

Лазерные исследования динамики молекул, кластеров и клеток

О.С. Васютинский

ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург

osv@pms.ioffe.ru

Приведен обзор последних достижений лаборатории оптики биомолекул и кластеров, ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН под руководством доктора физ.-мат. наук О.С.Васютинского в области исследования фотоиндуцированных процессов, происходящих в молекулах, кластерах и объектах живой материи современными лазерными методами.

В этой области мировой науки уже около 20 лет после присуждения Нобелевской премии А. Зевайлю происходят революционные изменения, связанные с применением для исследования фотохимических реакций лазерных импульсов фемтосекундной, а в настоящее время уже и аттосекундной длительности. Длительность таких импульсов сравнима с характерными скоростями релаксации, что позволяет исследовать происходящие процессы в режиме реального времени без охлаждения образцов. Нами были развиты и апробированы целый ряд оригинальных направлений в этой области исследований и получены результаты мирового уровня.

Разработан и введен в мировую практику принципиально новый метод исследования фотохимических реакций – поляризационный имиджинг в сверхзвуковых молекулярных пучках [1,2], который в настоящее время широко применяется во всем мире для исследования динамики фотохимических реакций. Была продемонстрирована возможность образования плотных мишеней спин-поляризованных протонов при фотодиссоциации молекул циркулярно поляризованным излучением [3], которая может быть использована для осуществления реакции управляемого термоядерного синтеза. Был обнаружен эффект геометрической фазы при реакции фотодиссоциации молекул озона O_3 ультрафиолетовым излучением [4], что позволило существенно лучше понять ее механизм и количественно исследовать происходящие неадиабатические процессы. Этот результат может иметь важное значение при построении моделей климата.

Предложен и экспериментально апробирован новый метод поляризационной модуляционной фемтосекундной спектроскопии накачка-зондирование для изучения многоатомных молекул в конденсированной фазе [5]. Метод характеризуется крайне низким порогом энергии используемых лазерных импульсов, на 2-3 порядка меньше, чем у известных аналогов, что позволяет создать новый тип спектроскопии биологических объектов – имиджинг с субпикосекундным временным разрешением для исследования процессов переноса энергии в живых клетках с целью ранней диагностики социально-значимых заболеваний.

На основе цифровой голографической микроскопии развит новый метод мониторинга морфологических изменений в клетках при фотодинамическом и других внешних воздействиях [6], который может быть использован для повышения эффективности использования фотодинамической терапии для лечения онкологических заболеваний.

Предложен новый метод генерации синглетного кислорода на биологических поверхностях, который может быть использован для профилактики заболевания КОВИД и других вирусных заболеваний, а также для дезинфекции поверхностей [7].

1. A. S. Bracker, E. R. Wouters, A. G. Suits, Y.T. Lee, O.S. Vasyutinskii, *Phys. Rev. Lett.* 80, 1626-1629 (1998).
2. Suits and Vasyutinskii, *Chem. Rev.* 108, 3706–3746 (2008).
3. Rakitzis, Samartzis, Toomes, Vasyutinskii, Beswick, *Science*, 300, 1936 (2003).
4. Weeraratna, Vasyutinskii, Suits, *Phys. Rev. Lett.* 122, 083403 (2019).
5. Gorbunova, Sasin, Beltukov, Semenov, Vasyutinskii, *Phys.Chem.Chem.Phys.* 22, 18155-18168 (2020).
6. Belashov, Zhikhoreva, Belyaeva, Nikolsky, Semenova, Kornilova, Vasyutinskii, *Biomedical Optics Express*, 10, 4975- 4986 (2019).
7. Zhikhoreva, Belashov, Ignatov, Gelfond, Semenova, Vasyutinskii, *J. Photochem. Photobiol. B: Biology*, 228, 112395 (2022).