

охлаждению зоны лазерного воздействия за счет испарения, что позволяет избежать перегрева других компонентов биоткани, содержащихся в объеме, и соседних участков биоткани [3].

При дальнейшем увеличении энергии импульса излучения, а следовательно, и повышении температуры биоткани в замкнутом объеме (при температуре более 250°C) происходит карбонизация, а затем полное сгорание биоткани [4]. Данные математических расчетов подтверждаются результатами экспериментов [5].

1. V. A. Sercbriakov, Laser technologies in medicine (ITMO, St.Petersburg, 2009), 266 p.

2. Климков Ю.М., Майоров В.С., Хорошев М.В. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2014.— 108 с.

3. Беляков А.В. Оптико-физические процессы при воздействии лазерного излучения на твердые биоткани: автореф. дисс. ... д-ра ф.-м.н.: 01.04.05. — Санкт-Петербург, 2012.

4. Возможности использования CO₂ лазерной хирургии / Варев Г.А., Погорельский С.Л. // [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.medicus.ru> (Дата обращения: 27.02.2017).

5. Soldatov A.N., Polunin Yu.P., Kostadinov I.K., Shumeiko A.S., Vasilieva A.V., Loeva Ya.A., Laser ablation of bone tissue at a wavelength 6.45 μm // Pulsed Lasers and Laser Applications - "AMPL-2017" Abstracts of XIII International Conference. 2017. p. 127.

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

*А.Н. Солдатов, В.Ю. Юрин, А.С. Шумейко, Ю.П. Полунин, Н.С. Грибанов
(Томск)*

Микроэлектронные устройства и микроэлектромеханические системы используются везде, где нужны разнообразные датчики положения, гироскопы и другие сенсоры подобного типа. По словам специалистов «Yole Développement» рынок МЭМС в период с 2018 по 2022 года вырастит почти в 2 раза, и достигнет объема в 25 миллиардов долларов США. Одним из важнейших этапов создания данных устройств является соединение диэлектрика с полупроводником, в частности соединение подложек стекло-кремний. На данный момент наиболее распространенные способы это склеивание и анодная сварка, имеющие ряд недостатков, такие как низкая скорость процесса соединения, низкая прочность шва и недостаточная герметизация детали. За последние 10 лет, многие научные группы из Китая, Южной Кореи, США, Франции и других стран, занимаются исследованиями лазерной сварки подложек стекло-кремний. В первую очередь данный интерес вызван возрастающими требованиями к устойчивости к нагрузкам МЭМС, а также к снижению размеров изделий. Учитывая спектр пропускания стеклянных подложек, лазер на парах стронция может стать наиболее релевантным источником лазерного излучения для сварки подложек стекла с полупроводниками. В данной работе проводились экспериментальные исследования по сварке подложек стекло-кремний, при использовании двух лазеров на парах металлов: Sr лазера и CuVg лазера.

Лазер на парах стронция генерирует свое излучение на 8 длинах волн в ИК спектре, в области 1, 3, 6,45 мкм. Причем максимальная мощность наблюдается на длине волны 6,45 мкм. А при работе лазера в режиме «перегрева», мы получаем генерацию только на длине волны 6,45 мкм. Лазер на парах меди

генерирует излучение на 2 длинах волн: 510 и 578 нм. Оба лазера относятся к классу газовых лазеров на парах металлов, имеют схожее распределение мощности в сечении пучка, могут генерировать излучение на одной частоте – 17 кГц, и имеют расходямость излучения, близкую к дифракционной. Силикатное стекло является прозрачной средой для излучения CuVg лазера, а тонкая подложка кремния пропускает около 50% излучения Sr лазера, таким образом, при воздействии излучения на подложки стекло-кремний нагреваться в первую очередь будут места их стыков. Причем, для соединения подложек, не обязательно, чтобы и кремний и стекло достигали температуры плавления, которые сильно отличаются друг от друга.

После соединения подложек, происходила операция разделения, в месте сварки. Как показал эксперимент, прочность сварного шва на растяжение оказалась выше прочности кремния, так как разрыв происходил не в месте стыка двух подложек, а в подложке кремния.

В результате проведенных экспериментов была выявлена возможность соединения тонких подложек стекла и кремния при помощи лазерного излучения, а учитывая рост рынка микроэлектроники и тенденцию к миниатюризации данных устройств, сварка подложек стекло-кремний является одним из самых перспективных применений Sr лазера. Помимо сварки подложек стекло-кремний, теоретически возможно выполнять сварку подложек стекло-германий, так как германий имеет схожие термические свойства с кремнием, такие как коэффициент линейного температурного расширения и температуру плавления.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПРИ АБЛЯЦИИ КОСТИ

*В.Е. Прокопьев, А.Н. Солдатов, Ю.П. Полунин, А.С. Шумейко, А.В. Васильева,
В.Ю. Юрин
(Томск)*

Любое медицинское применение лазеров основано на компромиссе между эффективностью лазерной медицинской процедуры и сопутствующими нежелательными эффектами лазерного воздействия. Все процессы лазерного воздействия зависят как от оптико- спектроскопических характеристик биологических тканей, так и параметров лазерного излучения, например, от его длины волны и энергии импульса. Действительно, прецизионное удаление ткани с минимальным термическим повреждением окружающих областей требует высокого поглощения лазерной энергии, т.е. создания тонкого поглощающего слоя на облучаемой поверхности. В частности, глубина проникновения лазерного излучения с длиной волны порядка нескольких микрон, сравнима с размером клетки. Большая глубина проникновения увеличивает число повреждаемых клеток в результате их термического нагрева и незначительному выносу вещества, в то время как меньшая глубина проникновения приводит к взрывному термическому нагреву и быстрому удалению биологического материала поверхности. В результате фотоабляции биологической ткани в ней может