

Научно-учебный лазерный лабораторный комплекс по оптическому манипулированию микрообъектами

И.Н. Агишев, Д.В. Горбач, Е.А. Мельникова, А.Л. Толстик

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: melnikova@bsu.by

В современном информационно-индустриальном обществе возрастающую роль играет развитие микро- и нанотехнологий. Широкие перспективы открывают методы оптического манипулирования микрообъектами позволяющие реализовать их направленное движение, осуществлять сортировку по различным критериям, производить направленную доставку и прицельное воздействие на биологические мишени, манипулирование отдельными органеллами внутри живой клетки. Для подготовки квалифицированных научно-технических кадров в области нанофотоники разработан научно-учебный лазерный лабораторный комплекс по оптическому манипулированию микрообъектами дающий возможность осуществления экспериментов, демонстрирующих принцип оптического пинцета, предназначенный для организации и проведения лабораторных работ для студентов учреждений высшего образования.

Схема компоновки элементов научно-учебного лазерного лабораторного комплекса по оптическому манипулированию микрообъектами представлена на рисунке.

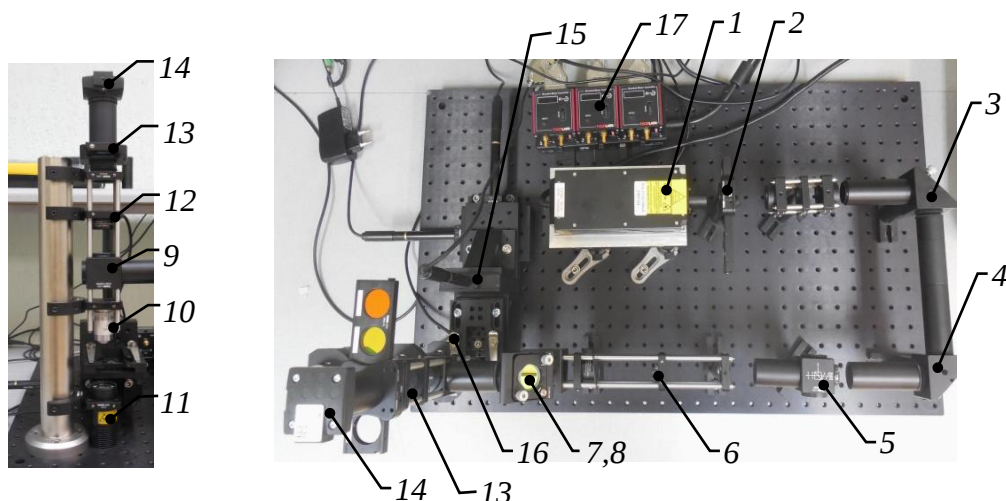


Рис. Схема компоновки элементов комплекса по оптическому манипулированию микрообъектами (слева – фронтальный вид системы визуализации микрообъектов, справа – вид комплекса сверху)

1 – твердотельный непрерывный лазер с диодной накачкой; 2, 14 – обойма светофильтров; 3, 4, 7, 8 – поворотные зеркала $R_{\max}(532 \text{ нм}, 45^\circ)$; 5 – система плавного изменения мощности; 6 – телескоп; 9 – светоделительный кубик; 10 – сменный объектив 60* (100*); 11 – осветитель; 12 – линза; 14 – ПЗС камера; 15 – моторизованный трехкоординатный транслятор; 16 – столик держателя образца; 17 – модули управления перемещением транслятора.

Непрерывное излучение лазера 1 с длиной волны 0,53 мкм, ослабленное при необходимости светофильтром 2, посредством зеркал 3, 4 направляется в поляризационную систему плавного изменения мощности излучения 5. При необходимости использования в качестве управляющего излучения сингулярного светового пучка применяется голографический транспарант для преобразования исходного гауссова излучения, устанавливаемый перед зеркалом 3. Затем телескопом 6 формируется параллельный пучок, который зеркалами 7 и 8 направляется на светоделительный кубик 9, откуда попадает в объектив 10. В данной схеме один и тот же объектив формирует из лазерного пучка оптическую ловушку (перетяжку в боксе с микрообъектами) и, совместно с ахроматической длиннофокусной линзой 12, строит увеличенное изображение микрообъектов в поле зрения ПЗС камеры 14. Для подсветки поля наблюдения применяется осветитель 11. Светофильтры 13 и светоделительные свойства призмы 9 помогают оградить ПЗС матрицу камеры от мощного лазерного излучения. Моторизированный трехкоординатный транслятор 15 позволяет точно позиционировать исследуемый препарат в фокальной плоскости системы визуализации (координата Z) и перемещать захваченные ловушкой микроэлементы (в плоскости X-Y).

Разработанный научно-учебный лазерный лабораторный комплекс по оптическому манипулированию микрообъектами позволяет осуществить захват и перемещение частиц размером порядка $1 \div 10$ мкм. Конструкция комплекса позволяет проводить эксперименты по управлению частицами различного состава, таких как шарики из полистирола, стекла или частицы дрожжей. На базе созданного научно-учебного комплекса возможно проведение научных исследований, а также осуществление лабораторных работ по оптическому манипулированию микрообъектами для студентов различного уровня подготовки. Так, возможна постановка работ, при которых доступными для изменения оказываются только уровень мощности излучения, выбор исследуемых образцов и скорости их перемещения. Для студентов с более углубленной подготовкой возможна постановка лабораторных работ, требующих самостоятельного монтажа и юстировки оптической схемы, в том числе системы управления микрочастицами.

Все оптические элементы комплекса монтируются на единой плите, что дает возможность перемещения без необходимости разборки или перенастройки. Такой способ реализации комплекса делает его подходящим для демонстрации принципа оптического пинцета студентам на семинарах или в лекционных залах.