

**Е.Б. Шершнев, Ю.В. Никитюк, С.И. Соколов, А.Е. Шершнев**  
УО «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ АЛМАЗА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 532 И 266 НМ**

### **Введение**

Физические свойства кристаллов алмаза обеспечивают надёжную работу в критических условиях устройств, созданных на его основе, и делают перспективным применение данных кристаллов при создании новой техники [1]. В работах [2-5] проведено исследование особенностей лазерной обработки кристаллов алмазов при воздействии лазерного излучения с длиной волны 1064 нм. В данной работе представлены результаты экспериментальные исследования по обработке алмаза лазерным излучением 532 и 266 нм.

### **1. Основная часть**

Лазерная обработка СТМ «Алмазот» проводилась на лазере LS-2134Y (рисунок 1). Лазер LS-2134Y – лазер на АИГ:Nd<sup>3+</sup> с электрооптической модуляцией добротности и преобразованием длины волны излучения 1064 нм в излучение с длиной волны 532 нм, работающий в частотном режиме. Также с лазером использовались генераторы гармоник для АИГ:Nd<sup>3+</sup> лазеров с HG-TF, HG-T, HG-F приставками.



Рисунок 1 – Лазер LS-2134Y

Основные характеристики лазера приведены в таблице 1.

Экспериментальные исследования проводились для следующих режимов обработки: время воздействия лазерного излучения варьиро-

валось от 10 до 120 с, частота повторения импульсов от 1 до 15 Гц, энергия импульса от 10 до 20 мДж.

Таблица 1 – Основные характеристики лазера LS-2134Y

Наименование параметра, единица измерения	Номинальное значение
Длина волны генерируемого излучения, нм	1064, 532
Энергия импульса излучения, мДж	>250 >150
Частота повторения импульсов $f$ , Гц	<15
Длительность импульса излучения по уровню 0,5, нс	<15
Диаметр пучка лазерного излучения, мм	<5
Энергетическая расходимость лазерного излучения по уровню 0,5, мрад	<3
Электрическая энергия импульса накачки $E_n$ , Дж	<35
Потребляемая лазером мощность, Вт	<750
Поляризация	линейная

Структуру поверхности обработанных лазерным излучением СТМ «Алмазот» исследовали на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LSH фирмы TESCAN (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сканирующий электронный микроскоп VEGA II LSH

Характеристики прибора:

- источник электронов – вольфрамовый катод с термоэлектронной эмиссией;

- разрешение в режиме высокого вакуума (SE) 3,0 нм при 30 кВ, в режиме переменного вакуума (BSE) 3,5 нм при 30 кВ;

-увеличение непрерывное от 4× до 1 000 000×;

-ускоряющее напряжение от 200 В до 30 кВ ( с шагом 10 В);

-ток пучка электронов от 1 пА до 2 мкА;

-детекторы вторичных электронов (SE),

-отраженных электронов (BSE).

На рисунках 3–8 представлены результаты экспериментов.

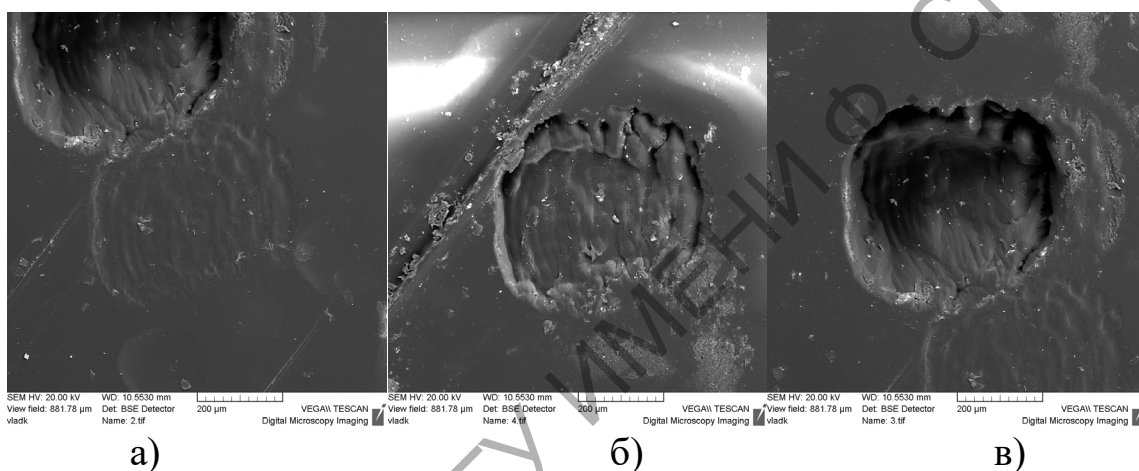


Рисунок 3 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии лазерного излучения с длиной волны 532 нм с энергией в импульсе 15 мДж при количестве: а) 2 импульсов; б) 3 импульсов; в) 5 импульсов

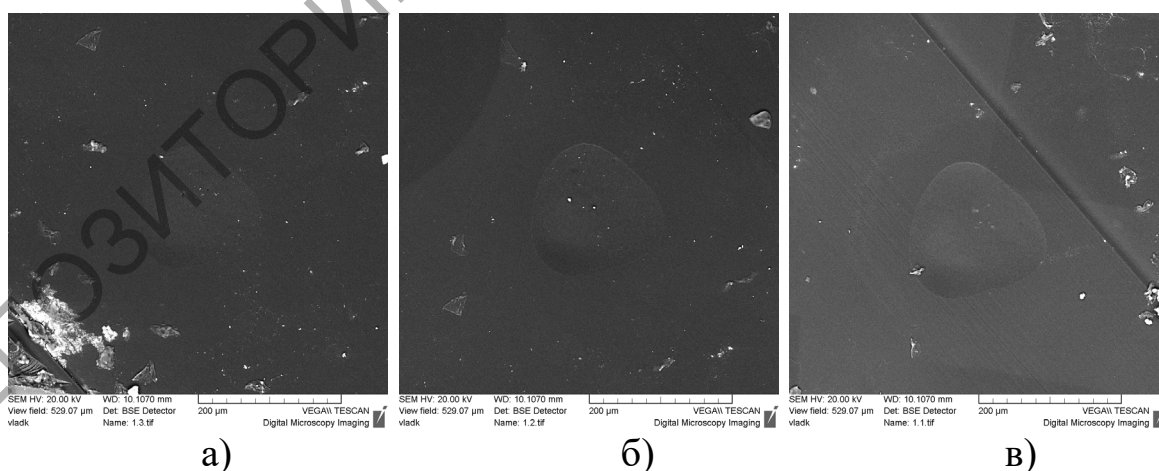
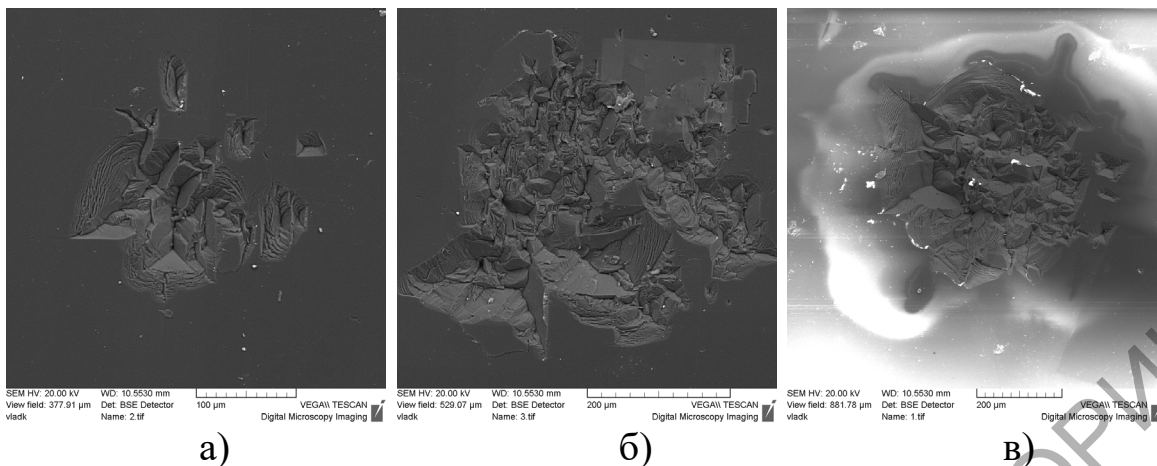


Рисунок 4 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии лазерного излучения с длиной волны 266 нм с энергией в импульсе 20 мДж при количестве: а) 10 импульсов; б) 20 импульсов; в) 30 импульсов

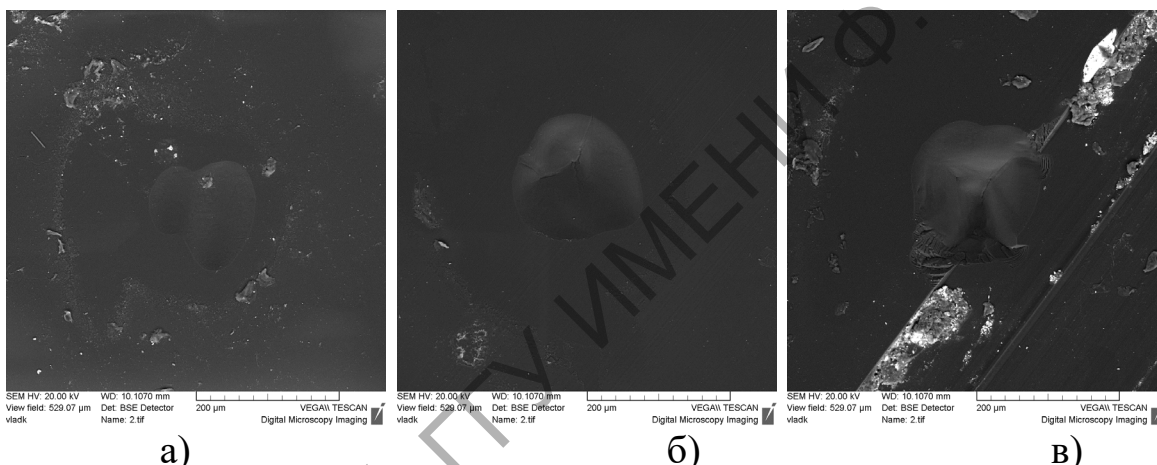


а)

б)

в)

Рисунок 5 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии 1 импульса лазерного излучения с длиной волны 532 нм при энергии импульса: а) 12,5 мДж; б) 17,5 мДж; в) 20 мДж

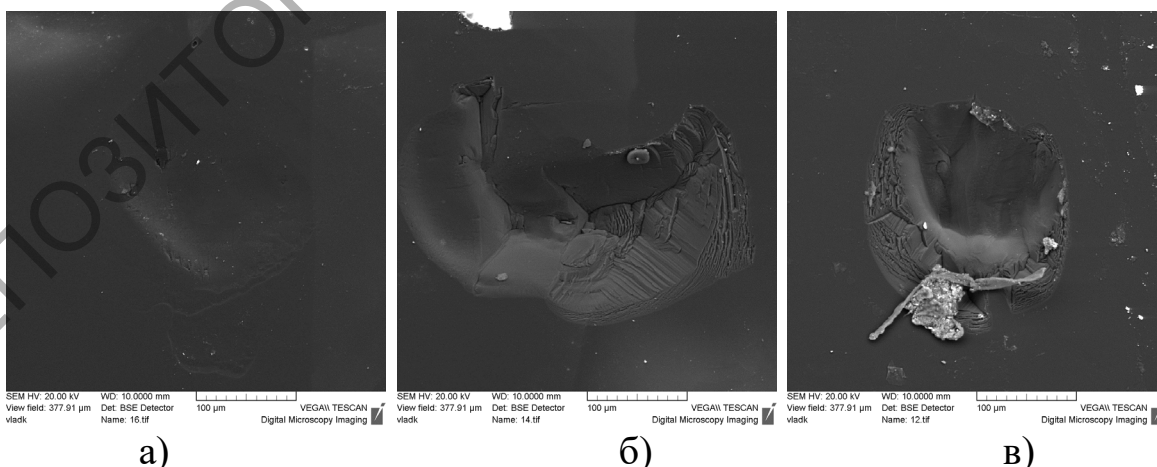


а)

б)

в)

Рисунок 6 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии 1 импульса лазерного излучения с длиной волны 266 нм с частотой 10 Гц в течение 10 с при энергии импульса: а) 15 мДж; б) 17 мДж; в) 19 мДж



а)

б)

в)

Рисунок 7 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии импульса лазерного излучения с длиной волны 532 нм с частотой 1 Гц в течение 1 минуты при энергии импульса: а) 10 мДж; б) 15 мДж; в) 20 мДж

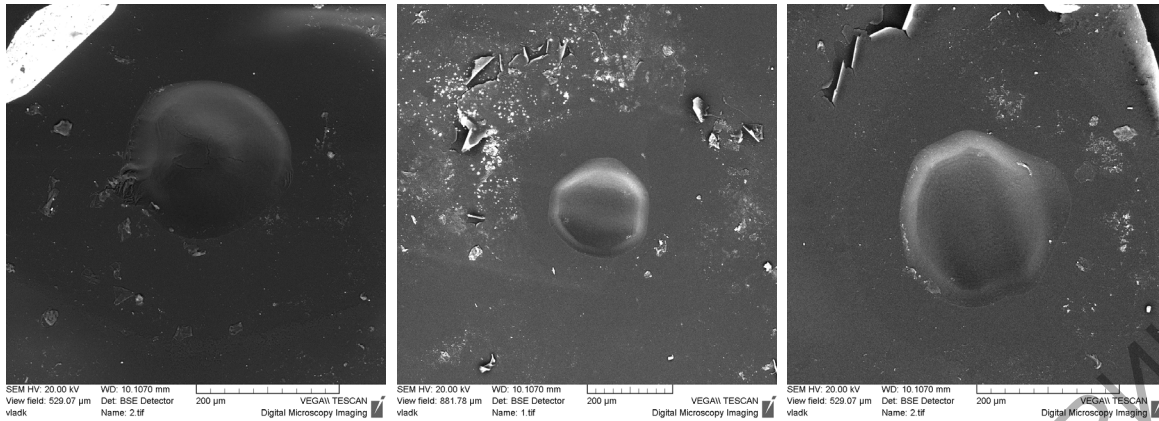


Рисунок 8 – Фотография лунки, образованной в СТМ «Алмазот» при воздействии импульса лазерного излучения с длиной волны 266 нм при энергии в импульсе 20 мДж течение 30 с с частотой: а) 8 Гц; б) 12 Гц; в) 15 Гц

Анализ рисунков показывает, что с увеличением энергии импульса ширина и глубина лунок становится больше. Анализ рисунков показывает, что при воздействии лазерного излучения с длиной волны 266 нм лунка практически не имеет явных сколов. Однако при более высоких значениях энергии (более 19 мДж) структура лунок характеризуется наличием сколов как в случае обработки лазерным излучением с длиной волны 532 нм, так и при длине волны 266 нм.

### Литература

1. Митягин, А.Ю. Технология и оборудование для обработки алмазных материалов современной техники/ А.Ю. Митягин, А.А. Алтухов, А.Б. Митягина// Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2009. – № 1. – С. 53–58.
2. Физические основы лазерной обработки алмазов: в 15 кн.: учеб. пособие для ВТУЗов / А.И. Шкадов; под ред. А.М. Бочарова. – Смоленск, 1997. – Кн. 3: Физические основы лазерной обработки алмазов. – 288 с.
3. Shalupaev, S.V. Dependence of the diamond laser processing efficiency on crystallographic directions / S.V. Shalupaev, E.B. Shershnev, Y.V. Nikitjuk, V.V. Sviridova // SPIE. – 2001. – Vol. 4358. – P. 329–333.
4. Шершнеv, Е.Б. / Моделирование лазерной обработки кристаллов алмаза// Е.Б. Шершнеv, Ю.В. Никитюк, А.Е. Шершнеv// Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2011. – № 6(69). – С. 164–168.
5. Шершнеv, Е.Б. / Особенности формирования термоупругих полей при лазерной обработке кристаллов алмаза // Е.Б. Шершнеv,

Ю.В. Никитюк, А.Е. Шершнеv, С.И. Соколов // Проблемы физики, математики и техники. – 2015. – № 1(22). – С. 38–40.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ