**Гагарин, Андрей Петрович.**

## Исследование крупномасштабного воздействия лазерного излучения на металлы и стекла : диссертация ... доктора физико-математических наук в форме науч. докл. : 01.04.05. - Санкт-Петербург, 1999. - 38 с. : ил.; 20х14 см.

## Оглавление диссертациидоктор физико-математических наук в форме науч. докл. Гагарин, Андрей Петрович

Ко времени постановки настоящей работы (1970-1972 гг) подавляющее юльшинство исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом фоводилось на сравнительно маломощных лазерах, энергия в импульсе у которых ю превышала, как правило, двух-трех сотен джоулей, что не позволяло исследовать 1вления лазерного воздействия при значительном размере лазерного пятна на феграде - порядка сантиметра или больше. Имевшиеся в крупнейших лаборатори-[х страны лазеры, способные давать в импульсе по несколько килоджоулей, позво-¡или определить, что модельные эксперименты, выполняемые на фокальных 1ятнах диаметром в доли миллиметра, дают' результаты, иногда существенно яличающиеся от тех, которые получаются при воздействии лазерным пятном с тиаметром сантиметр и более. Размерная зависимость эффектов взаимодействия шзерного излучения с веществом, т.е. зависимость величины порога разрушения от 1иаметра лазерного пятна, - одна из наиболее надежно и давно установленных и, с 1ругой стороны, одна из наиболее универсальных - свидетельствует' о наличии [¡акторов, понижающих пороговые величины тех или иных результатов взаимодей-;твия лазерного излучения с веществом при возрастании диаметра пятна воздействия. Поэтому перенесение результатов, полученных на малых лазерных пятнах, на юздействие с применением больших пятен имело следствием неоправданное ¡авышение ожидавшихся пороговых величин. В некоторых случаях это приводило < неудачным результатам крупномасштабных экспериментов - лучевая прочность оптических элементов большого размера оказывалась на практике существенно ниже той, которая закладывалась при расчетах, и эксперименты срывались.

Похожая ситуация оказалась и с зависимостью пороговых величин от длительности импульса. Результаты, получавшиеся на коротких импульсах, при экстраполяции на длинные импульсы оказывались плохо применимыми - далекими от реальных величин.

Интерес к результатам экспериментов на пятнах большого диаметра и большой длительности импульса (до 1 мс) был столь велик, что при отсутстви подходящих лазеров проводились модельные эксперименты, заключающиеся размещении тонкого слоя взрывчатого вещества на поверхности исследуемог материала или изделия и анализе последствий его взрыва.

Нами была поставлена задача определить пороги разрушения конструкцию^ ных и оптических материалов, а также выяснить характер\* основных закономерно стей, которым они подчиняются, именно в условиях лазерного воздействия фокадь ным пятном значительного диаметра (порядка I сантиметра) и большой длительно сти импульса (около 1 мс). Специфичность задачи, решаемой в работе, потребовал специальных методических решений, в частности - разработки специальное источника лазерного излучения. Иго характерной особенностью должна был являться значительная излучаемая энергия, чтобы иметь возможность засвечиват площадь порядка 1 см" с плотностью, превосходящей порог разрушения большин стна материалов. Такой лазер был разработан A.M. Бонч-Бруевичем и И.С. Марша ком с участием автора. В его основу была положена предложенная A.M. Бонч Бруевичем конструкция "светового котла", заключающаяся в размещении значи тельного количества импульсных ламп накачки и активных генерирующих стержней в одном объеме с общим отражателем. Свет ламп накачки не направлялся i помощью отражателя на тот или иной лазерный стержень, а поглощался несколь кими, расположенными но соседству, лазерными стержнями. Это позволил« избежать необходимости в большом количестве отражателей и повысить эффек тивность накачки, свет которой по большей части доходил до лазерных стержне! непосредственно, без отражений.

Лазер был сконструирован и изготовлен в ЦКБ "ЛУЧ" (Москва) в количеств» 3 экземпляров. Один из них был привезен в г. Сосновый Бор в 1968 г. и запущен i 1970 г.

Два года потребовались на разработку схемы питания и поджига. Особенно сти конструкции электропитания лазера ФЛ-4, введенные при разработке в ЦК! "Луч" - питание от источника напряжения 50 кВ, последовательное включение i импульсных ламп (всего их в осветителе 64 штуки), высоковольтный разряднш мало надежной конструкции в каждой цени, - в условиях физической лабораторш оказались неприемлемыми. Нами была разработана своя схема питания, с последо вательный включением 2 (а не 8) импульсных ламп, соединенных с конденсатора ми, заряжавшимися до ±5 кВ, с заземленной средней точкой. Эта схема оказалаа очень надежной, и лазер с таким пит анием проработал без переделок и серьезны; ремонтов 10 лет. Емкостной накопитель для его питания содержал 800 конденсате ров ИМ-5-140, максимальная запасенная в нем энергия была 1,4 МДж, а макси мальная энергия в лазерном пучке достигала 25 кДж (со всех 24 стержней), т.о КПД лазера был более 1,5% . Конструкция лазера ФЛ-4 и его работа подробш описаны в отчетах.

Боковые отражатели лазера, представлявшие собой плоские алюминиевьи экраны, со временем темнели, что приводило к снижению энергии лазера на 15 - 21 % за 2 - 3 месяца эксплуатации. Поэтому такие отражатели были сначала заменень на посеребренные кварцевые пластины, а потом, из-за их дороговизны и неудобств; работы с ними, на специально разработанные керамические отражатели. Эт отражатели позволили несколько увеличить энергию лазера, а главное -улучшили стабильность его выходных характеристик, что позволило заменять отражатели не чаще раза в год. ;

На первом этапе работы лазер ФЛ-4 был уникальным источником лазерного излучения большой мощности. При площади пятна до I см" он генерировал квазигладкий импульс длительностью по основанию 1,2 мс. по полуширине 0.6. мс, что позволяло получать плотность мощности в пятне более 10' Вт/см". Глубина модуляции в импульсе была не более 30 % благодаря переналожению хаотического излучения всех 24 стержней. .,

Для проведения некоторых экспериментов, требующих хорошего пространственного распределения интенсивное™ в фокальном пятне при гарантированном отсутствии "горячих точек", был разработан специальный малоугловой рассеива-тель, позволивший получать фокальное пятно с регулярным распределением интенсивности.

Таким образом, описанный лазер позволял получать энергию в импульсе до 25 кДж, временная структура миллисекундного импульса была таковой, что импульс можно было считать квазигладким (глубина модуляции - не более 30%), пространственная структура фокального пятна представляла собой неплохое приближение к П-образному распределению, глубина модуляции в плоской части которого не превышала 30% без рассеивателя и 10% с применением рассеивателя.

Измерительный комплекс состоял из двух частей: приборов для диагностики лазерного излучения ФЛ-4 и приборов для диагностики процессов взаимодействия лазерного излучения с исследуемыми объектами. Обычно он включат в себя калориметр (использовалась головка от стандартного калориметра ИЭК-1, закрепленная у окна фотометрического шара диаметром 1 метр, в который и попадала часть излучения, отводимая для измерения), систему регистрации мгновенной мощности с применением коаксиального фотоэлемента ФЭК-1, систему регистрации момента начала разрушения, систему скоростной фоторегистрации процесса разрушения. Иногда измерительный комплекс дополнялся системами регистрации импульса отдачи и выноса массы, системой измерения параметров разлета продуктов разрушения, системой регистрации скорости движения границы испарения, спектрографом в сочетании со спектрохронографом для временной развертки получаемого спектра, эталоном яркости ЭВ-45, аэродинамической трубой, скоростными фоторегистраторами СФР и ФП-22 и другими системами.

Таким образом, основным методическим элементом настоящей работы служил лазер ФЛ-4, работавший в режиме свободной генерации. Как уже указывалось, из-за персналожения излучений отдельных стержней в фокальном пятне хаотический характер генерации оказывался сглаженным. Выбор режима свободной генерации объясняется стремлением получить максимальное энергетическое воздействие в условиях, приближенных к возможным крупномасштабным экспериментам.