



Волоконные лазеры в обработке плёнок и поверхностных покрытий

*Е.Л. Сурменко, Т.Н. Соколова, И.А. Попов, А.С. Курков**

СГТУ, НПФ «Прибор-Т»,

ЦКП «Лазерные и оптические технологии» Поволжский ф-л, г.Саратов

**ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, г.Москва*

e-mail: pribor-t@pribor-t.ru

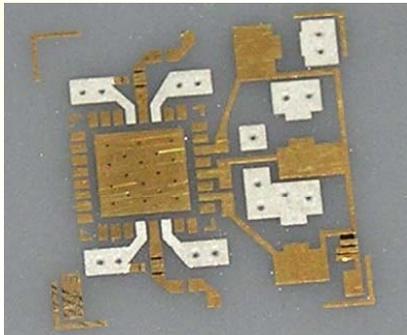
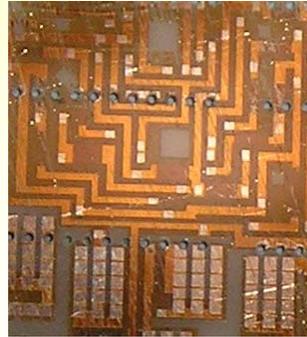
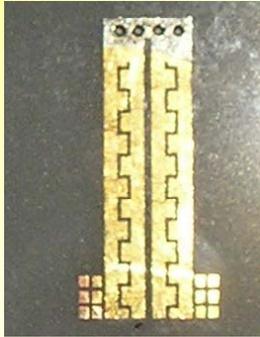
Мотивация

- * Прикладные лазерные технологии обработки материалов
- * Узлы электронной аппаратуры, предназначенной для использования в сверхвысокочастотных системах связи и электровакуумных приборах
- * Миниатюрные детали – обработка поверхности

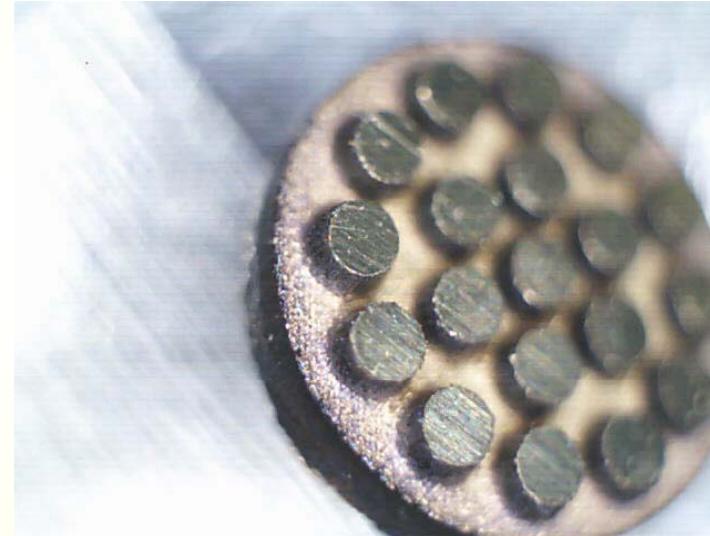
Основные направления

1. Подгонка резисторов

2. Очистка поверхности



Платы

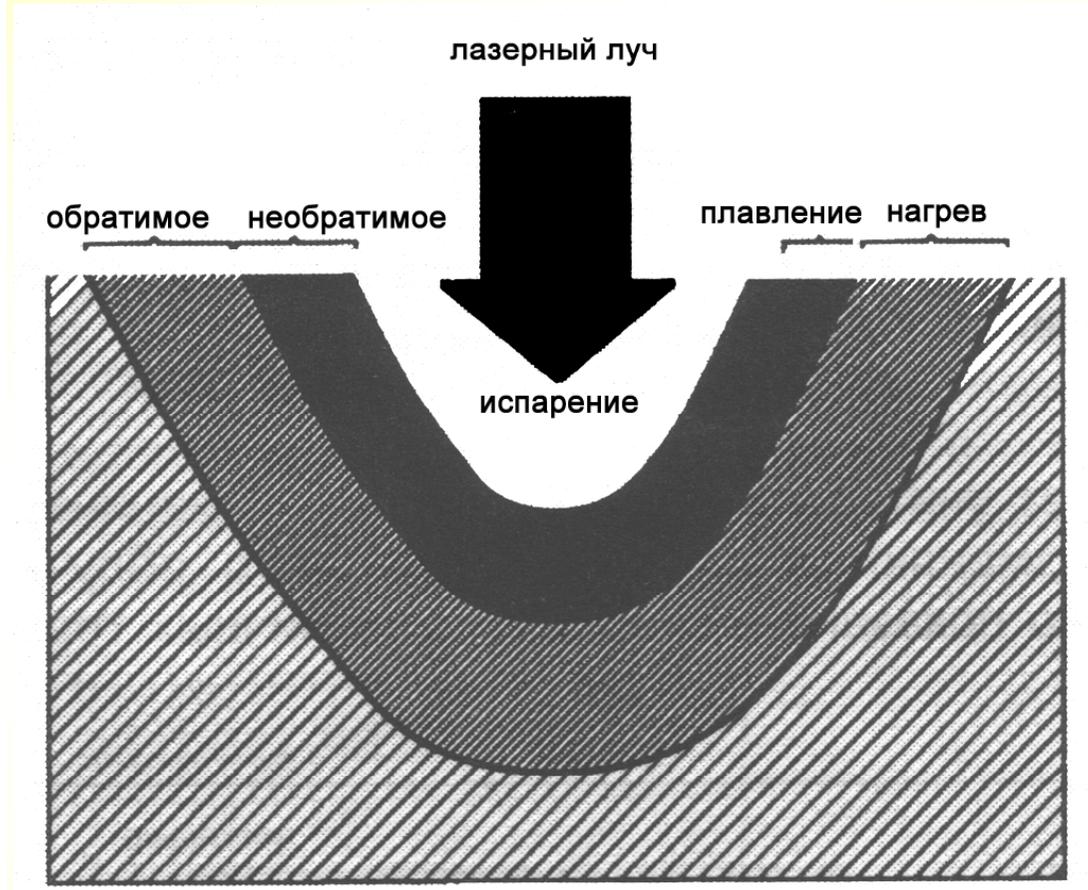
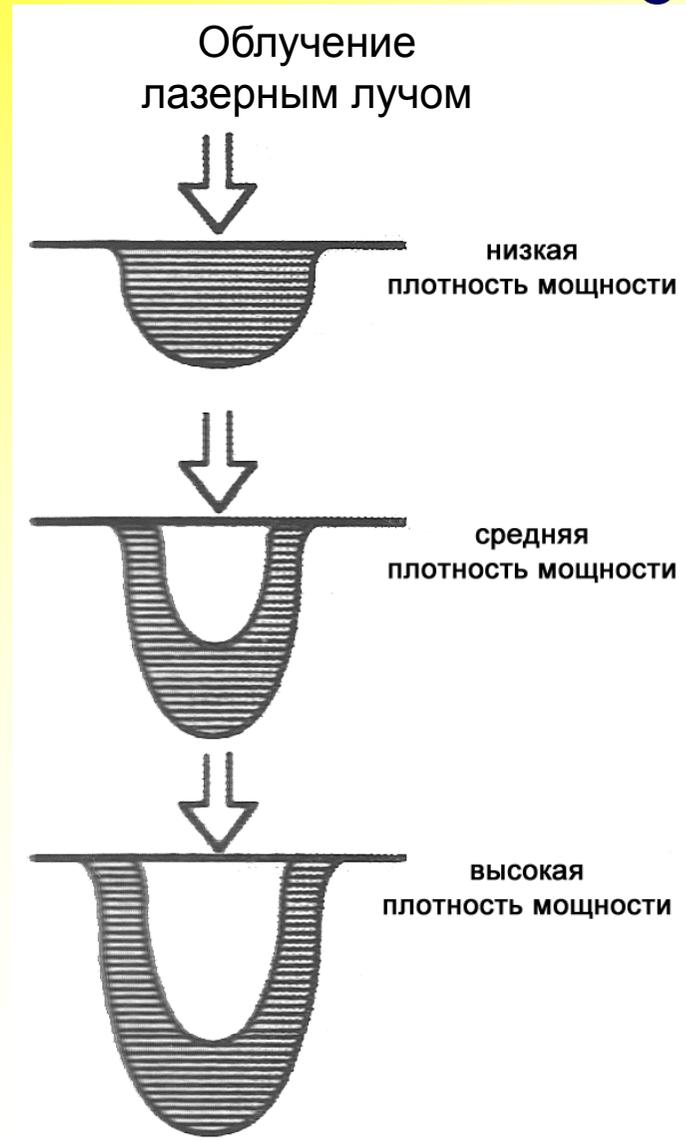


Катодные узлы и др.

Сравнение лазеров

| | АИГ с ламповой накачкой | АИГ с диодной накачкой | Волоконный лазер |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|
| цена | высокая | высокая | средняя |
| эксплуатационные расходы | высокая | средняя | низкая |
| Качество излучения M^2 | низкая | средняя | высокая |
| Энергопотребление | До 10 кВт | До 1 кВт | До 0,3 кВт |

Взаимодействие лазерного излучения с веществом



Взаимодействие лазерного излучения с веществом

Условие слияния фронтов
испарения и плавления (процесс
становится чисто
испарительным):

$$v_v \cdot t_1 \approx \sqrt{at_1} \quad (1)$$

t_1 - время, за которое волна испарения
«догоняет» тепловую волну;

v_v - скорость испарения вещества;

a - температуропроводность;

$q \sim 10^6$ Вт/см² - нижняя граница (1) для
металлов

при этом $h_v \approx \frac{F}{\rho_0 L_0} < 10^{-2}$ см

$$m_v \approx \frac{F}{L_0} < 0,1 \text{ г/см}^2$$

где $F = q \cdot \tau$ - плотность энергии
лазерного импульса

$L_0 \approx 10^{11}$ эрг/г - скрытая
теплота испарения материала

Скорость движения луча
при импульсной обработке:

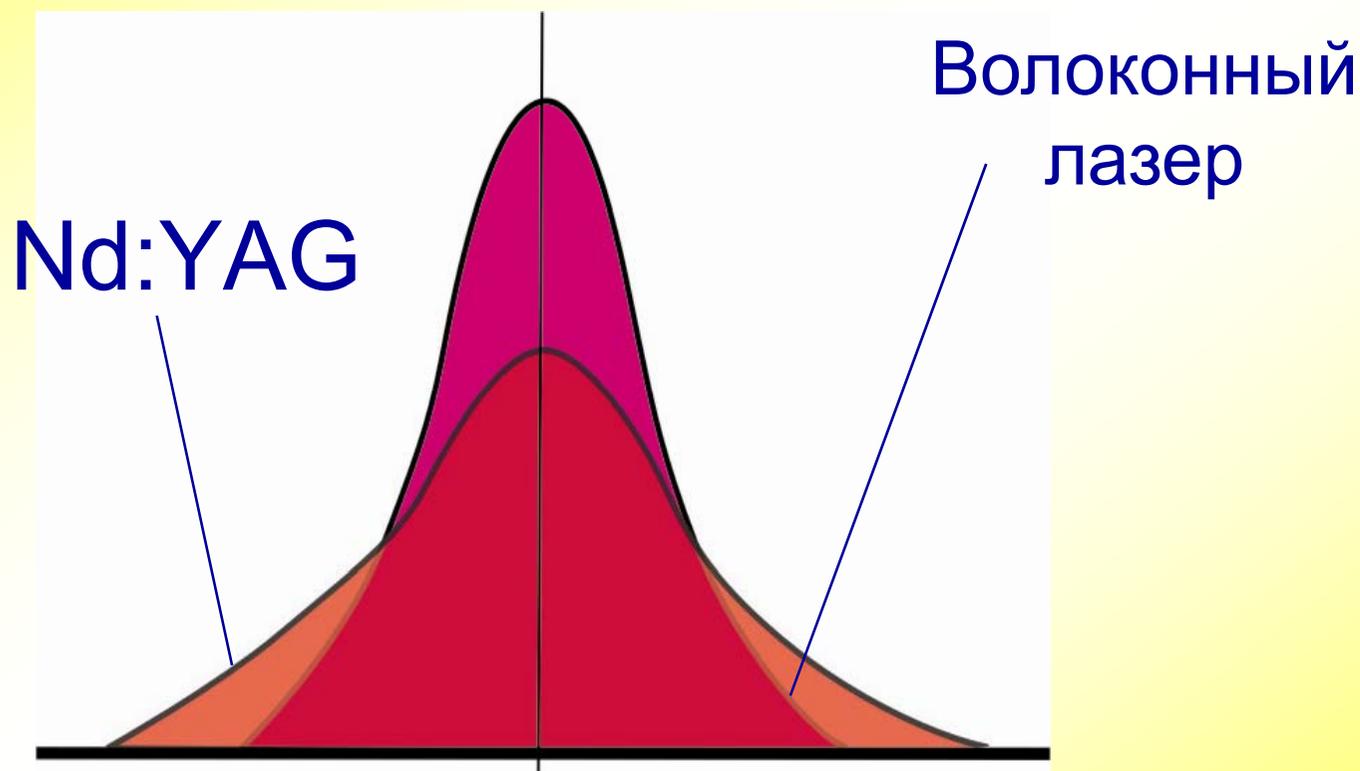
$$v = f \cdot d \left(1 - \frac{l}{d} \right)$$

f - частота следования импульсов

d - диаметр пятна сфокусированного
излучения

l - длина перекрытия пятен
фокусировки

Распределение мощности излучения по сечению луча



Длины волн основных технологических лазеров:

Волоконные лазеры Yb

$\lambda=1,07$ мкм

Nd:YAG-лазеры

$\lambda=1,06$ мкм

Экспериментальные исследования параметров волоконного лазера

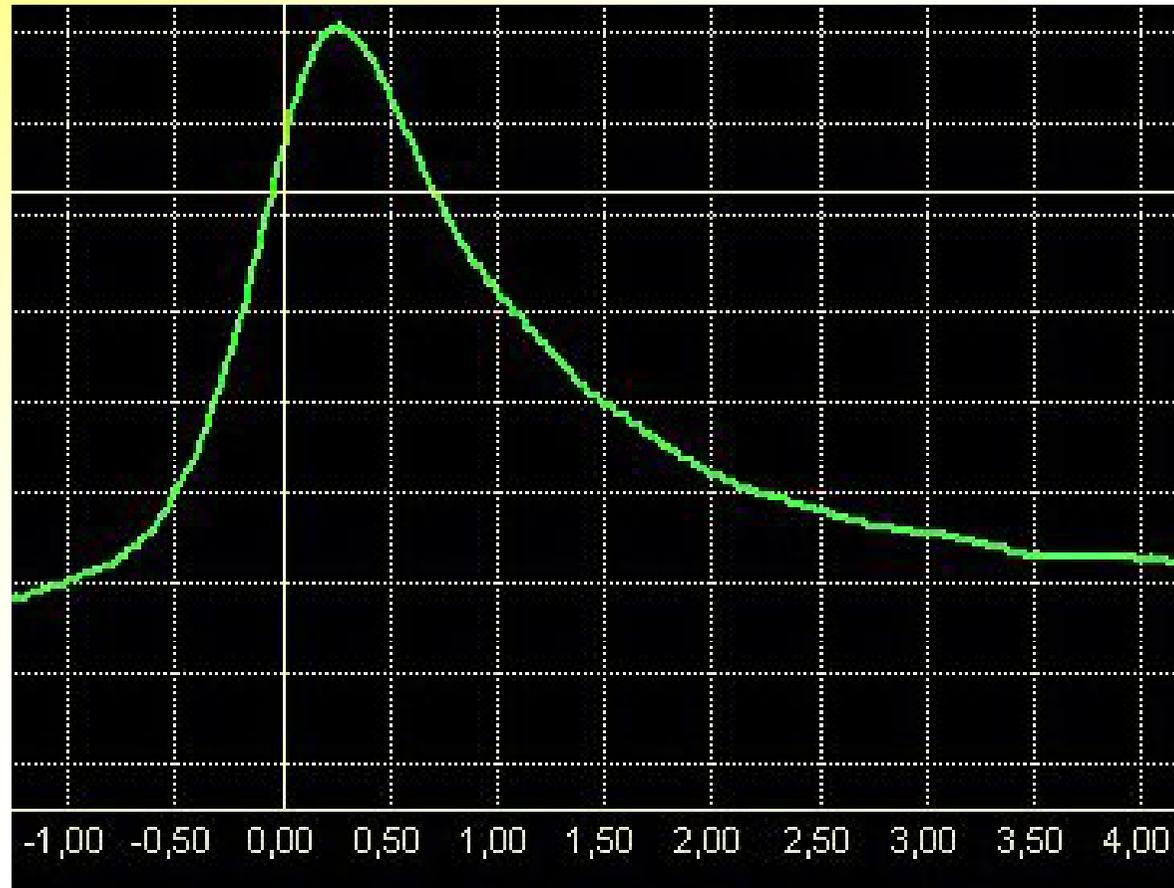


Распределение мощности излучения по сечению пучка



Генерационная характеристика

Экспериментальные исследования параметров волоконного лазера

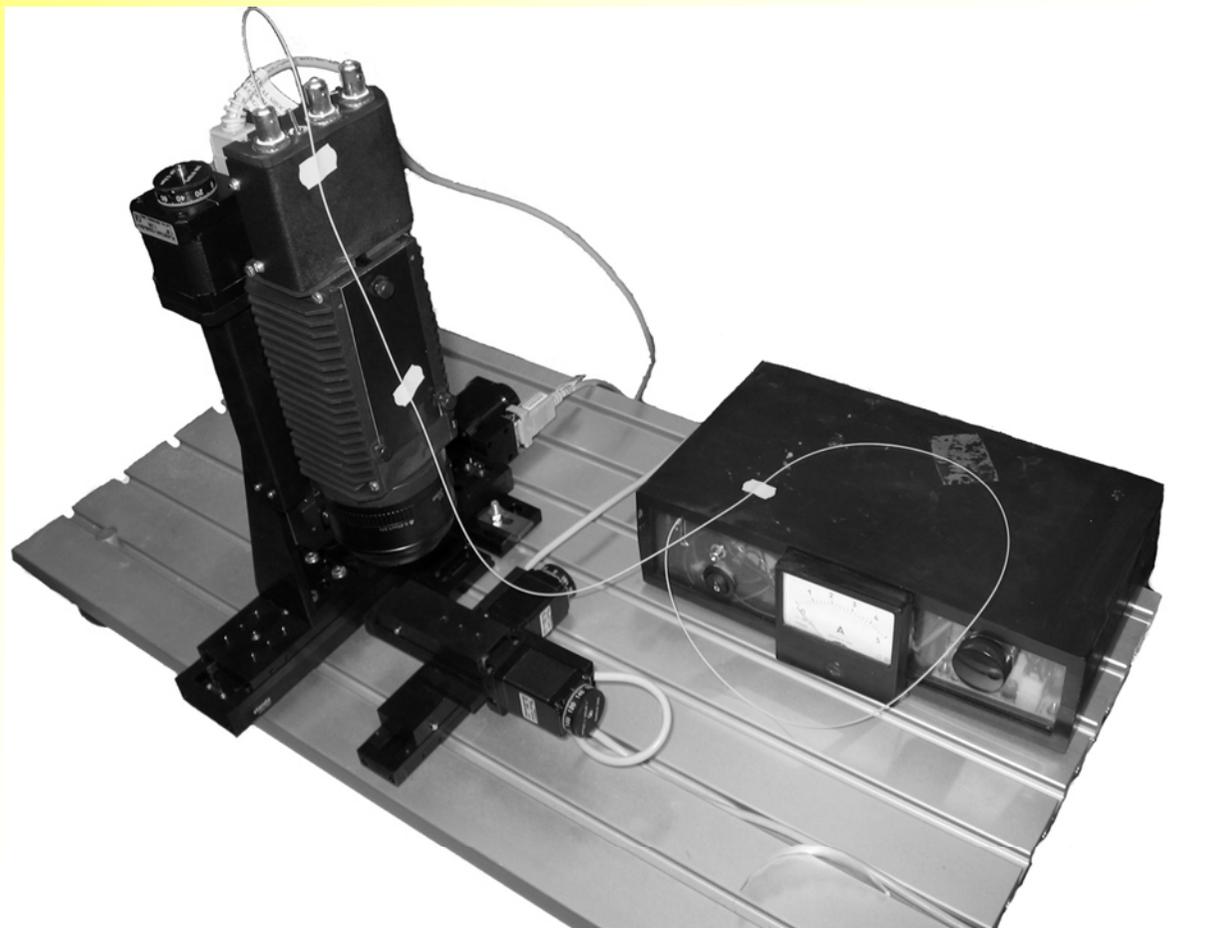


Форма импульса, мкс

Макет установки



Макет установки



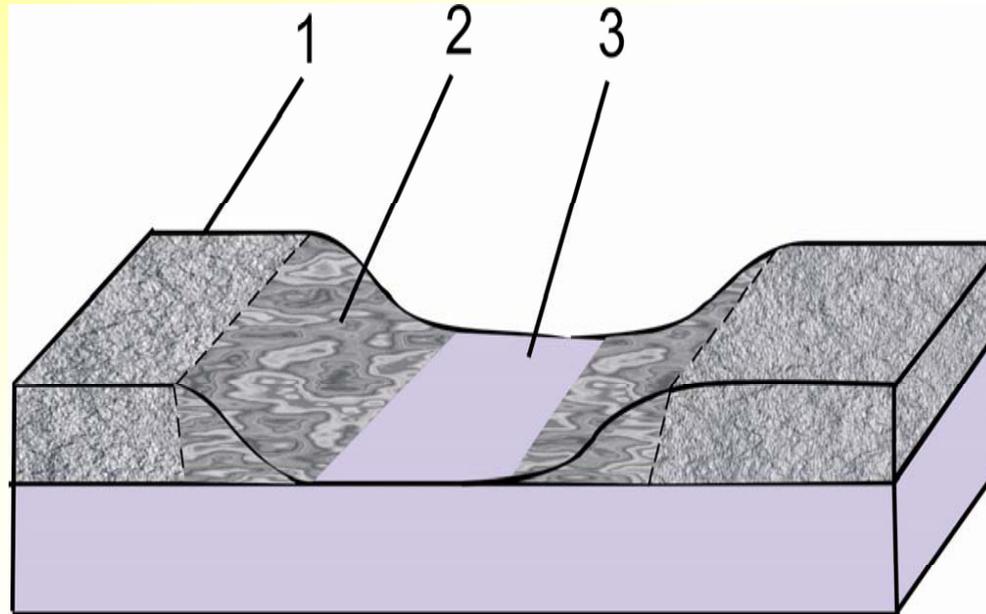


Параметры

| | | |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|
| Мощность излучения | 4,5 | Вт |
| Частота | 1 - 30 | кГц |
| Длительность импульса | 2 | мкс |
| Пиковая плотность мощности | до 10^7 | Вт/см ² |
| Длина волны: | 1070 | нм |
| Качество излучения: | ≈ 1.1 | M ² |



1. Подгонка резисторов (вид подгоночного реза в разрезе)

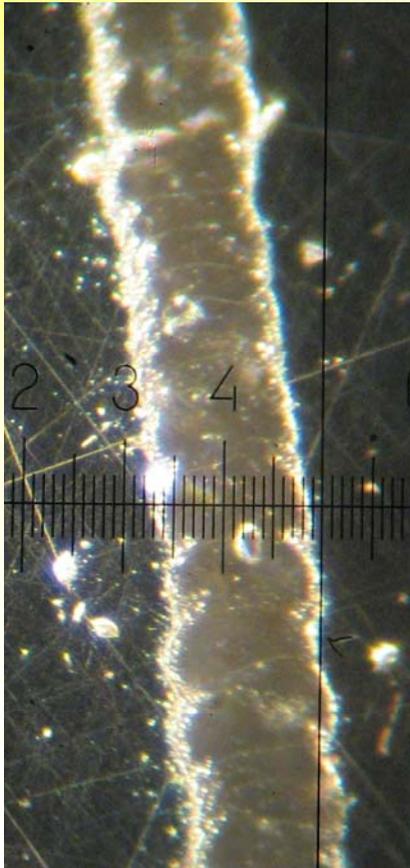


- 1 - резистивный слой
- 2 - модифицированная поверхность
- 3 - подложка



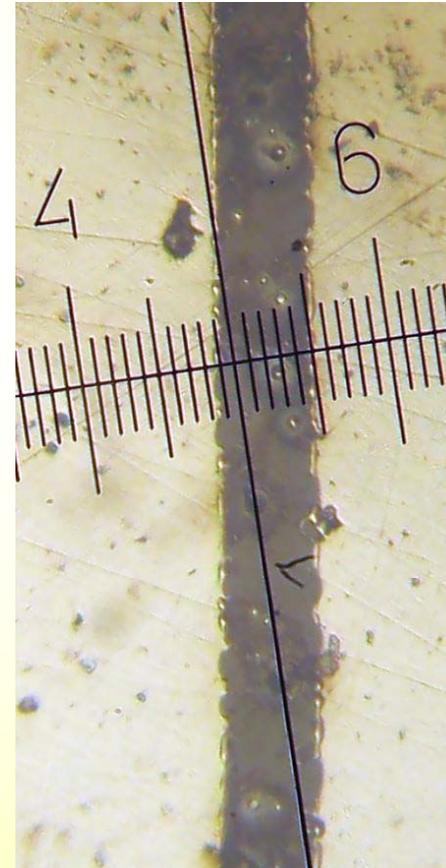
Сравнительные результаты удаления резистивных пленок

Твердотельный лазер



Ширина реза 35 мкм

Волоконный лазер



Ширина реза 18 мкм

На разных металлах

Материалы – Au, Sn, Bi, Ta



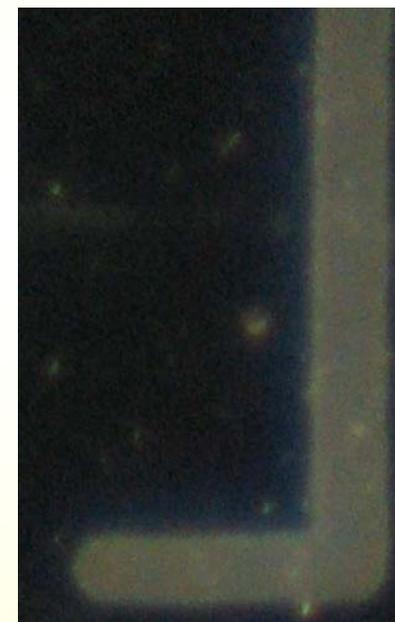
Толщина 50 нм

Au



Толщина резистивного слоя 90 нм

Sn-Bi



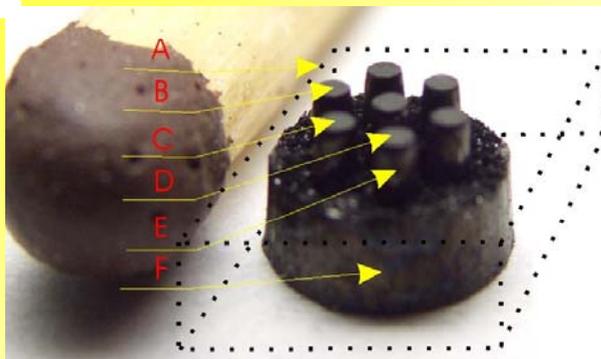
Толщина 30 нм

Ta

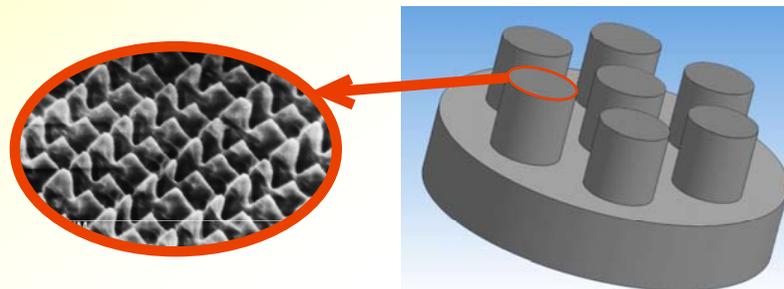
Точность подгонки 0,1% номинала



2. Очистка поверхности



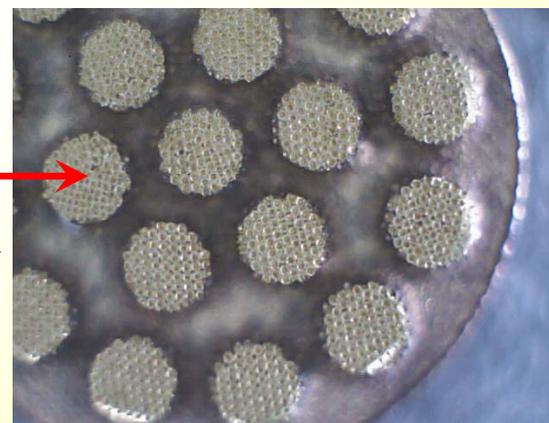
Катод из стеклоуглерода



Поверхность лучей, подлежащая очистке



Катод металлический

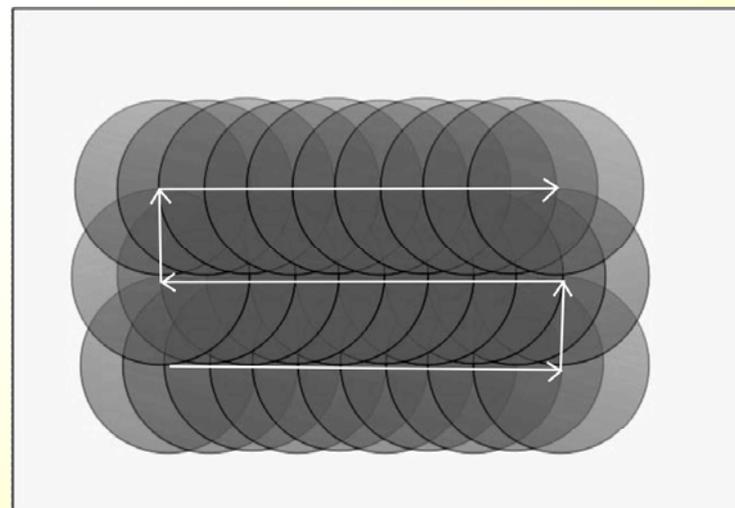


Поверхность лучей, подлежащая очистке



Оптимальные параметры лазерной ОЧИСТКИ

- Частота повторения импульсов излучения
f=1 кГц для металла;
f=30 кГц для стеклоуглерода
- Метод – сканирование поверхности с коэффициентом перекрытия $0,5 < p < 0,8$ в переменных направлениях
- Скорость сканирования 2 м/с



Очистка монет



До



После



Преимущества волоконных лазеров для подгонки резисторов и очистки

- Малый диаметр пятна
- Импульс без «хвостов»
- Малая зона термического воздействия
- Простая настройка
- Низкое энергопотребление

Спасибо за внимание!



НПФ «Прибор-Т» СГТУ
УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
СГТУ

Центр Коллективного Пользования
«Лазерные и оптические технологии Поволжья»
(ЦКП ЛиОТП)