

Отзыв

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Гордиенко В.М. на диссертацию **Пойдашева Дениса Георгиевича "Фотоиндуцированные процессы, протекающие в молекулярных кластерах под действием наносекундного и фемтосекундного лазерного излучения"**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

В настоящее время нанобъекты и использующие их нанотехнологии являются объектом пристального внимания ученых в связи с рядом обстоятельств, главное из которых связано с проявлением новых физических и химических свойств наноразмерным веществом. Кластеры атомов/молекул представляют собой пример большого числа связанных частиц и занимают промежуточное положение между атомами/молекулами и конденсированной средой.

Значительный интерес к процессу взаимодействия интенсивного лазерного излучения с атомными/молекулярными кластерами объясняется возможностью создания наноплазмы, которая в свою очередь, является источником высокоэнергетических заряженных частиц, спектрально яркого рентгеновского излучения сверхкороткой длительности, пучков нейтронов и др. Другое направление исследований связано со сверхбыстрой динамикой и энергопереносом в фотовозбужденных изолированных кластерах.

Диссертация Пойдашева Д.Г. посвящена пионерским экспериментальным исследованиям процессов, протекающих в ван-дер-ваальсовых молекулярных кластерах в результате действия лазерного излучения наносекундной и фемтосекундной длительности. Задачи, решаемые в рамках диссертационной работы, направлены на выявление механизмов специфических фотоиндуцированных реакций, присущих кластерам, динамики протекания этих процессов, а также динамики миграции колебательной энергии в кластере. Работу отличает новизна решаемых проблем и актуальность проводимых исследований.

Диссертация состоит из введения, содержащего обзор литературы, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении сформулированы цели диссертационной работы, обоснованы новизна и актуальность темы исследований, представлены защищаемые положения.

В первой главе диссертации приведено описание экспериментального комплекса, состоящего из генератора кластерной струи, различного типа лазерных систем, измерительного блока на основе времяпролётного масс-спектрометра, с помощью которого были выполнены основные исследования по детектированию ионов, появляющихся в результате ионизации исследуемых объектов, другой аппаратуры.

Вторая глава диссертации посвящена экспериментальным исследованиям многофотонных процессов, инициируемых в молекулярных кластерах $(CF_3I)_n$ и $(IF_2CCOF)_n$ под действием наносекундных УФ и ИК лазеров. Результаты проведенных в этой главе исследований позволили предложить наиболее вероятный механизм процесса многофотонной ионизации кластеров $(CF_3I)_n$, который оказался различен для двух разных длин волн УФ лазерного излучения (генератор второй гармоники лазера на красителе, излучающий на длине волны 232нм, эксимерный XeCl лазер, линия генерации 308нм). Исследован процесс диссоциации кластеров $(IF_2CCOF)_n$ при резонансном возбуждении колебаний CO или CF связей наносекундным ИК лазерным излучением (использовано излучение CO₂ лазера на переходе 9R30 и его второй гармоники на линии 10P26). Анализ полученных экспериментальных результатов проведен в рамках феноменологической модели многофотонной ИК диссоциации кластеров. Сделан вывод о том, что этот процесс не зависит от канала ввода энергии в кластер и является по сути стационарным или близким к нему процессом последовательного испарения молекул.

Основное содержание третьей главы диссертации посвящено изучению динамики образования молекулярного йода I₂, возникающего в результате ионизации кластеров $(CF_3I)_n$ фемтосекундным УФ излучением (задействовано излучение третьей гармоники фемтосекундного титан-сапфирового лазера, центральная длина волны 266нм). Образующиеся ионы, как уже отмечалось выше, детектировались с помощью времяпролетного масс-спектрометра. Обнаружены различия в процессах ионизации при использовании лазерного излучения нано- и фемтосекундной длительности. Выявлено два характерных времени образования этого продукта, что соответствует двум каналам реакции его образования. Сделан вывод, что для образования I₂⁺ в процессе ионизации исследуемых кластеров важную роль играют существующие в кластере благоприятные конфигурации молекул CF₃I в кластере, в которых соседние молекулы расположены с минимальным расстоянием между атомами йода. Предложена модель образования молекулярного йода при воздействии на кластеры $(CF_3I)_n$ фемтосекундным УФ лазерным излучением.

Предметом четвертой главы диссертации являются результаты экспериментального изучения динамики диссоциации кластеров пентакарбонила железа

$[\text{Fe}(\text{CO})_5]_n$ под действием резонансного фемтосекундного ИК излучения пятимикронного диапазона, которое генерировалось с помощью ИК параметрического генератора. В экспериментах использована техника накачка-зондирование. Для ионизации кластеров и продуктов их распада было задействовано излучение второй гармоники (400нм) фемтосекундного титан-сапфирового лазера. В результате проведенных экспериментов установлено, что эффективность процесса диссоциации кластеров существенно зависит от ширины спектра фемтосекундных ИК импульсов, а динамика выход свободных молекул из кластеров определяется величиной поглощенной энергии. Предложена модель перераспределения колебательной энергии в кластере, которая позволила получить расчётные величины скоростей релаксационных процессов в кластеризованных молекулах.

Заключение содержит основные результаты диссертации.

Выделим ключевые результаты диссертации.

1. Экспериментально выявлено два различных по скорости канала образования иона молекулярного йода I_2^+ при ионизации кластеров $(\text{CF}_3\text{I})_n$ фемтосекундным УФ лазерным излучением с длиной волны 266нм.

2. Обнаружена дезинтеграция молекулярных кластеров $[\text{Fe}(\text{CO})_5]_n$ в результате резонансного возбуждения СО-колебаний входящих в них молекул фемтосекундным ИК излучением пятимикронного диапазона. Предложен механизм дезинтеграции, основанный двухступенчатым процессе энергопереноса колебательно возбужденных молекул кластера сначала в низкочастотные молекулярные колебания, а затем – в межмолекулярные колебания кластера с последующей десорбцией молекул.

Отметим имеющиеся следующие замечания по диссертации.

1. Моделируя процесс перераспределения колебательной энергии в кластерах $[\text{Fe}(\text{CO})_5]_n$ автор использует термин температура кластера, вкладывая в неё понятие равновесной температуры. Это справедливо в случае термализации колебательного возбуждения.
2. В качестве источника кластерных пучков в диссертации используется импульсное сопло. Известно, что на кластеризацию в процессе газодинамического охлаждения при истечении газов из сопла в вакуум существенное влияние оказывает конструкция сопла. Однако в диссертации этот вопрос оставлен без внимания. Отсутствует систематическое описание параметров генерируемых кластеров и кластерной струи (приходится выискивать в тексте).

3. Нет обсуждения причины, по которой в экспериментальном графике для процесса фемтосекундной ионизации используется плотность энергии (представлены результаты выхода ионов), а не интенсивность (см. рис.3.1.4).
4. Автор приводит характерную величину плотности энергии 14.88 Дж/см^2 , которая по его предположению, может служить мерой эффективности диссоциации кластеров (стр. 44). При этом отсутствует точность, с которой она определена.
5. Следует отметить недостатки в описании экспериментов и представлении иллюстративного материала. Так, в ряде экспериментальных схем использованы подписи на английском языке, содержащие необъясненные сокращения (см. например, рис. 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 2.2.2, 2.2.3, 3.2.1. и др.). Не приведены такие параметры фемтосекундных импульсов (видимого и ИК диапазонов) как длительность, энергия, нестабильность, не дана методика их контроля.
6. Имеются неудачные стилистические выражения типа «арифметическая сумма сигналов» (стр.33), «ступень внутрикластерной реакции» (стр.41), «достаточно изолированные колебания связи» (стр.76), «достаточно глубокая, но лишь частичная диссоциация» (стр.84), «достаточно медленный ввод энергии» (стр.85).

Высказанные замечания радикально не снижают общей положительной оценки данной работы.

Практическая значимость диссертационной работы обусловлена возможностью лазерно-индуцированного управления параметрами кластеров в интересах разработки методов молекулярного лазерного разделения изотопов с участием кластеров, перспективно также использование кластерных мишеней для генерации рентгеновского или терагерцового излучений.

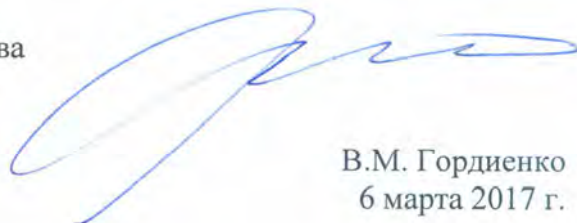
Научная значимость работы связана с получением новой информации о свойствах кластеров, механизмах и динамике фотоиндуцированных процессов, протекающих в них.

Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание. Всего по теме диссертации опубликовано пять статей в рецензируемых журналах и десять тезисов докладов в сборниках конференций.

Диссертация Пойдашева Д.Г. «Фотоиндуцированные процессы, протекающие в молекулярных кластерах под действием наносекундного и фемтосекундного лазерного

излучения» удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013г., а автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Зав. лабораторией нелинейной оптики
Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
Доктор физико-математических наук, профессор



В.М. Гордиенко
6 марта 2017 г.

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва Ленинские горы,
МГУ им. М.В. Ломоносова
Дом 1, строение 2, Физический Факультет
Тел.: 8-495-939-4719
e-mail: gord@phys.msu.ru

Подпись удостоверяю
Декан физического факультета
Московского Государственного Университета
имени М.В. Ломоносова
профессор



Сысоев Н.Н.