

Лазерный комплекс для лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии

Е.С. Воропай, И.М. Гулис, К.Ф. Ермалицкая, А.П. Зажогин, К.А. Шевченко¹, А.Г. Купреев, М.П. Самцов¹, Д.С. Тарасов¹, А.Е. Радько¹, А.А. Кирсанов

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: voropay@bsu.by

Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия благодаря особенностям взаимодействия лазерных импульсов с веществом является одним из наиболее перспективных методов количественного малодеструктивного микроанализа. Был разработан и изготовлен универсальный лазерный комплекс для лазерного атомно-эмиссионного микроанализа многокомпонентных промышленных изделий и предметов искусства, прямого послойного анализа с субмикронным разрешением защитных и функциональных многокомпонентных покрытий, элементного исследования неметаллических и пористых материалов, в том числе биообъектов и полимеров; а также для обучения студентов и специалистов современным аналитическим методикам количественного анализа, освоения процессов пробоподготовки сложных многокомпонентных объектов, находящихся как в твердом состоянии, так и в виде растворов, проведения экспериментального определения параметров эрозионной лазерной плазмы.

В состав лазерного комплекса входят:

- Лазерный источник испарения вещества образца и возбуждения эмиссионных спектров, состоящий из двух лазеров на базе Nd:YAG ЭА с ЭО модуляцией добротности и оптической накачкой излучением полупроводниковых матриц лазерных диодов, объединенных с системой сведения лазерных пучков и системой охлаждения в едином корпусе, работающий в частотном режиме. Длина волны – 1064 нм, максимальная энергия лазерных импульсов – 100 мДж, частота следования импульсов – 10 Гц, длительность импульса – 15 нс, временной интервал между сдвоенными лазерными импульсами можно задавать от 0 до 200 мкс.
- Оптическая система трассировки и фокусировки возбуждающего излучения на объекте, светосбора излучения плазмы и ввода его в полихроматор.
- Полихроматор с системой регистрации (ПЗС-линейка Hamamatsu S13496 с 4096 светочувствительными элементами), обеспечивающий регистрацию в спектральном диапазоне 190–800 нм с разрешением 0,1 нм.
- Камера образцов с системой позиционирования с точностью до 100 мкм при перемещении в плоскостях X-Y, позволяющей проводить ана-

лиз проб размером $200 \times 200 \times 200$ мм, в том числе неправильной формы. Для повышения точности позиционирования и контроля места воздействия лазерного излучения на образец используются прицельный полупроводниковый лазер с $\lambda = 645$ нм, светодиодная система подсветки рабочего поля, видеокамера обзора рабочего поля, работающая в режиме микроскопа. Для проведения послойного анализа образцов с субмикронным разрешением, например, для исследований состава функциональных и защитных покрытий, предусмотрено использование метода расфокусировки лазерного излучения относительно поверхности образца (перемещение в плоскости Z осуществляется с помощью микровинта).

Программное обеспечение лазерного комплекса обеспечивает задание режимов регистрации (количество импульсов в точку на образце, в том числе количество импульсов «обжига» без регистрации спектра для подготовки поверхности к анализу; энергия импульсов, временной интервал между сдвоенными импульсами), режимов накопления и обработки сигналов исследуемого образца (возможность сохранения как спектров от каждого сдвоенного лазерного импульса, так и суммарного спектра от серии импульсов, возможность накопления спектров при «сканировании» лазерными импульсами по поверхности образца). Программное обеспечение включает в себя встроенную базу данных спектральных линий, на основании которой могут быть созданы методики качественного и количественного элементного анализа образцов с количеством определяемых химических элементов до 50.

Универсальный лазерный комплекс предназначен как для проведения научных исследований, так и для использования в учебном процессе в рамках лабораторий специализации для студентов и магистрантов. Разработан лабораторный спецпрактикум из 6 работ, посвященных изучению особенностей одноимпульсной и двухимпульсной лазерной абляции, металлов, сплавов, полупроводников и пористых металлов; определению температуры лазерной абляционной плазмы, а также количественному анализу методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии промышленных изделий и предметов искусства и старины.

Лазерный комплекс был разработан в рамках подпрограммы «Научно-учебное оборудование» государственной научно-технической программы «Эталоны и научные приборы», 2016-2020 гг. Разработчиками выступили Белорусский государственный университет (головной разработчик); Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси; Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета (НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ).