

**Оптическое манипулирование микро- и наночастицами с помощью методики
оптического пинцета**

Соболева Ирина Владимировна

аспирант

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

E-mail: soboleva@nanolab.phys.msu.ru

В последние годы в оптике наноструктур существенное внимание уделяется исследованию свойств металлических и диэлектрических наночастиц. За несколько последних лет достигнут существенный прогресс в развитии методик изготовления наночастиц заданной структуры, конфигурации, функциональных свойств при сохранении малой дисперсии и высокой воспроизводимости размеров. Это привело к возможности использования наночастиц во многих областях науки и технологии, таких как микробиология, наноэлектроника, биотехнология и медицина [1-3]. При исследовании наночастиц, находящихся в «свободном» состоянии коллоидного раствора принципиально важна возможность управлять (манипулировать) положением наночастицы. Одним из методов полностью оптического управления положением нанообъекта стал метод оптического пинцета (optical tweezers) [4,5]. Методика оптического пинцета позволяет захватить отдельную наночастицу в перетяжке фокусирующего одномодового лазерного луча, в окрестности которой создаются пондеромоторные силы из-за огромных градиентов электромагнитного поля. В результате наночастица может быть захвачена в такую оптическую ловушку, а ее пространственное положение – стабилизировано в пространственной области размером порядка 50-150 нм. Методика оптического пинцета нашла успешное применение в исследованиях биологических нанообъектов – вирусов и клеток, для исследования макромолекул, в том числе, и ДНК [5-7]. Недавно была высказана возможность использования методики оптического пинцета для исследования наночастиц и создания упорядоченных планарных наноструктур контролируемым осаждением наночастиц на специально подготовленные поверхности [8].

Для создания планарных наноструктур используется методика оптического пинцета, созданного на основе иммерсионного микроскопа МИМ-7. В качестве источника захватывающего излучения использован непрерывный АИГ-лазер с длиной волны 1064 нм и мощностью до 100 мВт. Излучение фокусируется масляноиммерсионным объективом с числовой апертурой 1.25, в результате чего исходный параллельный пучок фокусируется с угловой апертурой порядка 70°, что дает возможность осуществить устойчивый захват частицы. Наблюдение производилось с помощью ПЗС-камеры «Sanyo-VCC-4324P». В качестве модельного объекта при отработке методики использовались полистироловые частицы диаметром 2 мкм в водном растворе. Получены снимки положения частицы при захвате. Показана возможность управления положением частицы с помощью оптического пинцета во всех трех направлениях. С помощью процедуры калибровки оптического пинцета, предложенной в работе [9], получены гистограммы распределения вероятности нахождения частицы в области фокуса объектива при захвате и показано, что отклонение частицы от центра ловушки не превышает 0.1 мкм, что дает возможность позиционировать частицу относительно подложки с большой точностью. Продемонстрирована возможность осаждения частиц на подложку с помощью оптического пинцета в заранее заданном порядке.

Литература

- [1]. A. A. Zinchenko, K. Yoshikawa, and D. Baigl, Phys. Rev. Lett. 95, 228101 (2005).
- [2]. Chaoyang Jiang, Wilber Y. Lio, and Vladimir V. Tsukruk, Phys. Rev. Lett. 95, 115503 (2005).
- [3]. S. Gelperina, K. Kisich, M. D. Iseman and L. Heifets, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 172, 1487 (2005).

- [4]. B. Agate, C. T. A. Brown, W. Sibbett, and K. Dholakia, *Optics Express* 12, 3011 (2004).
- [5]. G. P. Singh, C. M. Creely, G. Volpe, and D. V. Petrov, *Analytical Chemistry* 77, 2564 (2005).
- [6]. F. Ritort, S. Mihardja, S. B. Smith, and C. Bustamante, *Phys. Rev. Lett.* 96, 118301 (2006).
- [7]. Paul L. Biancaniello, Anthony J. Kim, and John C. Crocker, *Phys. Rev. Lett.* 94, 058302 (2005).
- [8]. R. Quidant, D. V. Petrov, and G. Badenes, *Opt. Lett.* 30, 1009 (2005).
- [9]. K. Berg-Sorensen, and H. Flyvbjerg, *Rev. Sci. Inst.* 75, 1 (2004).