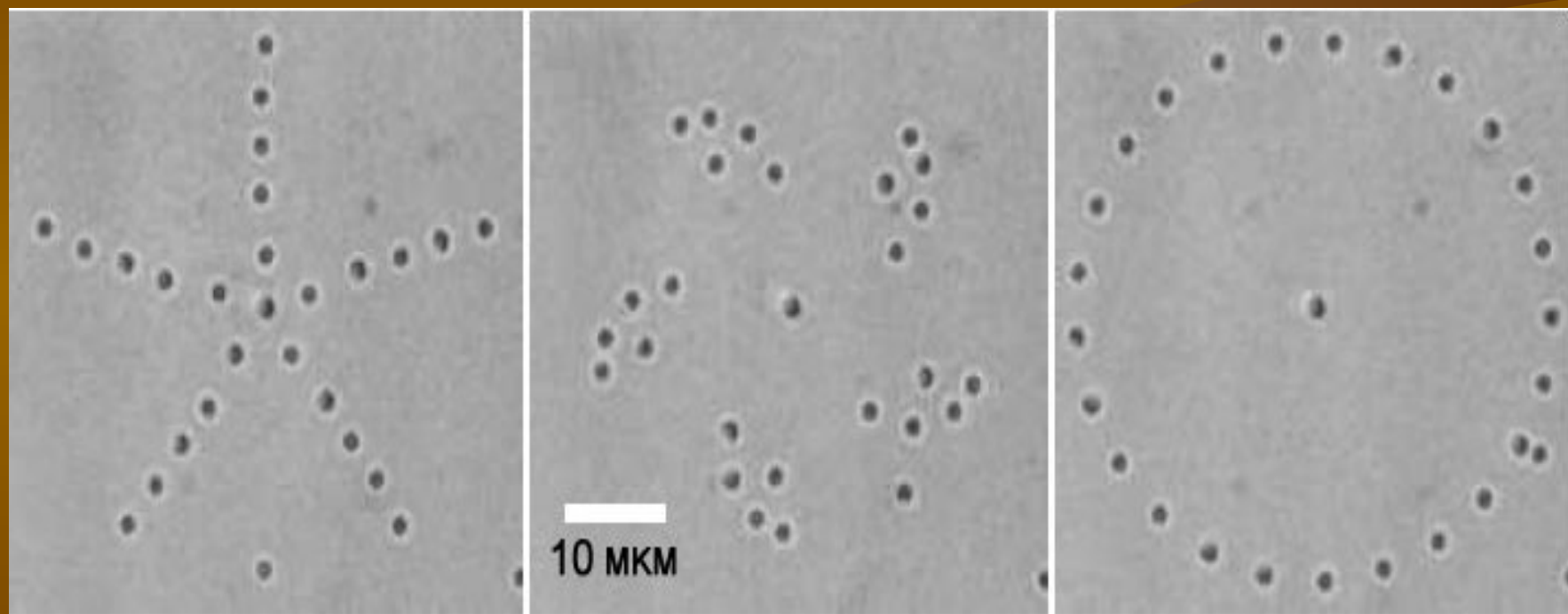
Специализированные 5-координатные лазерные станки для  
объемной обработки материалов.

# Лазерный нанопинцет



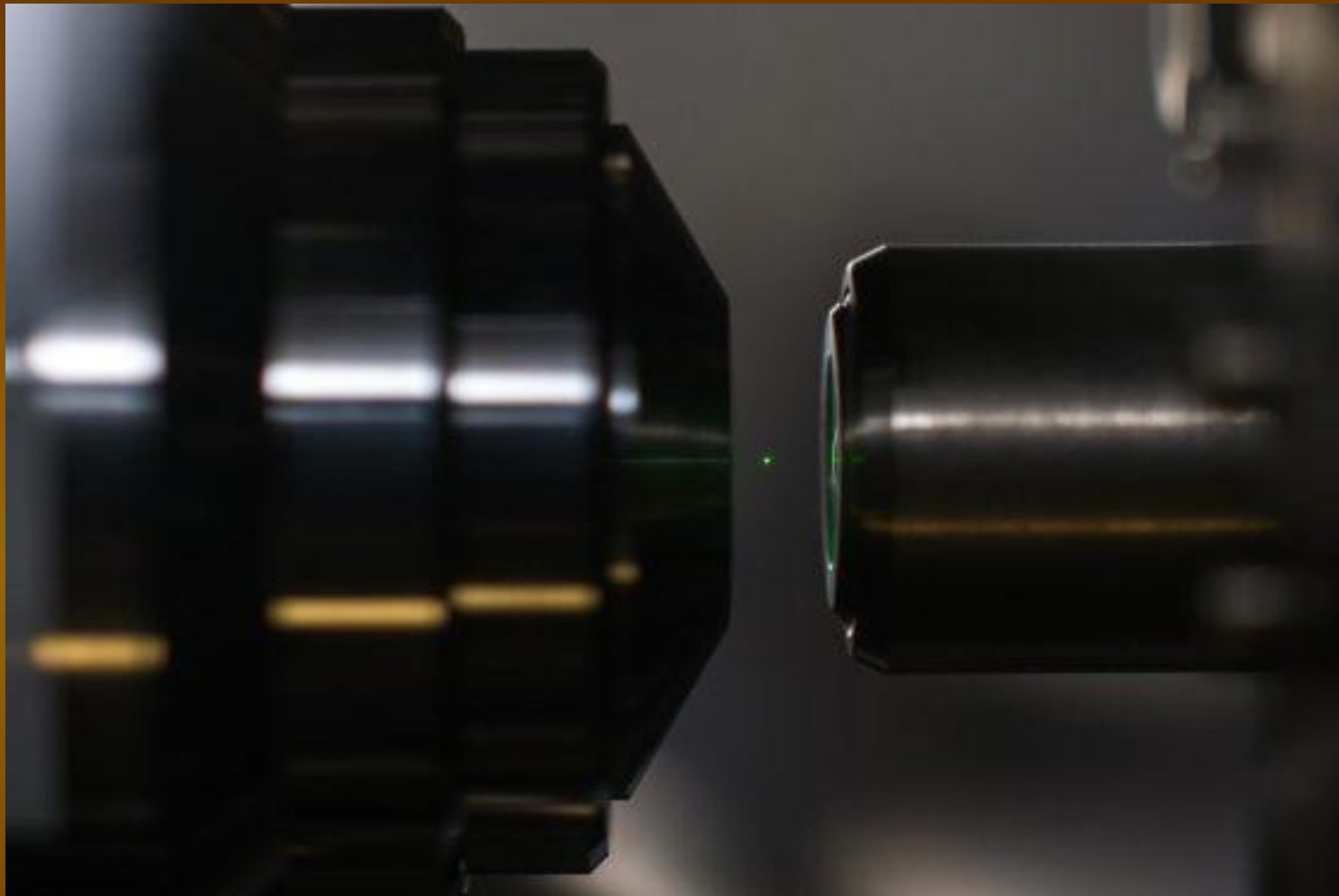
Захват наночастицы в фокусе

# Сборка наночастиц лазерным нанопинцетом



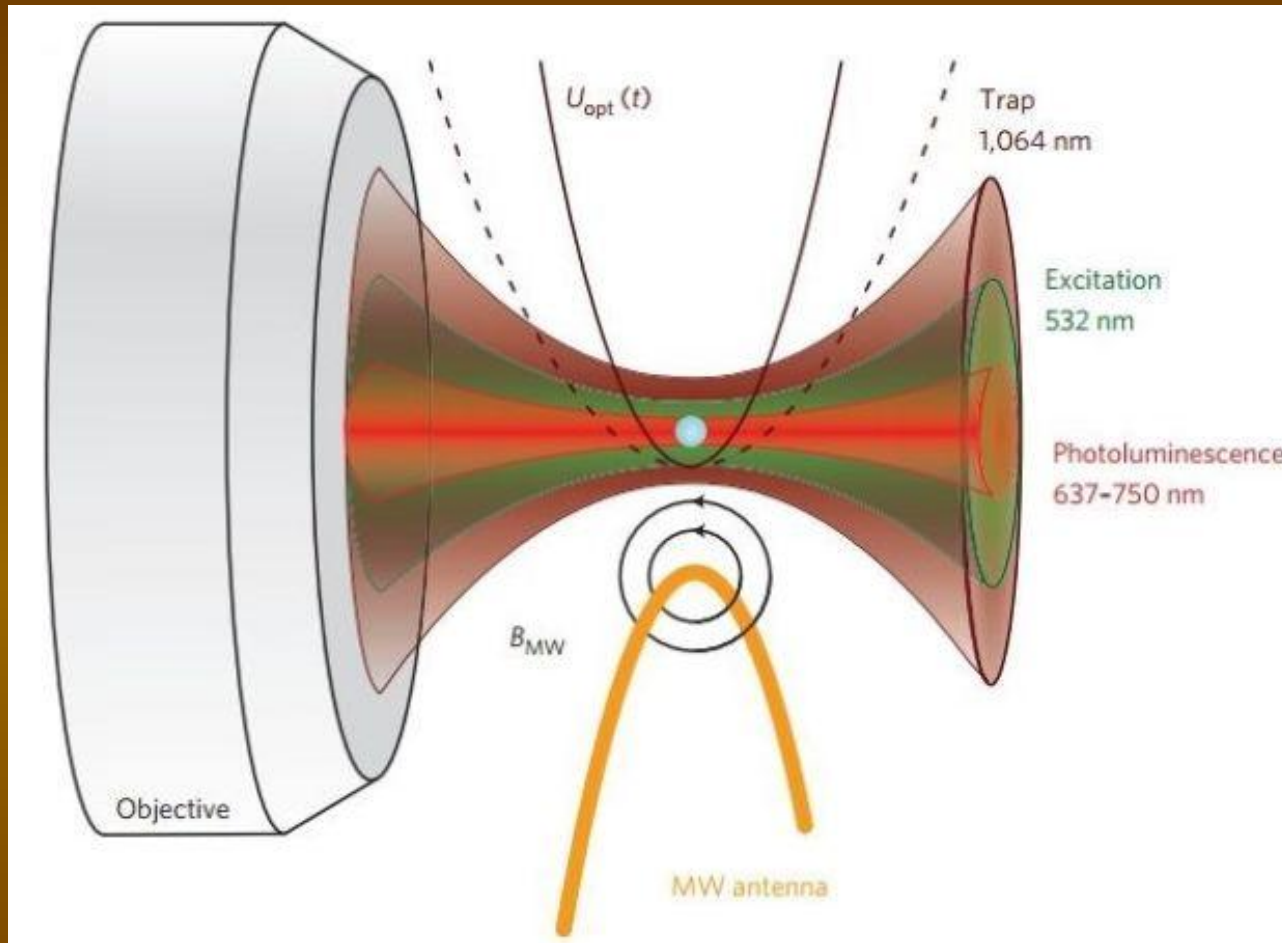
# Нанопинцет немецкой компании JPK Instruments





Левитация наноалмаза диаметром 40 нм.

(Levi P. Neukirch, Eva von Haartman, Jessica M. Rosenholm  
& A. Nick Vamivakas. Nature Photonics, 2015).

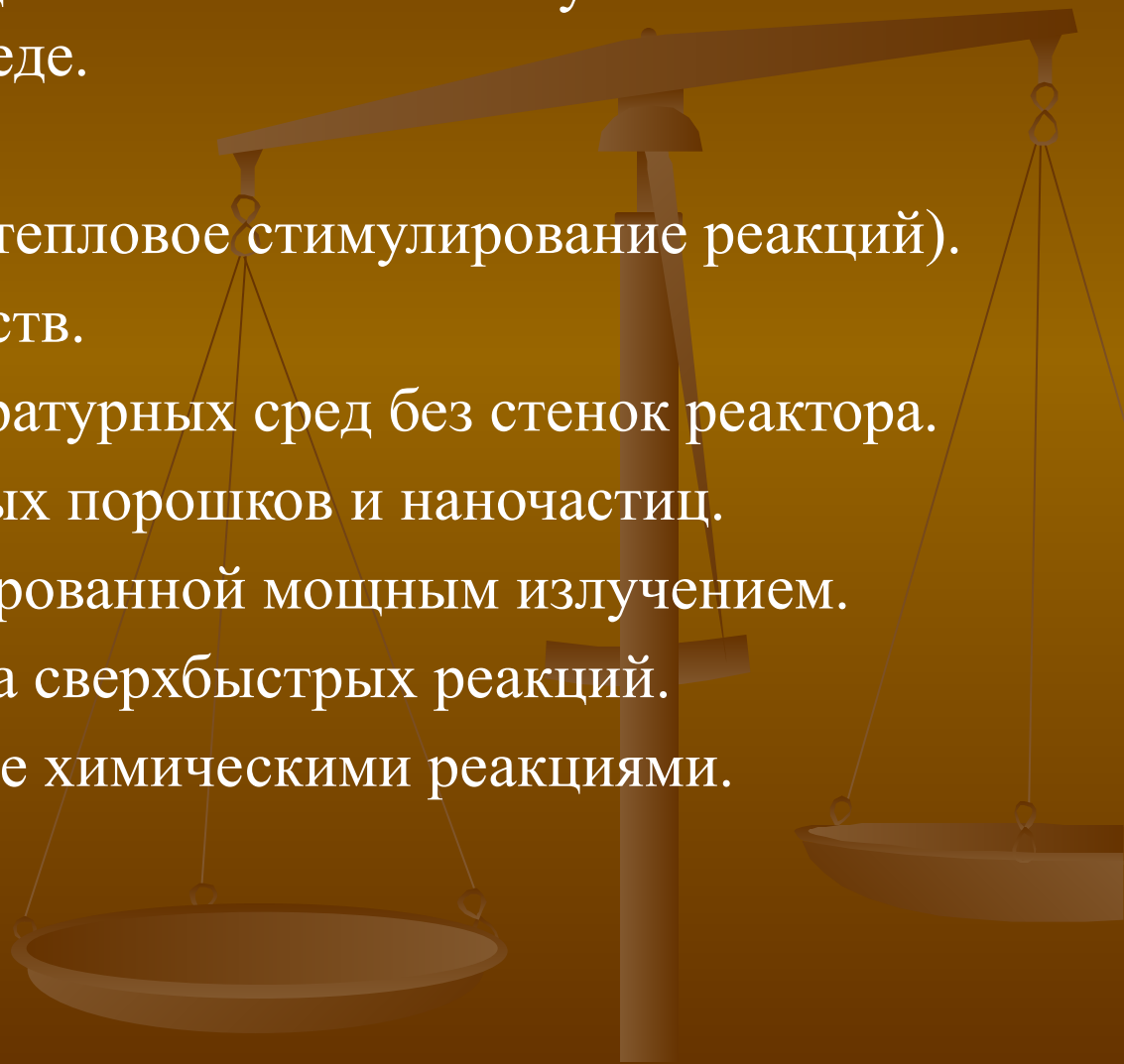


Лазерное излучение создает энергетическую яму в электромагнитном поле излучения, в которой колеблется наноалмаз.



# Лазеры в химии

- Селективность возбуждения атомов и молекул в многокомпонентной среде.
- Разделение изотопов.
- Лазерная термохимия (тепловое стимулирование реакций).
- Глубокая очистка веществ.
- Создание высокотемпературных сред без стенок реактора.
- Синтез мелкодисперсных порошков и наночастиц.
- Химия плазмы, индуцированной мощным излучением.
- Фемтохимия и кинетика сверхбыстрых реакций.
- Когерентное управление химическими реакциями.



# Лазеры в системах передачи энергии

Существует два вида систем передачи энергии лазером

1) **непосредственная передача энергии на расстояние с помощью мощного луча.**

Например, приемника излучения содержит тепловой двигатель, создающий тягу за счет преобразования энергии излучения в кинетическую энергию молекул газа при нагреве и расширении.

2) **создание с помощью мощного лазерного луча ионизированного канала воздуха в атмосфере.**

Основные разработки ведутся в США и Японии.

В США используется УФ излучение фемтосекундной длительности, при которой достигается высокая мощность.

В Японии используется ИК излучение, которое прогревает на своем пути воздух до 10 тысяч градусов (уже получены каналы длиной до 12 м).

# Лазеры в истории

## Стоунхендж

Сканирование лазерным лучом позволяет увидеть все поверхности камней – особенно покрытые лишайником. Сканирование позволяет сделать точную цифровую модель сооружения – его размеры и малейшие неровности определяются с точностью до 0,5 мм.

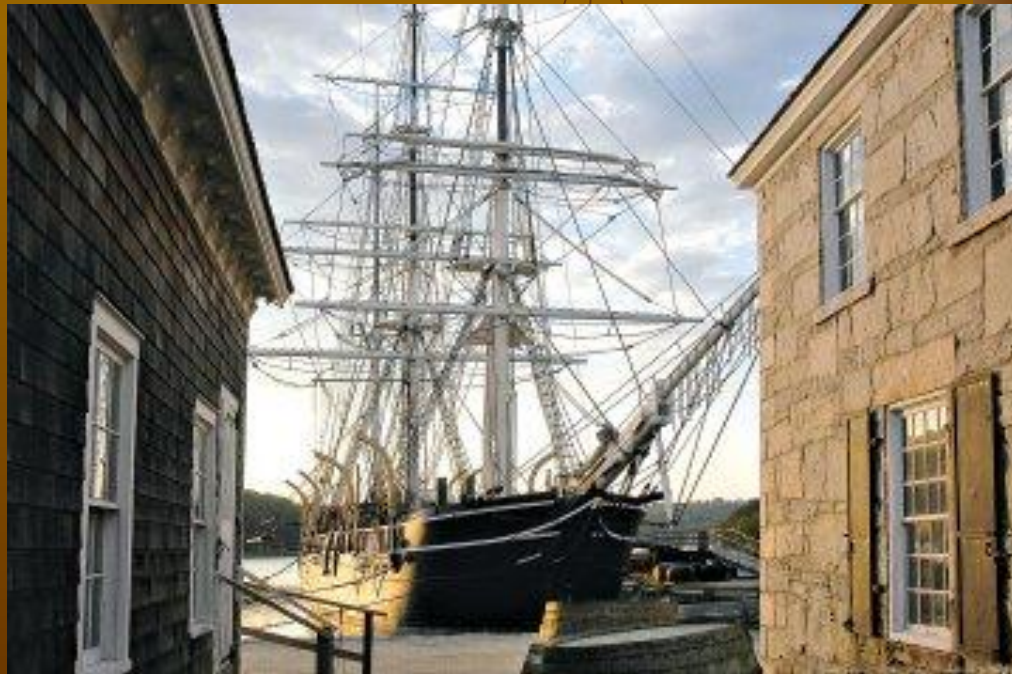


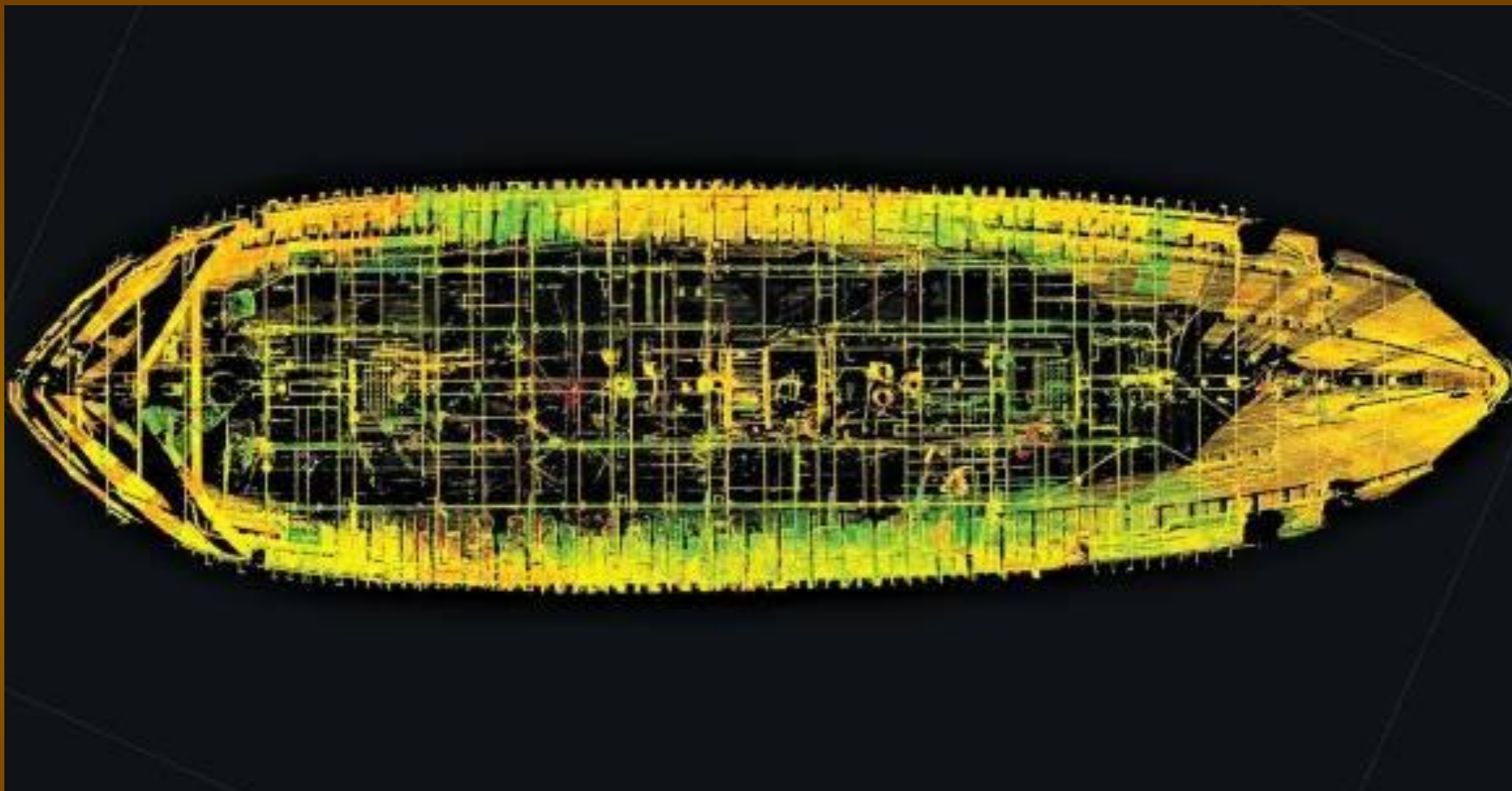
Современное состояние и компьютерная реконструкция

## Чарльз Морган

Для изучения конструкции единственного в мире уцелевшего деревянного китобойного судна «Чарльз Морган» (1841 г.) используются лазеры и рентгеновские аппараты.

Рентгеновскими лучами просвечивается киль судна, а при помощи лазера обследуют все элементы конструкции корабля размером до 3 мм и составляют их каталог.





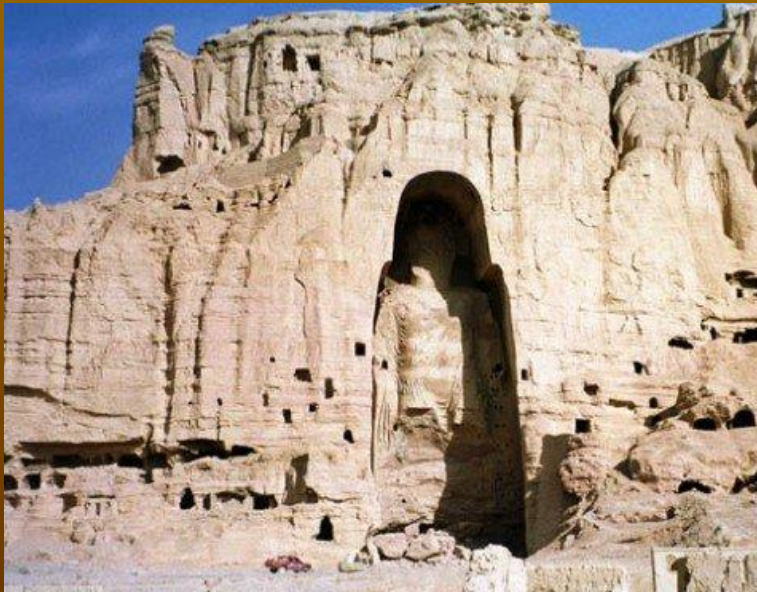
Полученное с помощью лазеров трехмерное изображение нижнего трюма. Судно имеет длину 34,7 м и ширину 8,5 м

## Гигантские скульптуры Будды

Вырезаны в скалах в 130 км от Кабула и простояли 1600 лет и были разрушены в марте 2001 года по указанию лидера талибов муллы Омара.

Теперь их проекции воссозданы с помощью лазерных лучей. 140 изображений высотой в 52,5 метра можно наблюдать в течение четырех часов вечером каждого воскресенья.

В проекте используется четырнадцать лазеров, питание которых осуществляется за счет энергии ветра и солнца.



## Лазерные агротехнологии

Красный лазерный луч оказывает полезное действие на некоторые живые клетки, активируя физиологические процессы. Это стимулирует рост и развитие растений и повышает устойчивость растений к болезням.

В результате лазерной обработки семян повышается урожайность зерновых культур и улучшаются мукомольные и хлебопекарные свойства зерна.

