

**УДК 666.1.054.2****ЛАЗЕРНАЯ ФЕМТОСЕКУНДНАЯ СВАРКА СТЕКЛА**

Шаталов Алексей Алексеевич <sup>(1)</sup>, Умарбаев Арисбек Тохирович <sup>(2)</sup>, Норов Парвиз Мироджевич <sup>(3)</sup>

*Студент 5 курса <sup>(1)</sup>, студенты 6 курса <sup>(2)</sup>, <sup>(3)</sup>*

*кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Е. Шупенёв,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

В настоящее время наиболее распространённые типы соединений стекла со стеклом — клеевые и сварные. Склеивание стёкол производится с применением специальных оптических клеев. Сварку производят с использованием лазерных технологий — непрерывными CO<sub>2</sub> лазерами или лазерами ультракоротких импульсов. Каждый из методов имеет свои минусы: клеи являются дополнительным химическим веществом в соединении, а также подвержены старению. Сварка непрерывным лазерным излучением CO<sub>2</sub> лазера, на длине волны которого стекло активно поглощает излучение, часто приводит к различным дефектам, таким как трещины.

Целью данной работы является анализ технологии фемтосекундной сварки стекла. Сварка излучением ультракоротких импульсов имеет другой физический механизм, в основе которого лежат нелинейные процессы — многофотонное поглощение и лавинообразная ионизация. Благодаря снижению теплового воздействия это позволяет избежать вышеперечисленных минусов других технологий и получить качественное соединение.

В рамках работы был проведён ряд экспериментов на лазерной твердотельной фемтосекундной системе ТЕТА-10/200. В ходе экспериментов было исследовано влияние параметров сварки (мощности излучения, частоты и длительности импульсов, скорости обработки) на получаемое соединение. В результате исследования был определён оптимальный режим.

Таблица 1. Оптимальный режим сварки

Длительность импульса, фс	Средняя мощность, Вт	Частота импульсов, Гц	Скорость сварки, мм/с
250	4,5	80	20

Практическое применение исследуемая технология может получить для производства микрофлюидных чипов — специальных устройств с особой конфигурацией микроканалов, которые широко используются для тестирования лекарств, подбора индивидуальных схем лечения, моделирования человеческих органов вне организма. Сейчас их изготавливают из ПДМС (полидиметилсилоксан), но стекло имеет перед ним ряд преимуществ: более высокая прочность, воздушная непроницаемость, химическая инертность. При изготовлении чипа из стекла в стеклянных пластинках сначала создаются каналы методом СЛТ (селективное лазерное травление), а затем полученные заготовки должны быть соединены между собой герметично и прочно, поэтому на сегодняшний день задача исследования лазерной фемтосекундной сварки стёкол является актуальной.

### **Литература**

1. *Мурзаков, М.А.* Взаимодействие ультракоротких лазерных импульсов с боросиликатным стеклом в процессах формирования однородных и разнородных сварных соединений: диссертация ... кандидата физико-математических наук. Москва, 2025. - 121 с. : ил.
2. *Вакс Е. Д., Миленский М. Н., Сапрыкин Л. Г.* Практика прецизионной лазерной обработки. Москва: Техносфера, 2013. – 710 с.
3. *Miyamoto I., Svecek K., Okamoto Y., Schmidt M.* Novel fusion welding technology of glass using ultrashort pulse lasers. // *Physics Procedia*, Volume 5, Part A. — 2010. — С. 483-493.