

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

doi: 10.51639/2713-0568\_2021\_1\_2\_30

УДК 535.21, 535.23

ГРНТИ 29.31.27, 29.33.47

OCIS 140.3440, 140.3390, 160.3380

### Сравнение значений пробойной энергии при различных длительностях лазерного импульса

Чербачи Ю. В., \* Мкртычев О. В.

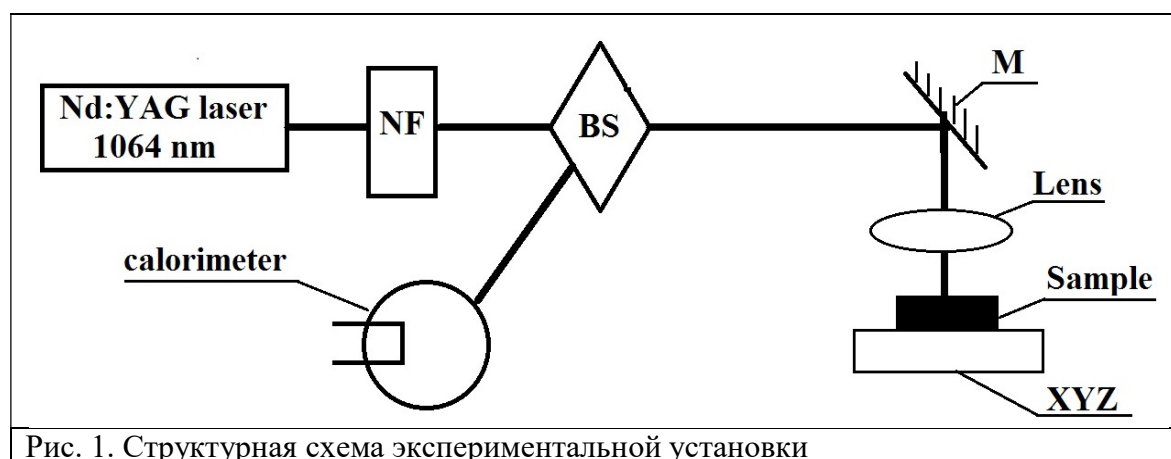
353919, Россия, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе 75,  
Новороссийский филиал БГТУ им. В. Г. Шухова

email: [cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru](mailto:cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru), \* [mkrtchev-o-v@nb-bstu.ru](mailto:mkrtchev-o-v@nb-bstu.ru)

Сравнение результатов лазерной абляции при импульсах различной длительности необходимо для создания в будущем материалов силовой оптики. Исследования, проводимые авторами данной статьи, рассматривали оптический пробой материала лазерами микросекундной и наносекундной длительностей. Для лазерных импульсов фемтосекундной длительности привлекались значения из работ других исследователей.

*Ключевые слова:* оптический пробой, модель Вейбулла–Гнеденко, микросекундная длительность, наносекундная длительность, фемтосекундная длительность.

Структурная схема экспериментальной установки, на которой проводились измерения, приведена на рис. 1 [1]. Методика эксперимента описана в [2–4]. Эксперименты проводились с импульсами различной длительности. Энергия в импульсе калибровалась с помощью нейтральных светофильтров. В качестве мишеней использовались стеклянные образцы, покрытые плёнками диоксида гафния.



На рис. 2 и 3 приведены результаты, полученные при облучении четырёх образцов импульсами микросекундной и наносекундной длительностей. По оси абсцисс отложены значения плотности потока энергии лазерного импульса в относительных единицах, нормированные на максимальную энергию лазерного импульса, по оси ординат – вероятность пробоя. Экспериментальные значения вероятности пробоя для четырёх образцов отмечены ромбами, квадратами, треугольниками и крестами. Сплошными линиями на рисунках показаны линия средних и линия аппроксимации этих значений моделью Вейбулла–Гнеденко:

$$p(F) = \begin{cases} 1 - e^{-\ln\left(\frac{F}{F_{0,5}}\right)^m}, & F > 0 \\ 0, & F \leq 0, \end{cases}$$

т. е., модели, в которой мишень подвергнута воздействию лазерного излучения с плотностью энергии  $F$ , где  $F_{0,5}$  – пробойная энергия, для которой вероятность пробоя равна 0,5.

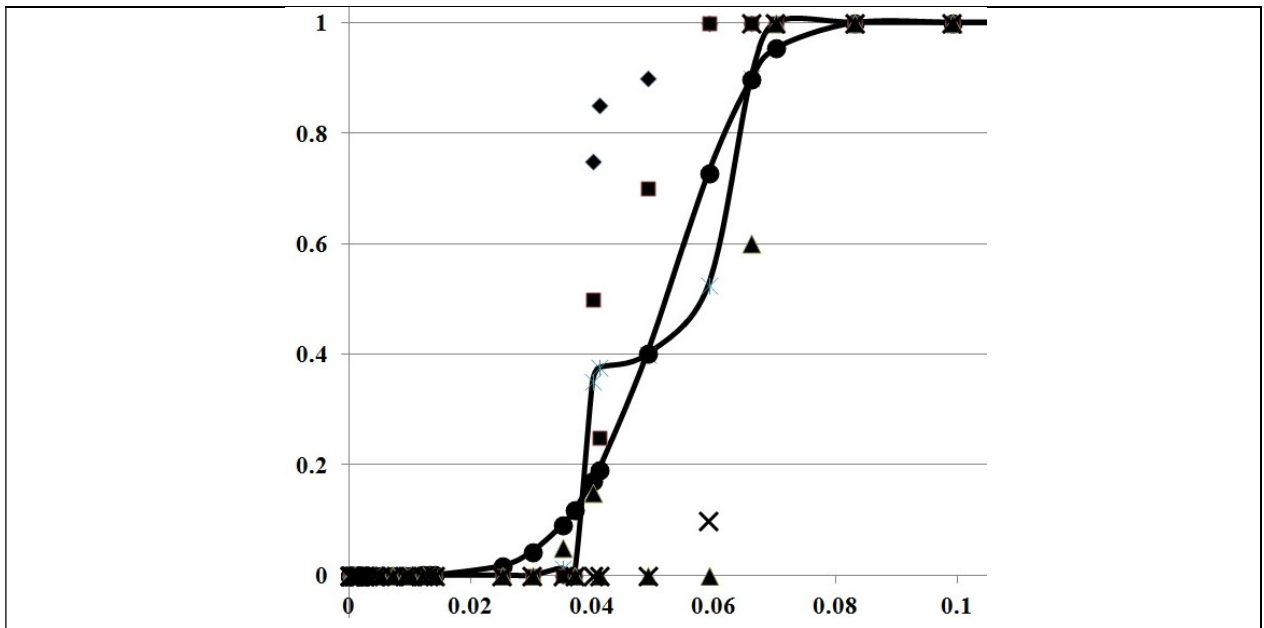


Рис. 2. График вероятности оптического пробоя исследуемых образцов при длительности лазерного импульса 300 мкс

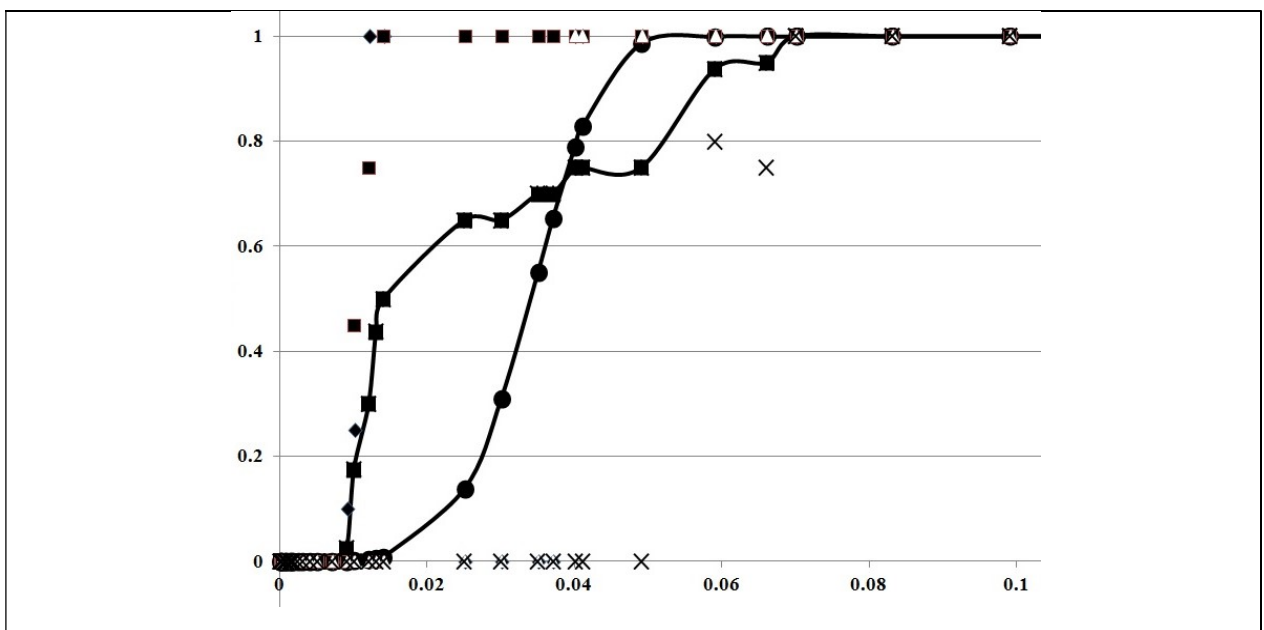


Рис. 3. График вероятности оптического пробоя исследуемых образцов при длительности лазерного импульса 20 нс

Сравнение результатов лазерной абляции при импульсах различной длительности необходимо для создания в будущем .....

Исследования, проводимые авторами данной статьи, рассматривали оптический пробой материала лазерами микросекундной и наносекундной длительностей. Для фемтосекундной длительности брались результаты исследований, проведенных коллективом авторов из Шанхайского института оптики и точной механики и Пекинского университета Китайской академии наук [5]. Во всех случаях подвергались облучению мишени, представляющие плёнки диоксида гафния на стеклянной матрице.

В качестве опорных значений выбраны значения  $F_{0,5}$  плотности потока энергии лазерного импульса для микросекундной и наносекундной длительности импульса [1–4], а для фемтосекундной авторы [5] использовали несколько другую величину, рекомендованную стандартом ISO 21254 [6]. Это замечание следует учитывать при использовании значений, приведённых в нижеследующей таблице:

Длительность импульса	300 мкс	20 нс	70 фс
Пробойная плотность, Дж·см <sup>-2</sup>	8,4	3,1	0,35

### Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами, на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

### Список литературы

1. [O. V. Mkrtychev](#), [V. G. Shemanin](#), and [Yu. V. Shevtsov](#) "Investigation of laser ablation destruction of polymer materials", Proc. SPIE 11322, XIV International Conference on Pulsed Lasers and Laser Applications, 1132221 (11 December 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2555980>
2. Мкртычев О. В. Методика определения лучевой прочности материалов при однократном облучении. Лазеры. Измерения. Информация. 2021. Т. 1. № 1(1). С. 7–13. URL: [https://doi.org/10.51639/27130568\\_2021\\_1\\_1\\_7](https://doi.org/10.51639/27130568_2021_1_1_7).
3. Мкртычев О. В., Шеманин В. Г. Способ определения оптической прочности материалов при однократном облучении. Патент на изобретение RU 2694073 С1, 09.07.2019. Заявка № 2018110756 от 26.03.2018.
4. Привалов В. Е., Шеманин В. Г., Мкртычев О. В. Метод оценки оптической прочности облучаемой поверхности при лазерной абляции. Измерительная техника. 2018. № 7. С. 34–37. URL: [http://izmt.ru/note.php?type=TAMI\\_izmt&notes\\_id=281](http://izmt.ru/note.php?type=TAMI_izmt&notes_id=281)
5. Zehan Li, Juan Du, Yuanan Zhao, Yueliang Wang, Yuxin Leng, and Jianda Shao. Modeling the effect of nanosecond laser conditioning on the femtosecond laser-induced damage of optical films. Optics Express. Vol. 23, Issue 11, pp. 14774–14783 (2015). URL: <https://doi.org/10.1364/OE.23.014774>
6. ISO 21254, Laser and laser-related equipment—Test methods for laser-induced damage threshold, (2011).

### Comparison of breakdown energy values at different laser pulse durations

Cherbachi Yu. V., Mkrtychev O. V.

*Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University, 353919, Russia,  
 Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

Comparison of the results of laser ablation with pulses of different durations is necessary for the development of power optics materials in the future. The studies carried out by the authors of this article considered the optical breakdown of the material by lasers of microsecond and nanosecond duration. For femtosecond laser pulses, we used the values from the works of other researchers.

*Keywords:* optical breakdown, Weibull – Gnedenko model, microsecond duration, nanosecond duration, femtosecond duration.