



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Кафедра Лазерных технологий и систем

**Лазерно-индуцированное
формирование наночастиц из
ультратонких пленок металлов**

Автор: студент Аминов И.Р.

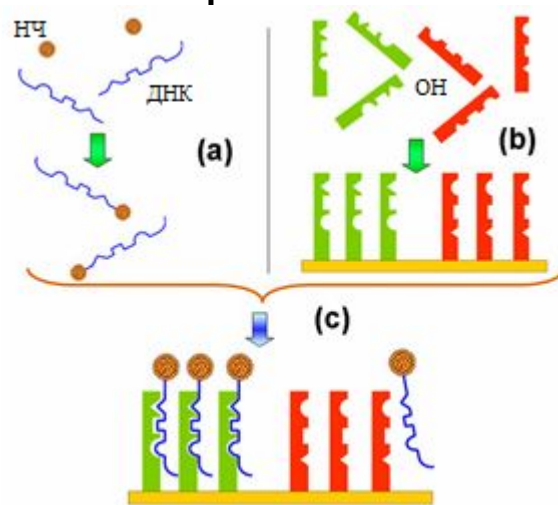
Научный руководитель: к.т.н. Агеев Э.И.

Санкт-Петербург, 2016 г.

Примеры применения наночастиц благородных металлов

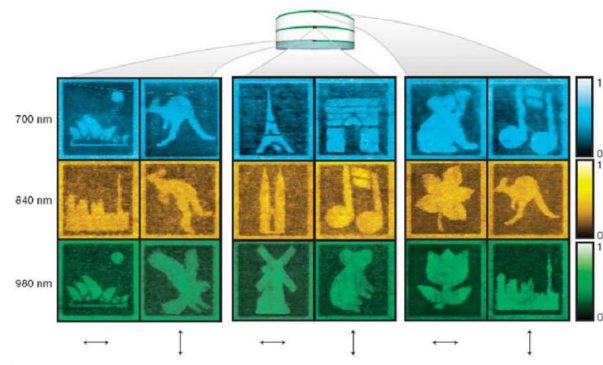
Биомедицина:

Маркировка ДНК
металлическими
наночастицами.



Информационные Технологии:

Изображения, записанные
воздействием лазерного
излучения на золотые
нанострежни.



[1] Garcia, M. A. Surface plasmons in metallic nanoparticles: fundamentals and applications / M.A. Garcia // J. Phys. D. Appl. Phys. – 2011. – V. 44. – P. 283001.

Некоторые методы синтеза наночастиц металлов

3 - 15

Синтез наночастиц из сыпучих материалов при помощи абляции в жидкости.

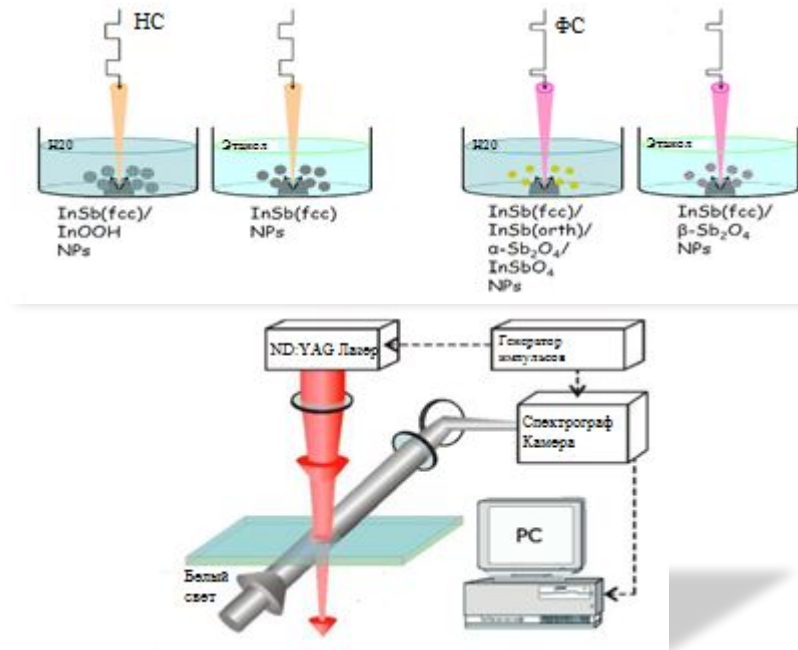


Схема эксперимента по получения металлических наночастиц в силикатном стекле, легированном ионами серебра

Semaltianos, N.G. NS or FS pulsed laser ablation of a bulk InSb target in liquids for nanoparticles synthesis // Journal for Colloid and Interface Science. – 2016. – Vol. 469. – PP 57-62.

Wolak, A. Nanosecond infrared laser-induced precipitation of silver nanoparticles in glass // Photonics letters of Poland -2013- Vol. 5(2) – P. 54-56

Цель

- Исследование особенностей формирования наночастиц серебра на поверхности стекла из тонких плёнок за счёт плавления и испарения в воздушной атмосфере при воздействии лазерного излучения УФ диапазона.

Задачи:

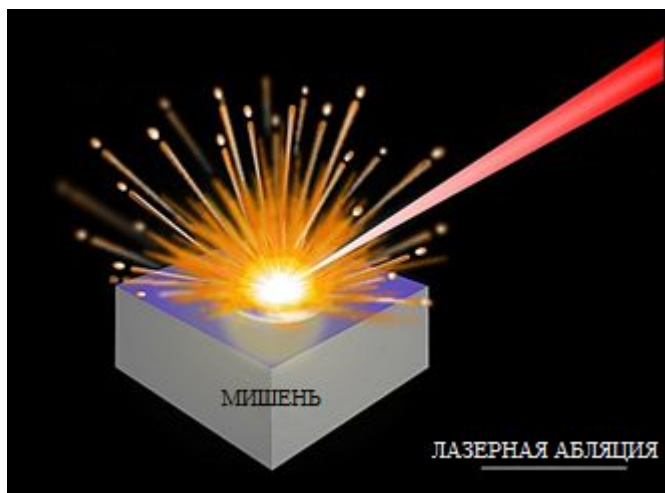
- Изучение воздействия лазерного излучения на тонкие плёнки серебра на стеклянной подложке.
- Исследование механизмов синтезирования наночастиц серебра в атмосферной среде за счёт плавления и испарения.
- Исследование спектральных характеристик, морфологии и пространственного распределения наночастиц серебра.

Лазерное формирование наночастиц из тонких плёнок металлов

5 - 15

Механизмы:

Абляция



Плавление

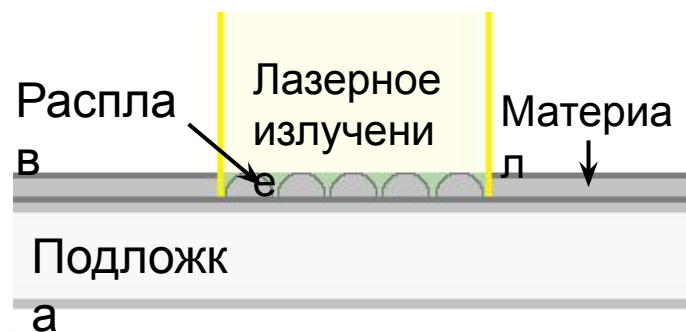
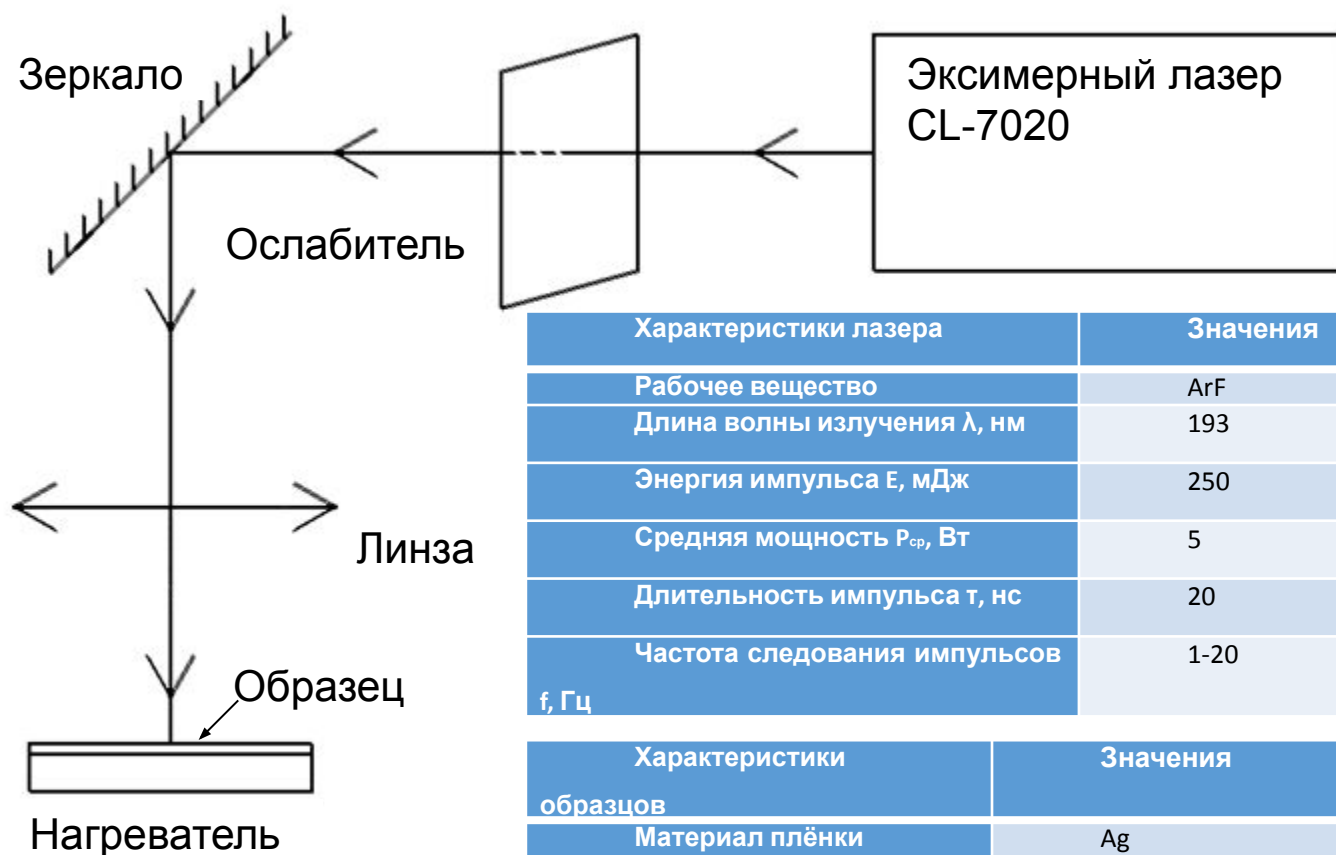


Схема установки



Характеристики лазера	Значения
Рабочее вещество	ArF
Длина волны излучения λ , нм	193
Энергия импульса E , мДж	250
Средняя мощность $P_{\text{ср}}$, Вт	5
Длительность импульса τ , нс	20
Частота следования импульсов f , Гц	1-20

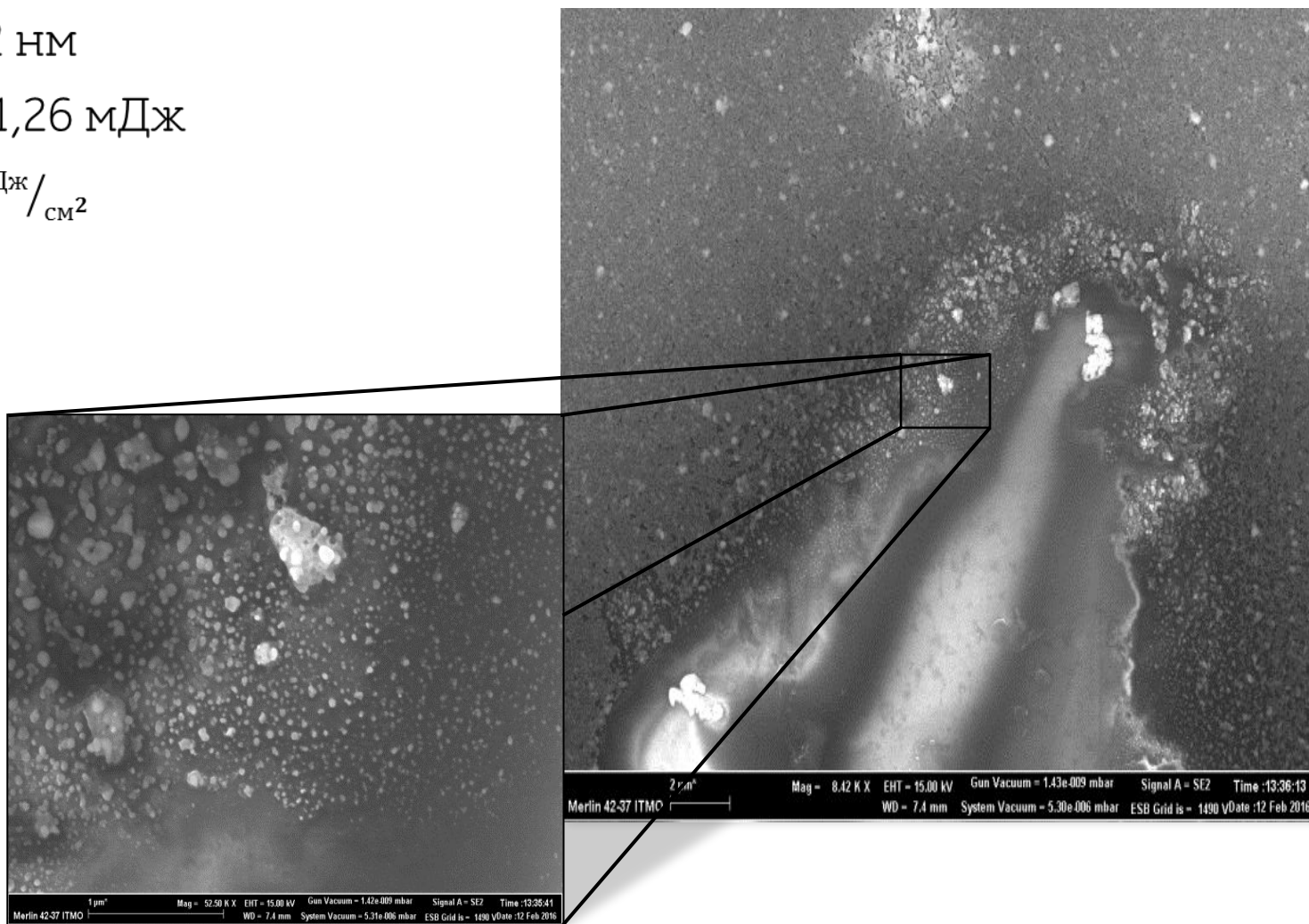
Характеристики образцов	Значения
Материал плёнки	Ag
Толщина плёнки, нм	62, 82 и 175
Материал подложки	Стекло К8
Метод напыления	магнетронное в атмосфере аргона
Температура плавления Ag	962 °C
Температура кипения Ag	2162 °C

Метод абляции.

$$h=82,2 \text{ нм}$$

$$E_{\text{ИМП}} = 1,26 \text{ мДж}$$

$$F=18 \text{ мДж/см}^2$$

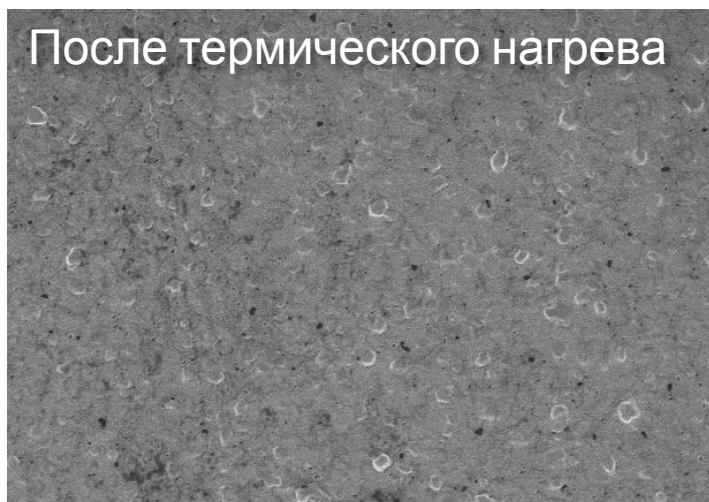


СЭМ изображения серебрянной плёнки до и после облучения 8 - 15

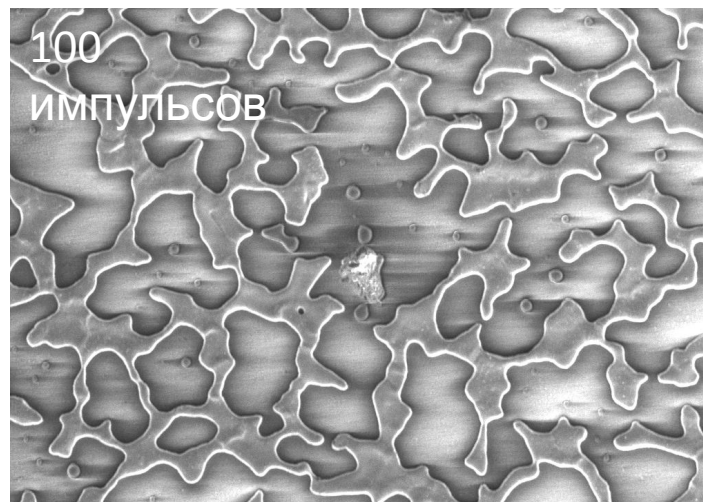
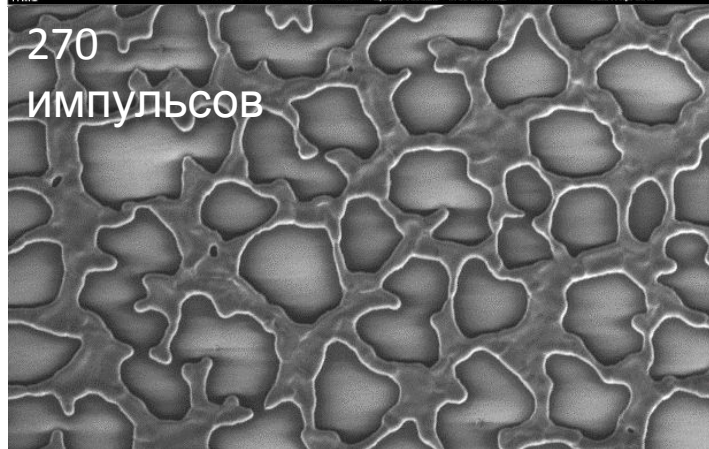
Температура исследуемого образца 220 °С. $E_{\text{имп}} = 10,2 \text{ мДж}$; $F = 84 \frac{\text{мДж}}{\text{см}^2}$

┌───┐ 10 мкм

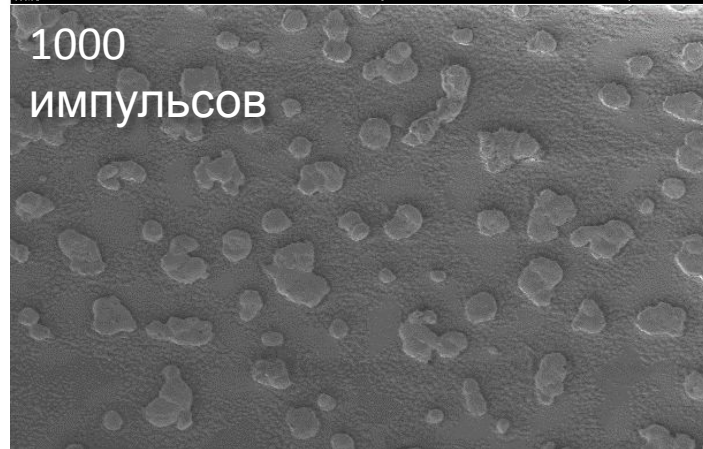
$f = 20 \text{ Гц}$; $h = 175 \text{ нм}$



Merlin 42-37 10 µm Magn: 4,70K X EHT: 1,50 kV Gun Vacuum: 1,33e-009 mbar Signal A = InLens Time: 11:29:52 ITMO Specimen: 1.11 µA WD: 1,8 mm System Vacuum: 4,76e-006 mbar ESD Grid Is = 1490 Vdate: 11 Apr 2016



Merlin 42-37 10 µm Magn: 4,70K X EHT: 1,50 kV Gun Vacuum: 1,33e-009 mbar Signal A = InLens Time: 11:27:41 ITMO Specimen: 1.11 µA WD: 1,7 mm System Vacuum: 4,76e-006 mbar ESD Grid Is = 1490 Vdate: 11 Apr 2016



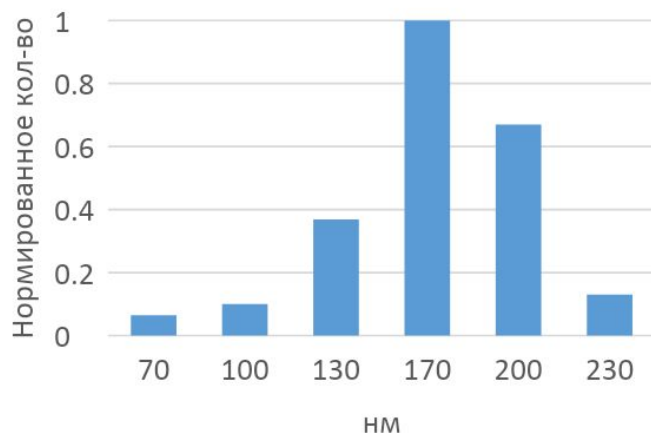
СЭМ изображения серебрянной плёнки до и после облучения 9 - 15

Температура исследуемого образца 220 °С. $E_{\text{имп}} = 10,2 \text{ мДж}$. $F = 84 \text{ мДж/см}^2$

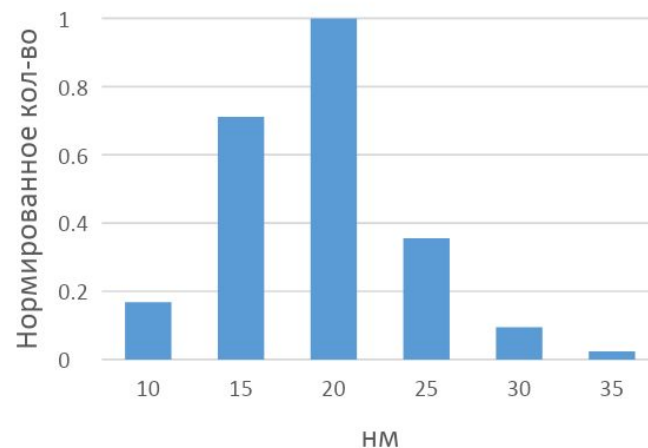
10 мкм

$f = 20 \text{ Гц}$; $h = 175 \text{ нм}$

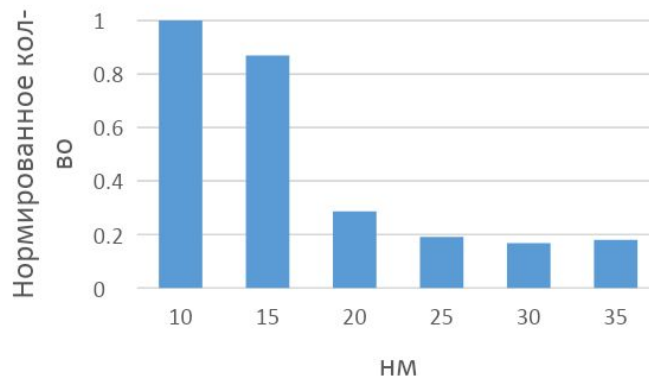
3000 импульсов



10000 импульсов



30000 импульсов



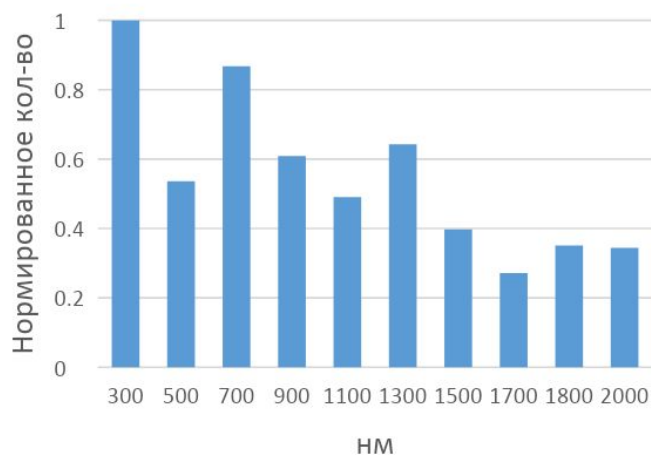
СЭМ изображения серебрянной плёнки до и после облучения

Температура исследуемого образца 220 °С. $E_{\text{имп}} = 10,2 \text{ мДж}$. $F = 84 \text{ мДж/см}^2$

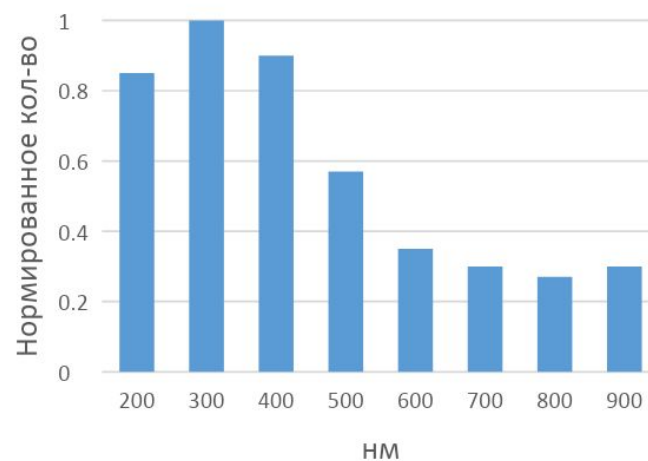
2 мкм

$f = 20 \text{ Гц}$; $h = 62 \text{ нм}$

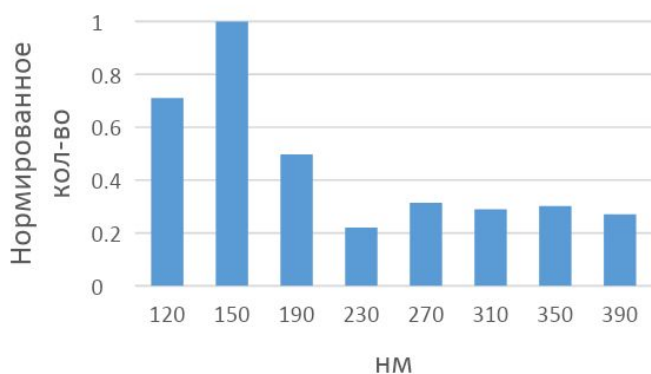
После термического нагрева



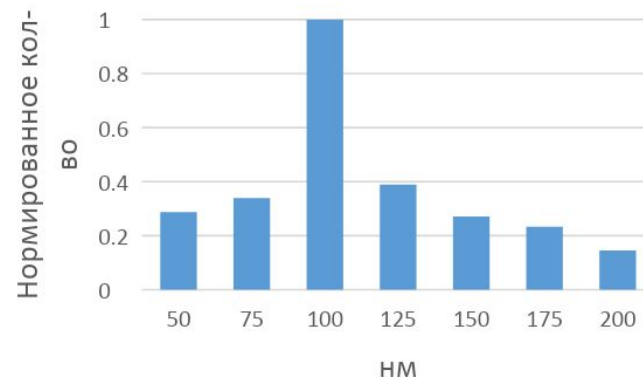
270 импульсов



1000 импульсов



3000 импульсов

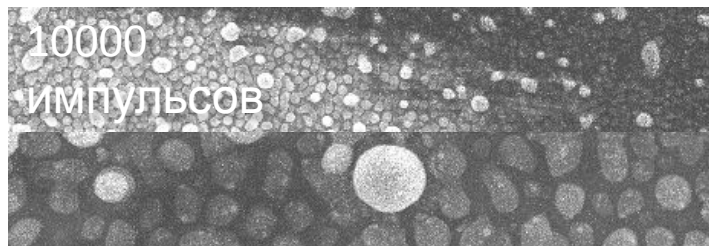


СЭМ изображения серебряной плёнки до и после облучения 11 - 15

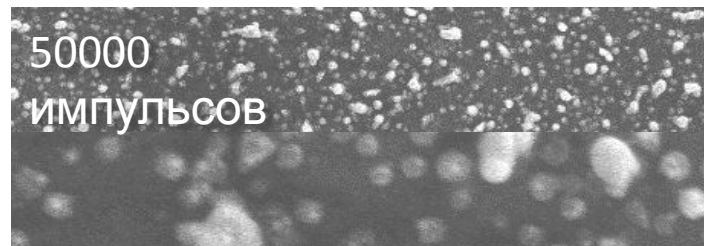
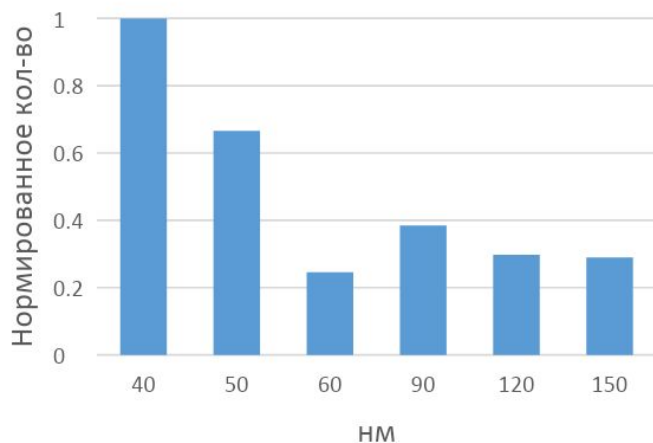
Температура исследуемого образца 220 °С. $E_{\text{имп}} = 10,2 \text{ мДж}$. $F = 84 \text{ мДж/см}^2$

—|— 2 мкм

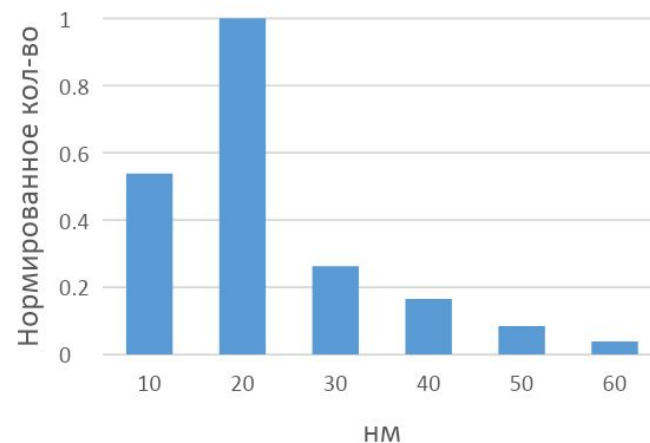
$f = 20 \text{ Гц}$; $h = 62 \text{ нм}$



10000 импульсов

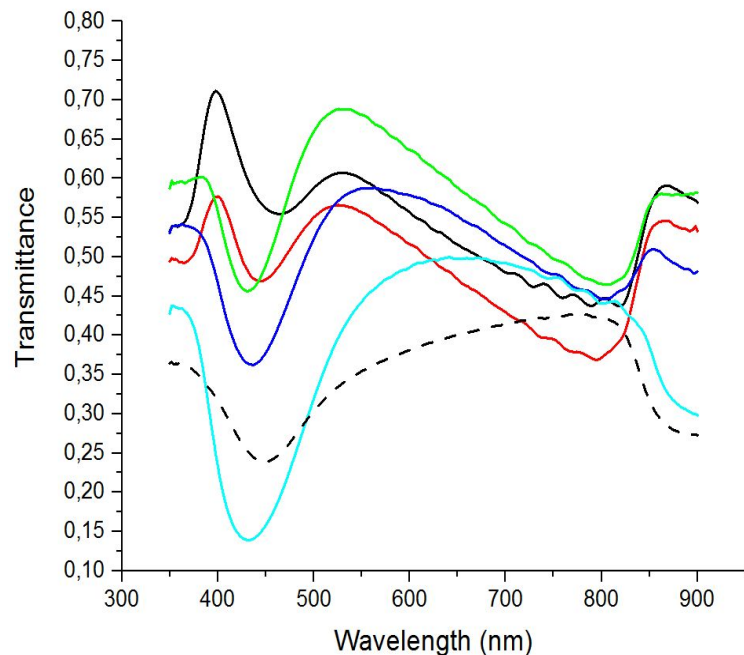


30000 импульсов

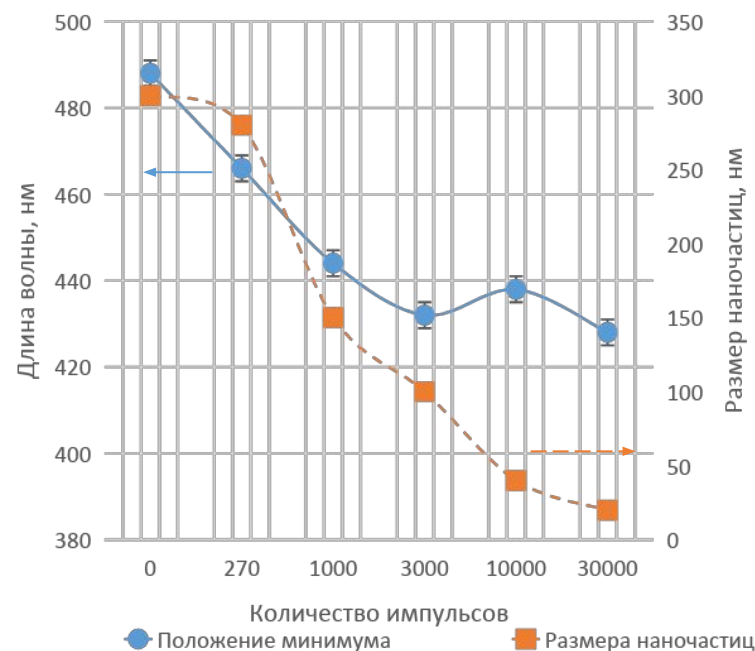


Спектр пропускания наночастиц из плёнки 62 нм.

12 - 15



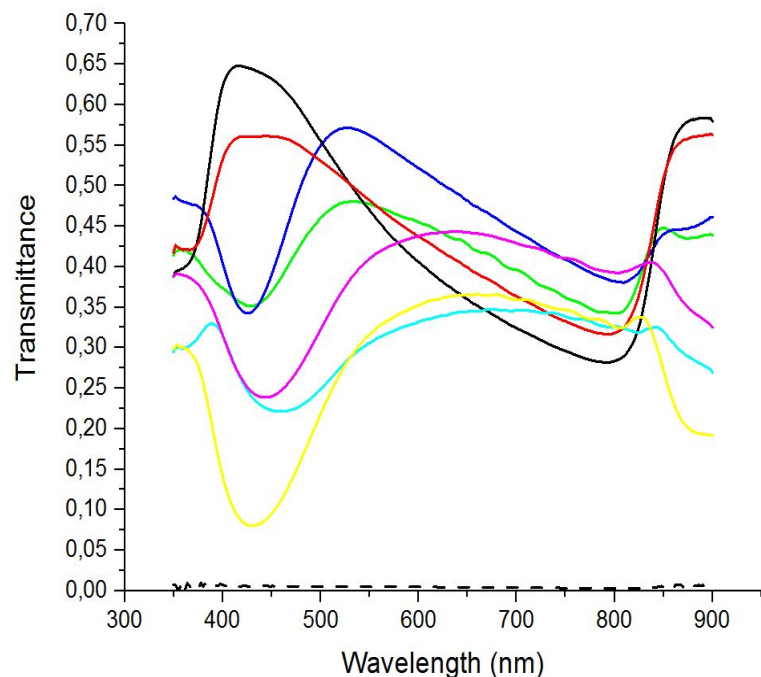
Чёрная – 270, красная – 1000, жёлтая – 3000, синяя – 10000, голубая – 30000, штриховая – исходная.



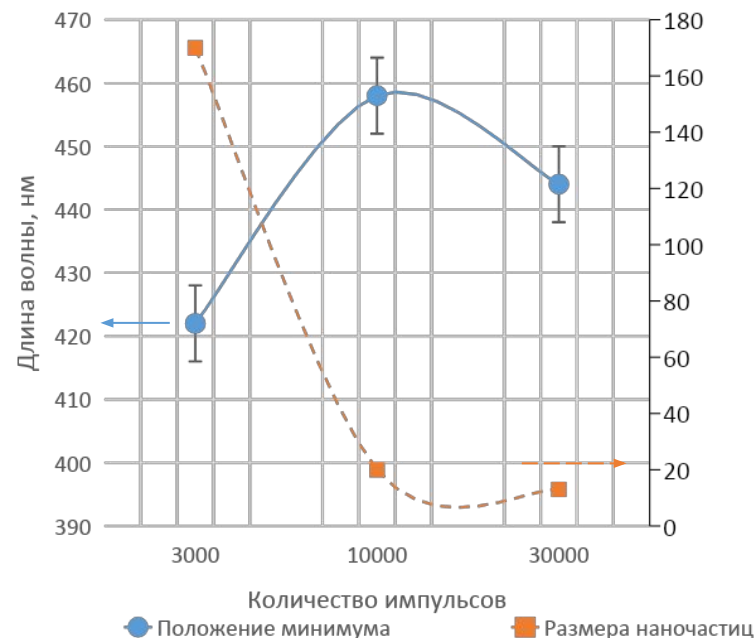
Зависимость положения минимума спектра пропускания и размера наночастиц от количества импульсов

Спектр пропускания наночастиц из плёнки 175 нм.

13 - 15



Чёрная – 100, красная – 270,
зеленая – 1000, синяя – 3000,
голубая – 10000, розовая – 30000,
жёлтая – 50000, штриховая –
исходная.



Зависимость положения минимума
спектра пропускания и размера
наночастиц от количества импульсов

Вывод

- Были получены наночастицы серебра при плавлении и абляции плёнок нанометровой толщины под действием лазерного излучения УФ диапазона.
- Наночастицы образуются из расплава плёнки вследствие эффекта несмачивания, их размер определяется количеством импульсов облучения.
- В случае абляции наночастицы образуются по краям зоны воздействия при конденсации из парогазовой фазы.
- Спектральные характеристики пропускания полученных наночастиц, в диапазоне 420-490 нм, демонстрируют плазмонный резонанс, положение минимума которого смещается в коротковолновую область с уменьшением размера наночастиц.

- Спасибо за внимание

Вывод

- Исследовано формирование наночастиц серебра из ультратонких плёнок благодаря методу абляции и методу плавления и испарения. Наночастицы полученные за счёт эффекта несмачивания имеют достаточно узкое распределение по размерам.
- Спектральные характеристики пропускания полученных наночастиц, в диапазоне 420-490 нм, демонстрируют плазмонный резонанс, положение минимума которого смещается в коротковолновую область с уменьшением размера наночастиц.