

УДК 535.8

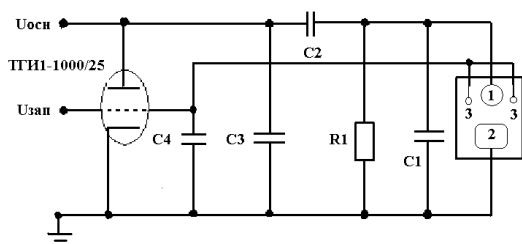
ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ ХеСl ЛАЗЕР С НЕУСТОЙЧИВЫМ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Ануфрик С.С., Володенков А.П., Зноско К.Ф.

Гродненский государственный университет

Гродно, Республика Беларусь

Для воздействия на биологические объекты был использован ХеСl лазер с системой возбуждения, построенной по схеме LC инвертора, которая представлена на рис.1.



LC инвертор. 1, 2 – основные электроды, 3 – электроды предыонизации; Накопительные емкости $C2 = 30$ нФ, $C3 = 12,5$ нФ; Обострительная емкость $C1 = 20$ нФ.

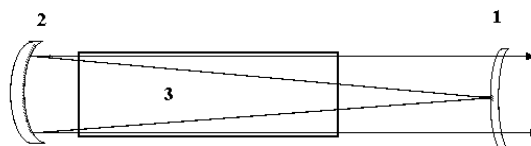
Рисунок 1 – Система возбуждения ХеСl-лазера.

Система возбуждения функционирует следующим образом: высоковольтный импульс $U_{осн}$ заряжает накопительные емкости $C2$ и $C3$ до напряжения $U_{осн}$. После включения тиратрона ТГИ1-1000/25 происходит процесс перезарядки емкостей и на емкостях $C2$ и $C3$, включенных в этом случае последовательно, образуется близкое к $2U_{осн}$ напряжение, которое прикладывается к обострительной емкости $C1$. Одновременно осуществляется предыонизация активной среды емкостным разрядом между основным электродом 2 и вспомогательными электродами 3, которые представляют собой цилиндрические проводники, находящиеся в кварцевых трубках. При этом получается мощное УФ излучение, которое осуществляет однородную предыонизацию активной среды. Когда напряжение между основными электродами (1, 2) достигает пробойной величины, происходит разряд и возбуждается активная среда.

Максимальная величина энергии генерации ХеСl-лазера 30 мДж была получена для следующих значений емкостей: $C2 = 30$ нФ, $C3 = 12,5$ нФ, $C1 = 20$ нФ на смеси $НСl:Хе:Не=0,12:1:98,8$ при общем давлении 1,6 атм и зарядном напряжении 25 кВ. При этом длительность импульса генерации по полувысоте составила 10 нс.

Для управления расходимостью выходящего потока в данной конструкции лазера использовался телескопический резонатор (рисунок 2), образованный вогнутым зеркалом (2) с радиусом кривизны $R2=2270$ мм и

выпуклым зеркалом (1) малого размера (диаметр 2 мм) с радиусом кривизны $R1=330$ мм и с коэффициентами отражения диэлектрического покрытия 0,99. Зеркала устанавливались покрытием внутрь камеры.



1, 2 – зеркала резонатора, 3 – активная среда.

Рисунок 2 – Оптическая схемы ХеСl- лазера с телескопическим неустойчивым резонатором и с дифракционным выводом излучения.

Было выполнено измерение расходимости лазерного излучения. Вследствие отсутствия аксиальной симметрии активной среды расходимость генерируемого потока была различной по двум взаимно ортогональным направлениям. Так при энергии лазерного излучения 30 мДж и использовании фокусирующей линзы с фокусным расстоянием $F=235$ мм было получено пятно размером $0,25 \times 0,15$ мм². Это соответствует расходимости в двух взаимно перпендикулярных направлениях соответственно $1,06 \cdot 10^{-3}$ и $0,6 \cdot 10^{-3}$.

Оптическая схема для воздействия на биологические объекты представлена на рис.3.

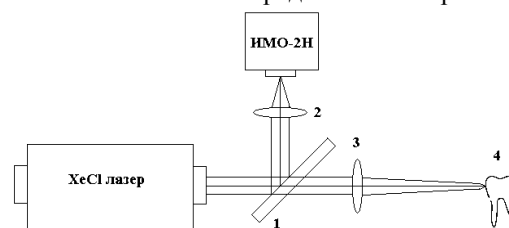


Рисунок 3 – Оптическая схема для воздействия на поверхность зубной эмали

Излучение ХеСl лазера направлялось на кварцевую подложку 1. Излучение, отраженное от кварцевой подложки (1), направлялось на фокусирующую линзу (2) и попадало на измеритель энергии ИМО-2Н, который использовался для контроля энергии излучения. Прошедшее через кварцевую подложку (1) излучение направлялось на фокусирующую линзу (3) и далее на облучаемый объект (4). Линзы (2, 3) имели просветляющее покрытие для длины волны 308 нм. Выполнена калибровка

ИМО-2Н, которая по показаниям этого прибора, позволяет определять энергию, падающую на облучаемый объект 4. Для этого на место облучаемого объекта ставился второй прибор ИМО-2Н.

Схема, которая представлена на рис.3, была использована для облучения поверхности зубной эмали, которая была покрыта зубным камнем, причем была использована кварцевая линза с фокусным расстоянием 200 мм. При облучении была использована различная величина плотности энергии, что достигалось использованием фильтров и различной степенью фокусировки.



а – 11,5 мДж; б – 9 мДж

Рисунок 4 – Фотография поверхности зубной эмали

На всех фотографиях, представлены результаты воздействия 1000 облучающих импульсов.

На рис.4а представлена фотография кратера, который получен при энергии 11,5 мДж. Размеры кратера составляют 0,4х0,15 мм². При этом

поверхность зубной эмали находилась на расстоянии 198 мм от линзы.

На рис.4б представлена фотография кратера, который получен при энергии 9 мДж. Размеры кратера составляют 0,9х0,3 мм². При этом поверхность зубной эмали находилась на расстоянии 185 мм от линзы.

На рис.5 представлена фотография кратера на поверхности зубной эмали, которая была получена при помощи цифрового фотоаппарата, при этом наблюдался очень слабый плазменный факел.



Рисунок 5 – Фотография поверхности зубной эмали

Фотография кратера была получена при энергии 14 мДж. При этом поверхность зубной эмали находилась на расстоянии 180 мм от линзы. Размеры кратера составляют примерно 2х1 мм². Поверхность кратера имеет неоднородную структуру, что связано с тем, что величина плотности мощности излучения находилась в области порога абляции.

Некоторые участки поверхности имеют белый блестящий вид. Эти участки соответствуют зубной поверхности, с которой произошло удаление зубного камня.

В результате исследования установлено, что при использовании ХеС1 лазеров с длительностью импульса 10 нс порог абляции эмали зуба составляет ~ 0,4 Дж/см² и обнаружено, что при плотности энергии большей 0,2 Дж/см² происходит эффективное удаление зубного камня, но при этом не наступает абляция эмали зуба. Поэтому излучение ХеС1 лазера может быть использовано для удаления зубного камня с поверхности зубов без повреждения эмали.