

Спектр дентина при воздействии излучением фемтосекундного лазера с интенсивностями до $5 \cdot 10^{15} \text{ Вт/см}^2$

Макаров Иван Андреевич, Хоменко Антон Сергеевич
аспиранты

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: makalu76@mail.ru, miriel_t@mail.ru

Изучение особенностей процесса взаимодействия высокоинтенсивного фемтосекундного лазерного излучения с дентином представляет интерес по ряду причин. Дентин ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) представляет собой пример биоткани, обладающей волоконной структурой, аналогичной коллагеновым волокнам. В свою очередь коллагеновые волокна образованы тройными спиралями, состоящими из трёх протеиновых цепочек, имеют квадратичную нелинейность и способны генерировать вторую гармонику лазерного излучения. Изучение спектрального отклика дентина при воздействии на него высокоинтенсивного фемтосекундного лазерного излучения имеет как теоретическое (исследование структуры зубной ткани), так и практическое применение. В частности, генерация второй гармоники в зубной ткани и спектральный отклик в режиме плазмообразования могут быть использованы в качестве диагностирующего излучения в клинической медицине.

В работе впервые исследован спектр излучения дентина при воздействии на него излучением фемтосекундного хром-форстеритового лазера, имеющего следующие характеристики: длина волны 1.24 мкм, длительность импульса 110 фс, энергия до 400 мкДж при частоте повторений 10 Гц. Излучение фокусировалось на образец для достижения интенсивностей в диапазоне $I \sim 10^{12} \div 10^{15} \text{ Вт/см}^2$. При интенсивности основного излучения $I \sim 10^{13} \text{ Вт/см}^2$, спектральный отклик регистрировался в прошедшем вперёд излучении, а при интенсивностях $10^{14} \div 10^{15} \text{ Вт/см}^2$, когда создавался режим плазмообразования, спектральный отклик регистрировался в направлении назад (Рис. 1).

Зарегистрирована ГВГ в дентине при интенсивности излучения $I \sim 5 \cdot 10^{12} \text{ Вт/см}^2$. В этом режиме процесс абляции материала носил слабо выраженный характер. При уменьшении энергии излучения в 1,46 раза, амплитуда сигнала второй гармоники в дентине упала 2,4 раза, что отвечает квадратичной зависимости ГВГ от энергии.

Режим плазмообразования возникал при интенсивности более 10^{13} Вт/см^2 . Спектральный отклик дентина в режиме плазмообразования демонстрирует наряду с сигналом второй гармоники также и сильные переходы одно и двукратно ионизированных атомов Са и Р. В режиме плазмообразования в спектральных откликах присутствует компоненты 3ω и $3/2\omega$, которые рождаются в воздухе вблизи поверхности дентина.

Впервые при интенсивностях падающего излучения $I \sim 5 \cdot 10^{15} \text{ Вт/см}^2$ зафиксирован выход жесткого рентгеновского излучения в диапазон более 2.5 кэВ (конверсия составляет около 10^{-6}).

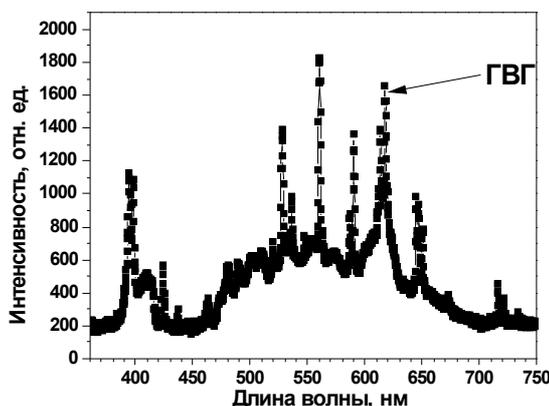


Рис. 1. Спектр дентина при интенсивности падающего фемтосекундного лазерного излучения $I \sim 5 \cdot 10^{15} \text{ Вт/см}^2$.