

УДК 543.423

Е.С. Воропай¹, К.Ф.Ермалицкая¹, Д.С.Тарасов², М.П.Самцов², К.А. Шевченко²,
А.А. Кирсанов¹**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ДВУХИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ
АТОМНО-ЭМИССИОННЫМ СПЕКТРОМЕТРОМ С АХРОМАТИЧЕСКОЙ
ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ**¹ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск,
Беларусь*voropay@bsu.by, ermalitskaia@gmail.com² *НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ, ул. Курчатова, 7, 220045 Минск, Беларусь*

Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия — один из наиболее быстро развивающихся и широко используемых методов элементного качественного и количественного анализа объектов в последние два десятилетия. Несмотря на большое количество научных работ по лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии, значительная доля исследований проводится не с применением готовых спектрометров, а на основе собранных из отдельных узлов установок на базе научно-исследовательских лабораторий и научно-практических центров. Данные установки отвечают требованиям, которые предъявляются к спектрометрам, однако существенно ограничены для использования в учебных целях и для проведения большого объема измерительных работ разной направленности. На кафедре лазерной физики и спектроскопии физического факультета БГУ и в лаборатории спектроскопии НИИ прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ разработан и изготовлен лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектрометр (ЛАЭМС) для научно-учебных целей [1]. При разработке ЛАЭМС использованы принципиальные и схемные решения, призванные приблизить его к современным потребностям в такой аппаратуре в повседневной практике.

Оптическая схема спектрометра представлена на рис. 1. Ее разработка осуществлялась с учетом требований абберационно-оптического и технико-технологического характера. В качестве источника возбуждения спектрометр оснащен двумя неодимовыми лазерами с накачкой полупроводниковыми матрицами лазерных диодов (разработка Института физики НАН Беларуси). Использование накачки полупроводниковыми матрицами лазерных диодов вместо накачки импульсными лампами позволяет существенно увеличить ресурс системы и стабильность выходных характеристик. Двухимпульсный лазер обеспечивает генерацию сдвоенных лазерных импульсов длительностью ≤ 15 нс с $\lambda = 1064$ нм с варьируемым в пределах 1—100 мкс интервалом с энергиями до 100 мДж при частотах следования пар импульсов < 10 Гц. Для регистрации спектров плазмы используются спектрометры с регистрацией на ПЗС-линейке: 18 — на основе полихроматора SDH-1 (ЗАО “СОЛАР Лазерные системы”, диапазон 190—800 нм, разрешение 0.1 нм при ширине одновременно регистрируемого спектрального интервала 150 нм), 19 — спектрометр оригинальной конструкции. На базе ЛАЭМС разработаны методики качественного и количественного микроанализа артефактов и старинных монет, зарегистрированы эмиссионные спектры подлинных и

фальшивых старинных монет, варварских имитаций римских имперских денариев, найденных на территории Беларуси и хранящихся в собрании нумизматического кабинета БГУ, в частных коллекциях; плакированных золотом римских монет, а также фрагментов ювелирных украшений, относящихся к I тыс. до н.э., найденных на территории современной Беларуси [2].

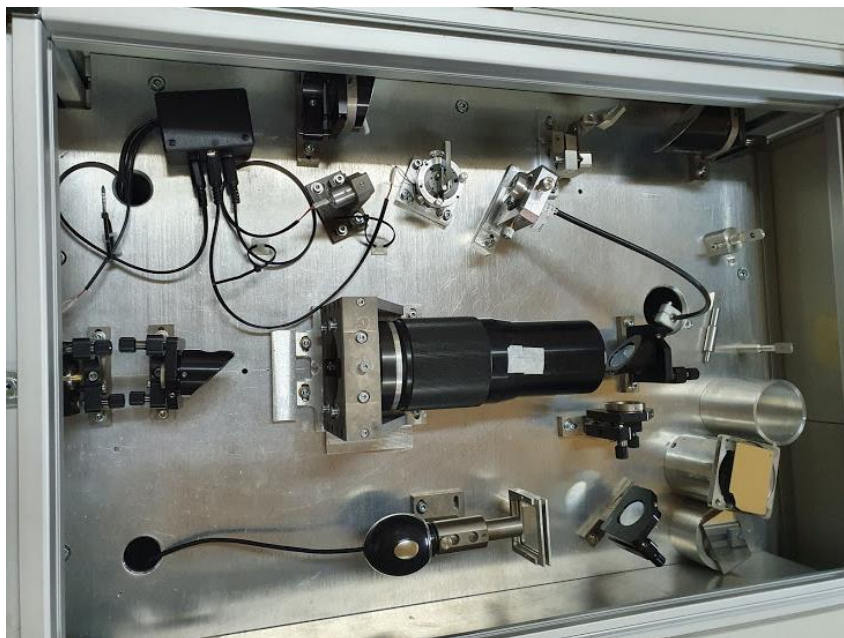


Рис. 1. Оптическая схема ЛАЭМС

. Предложен метод оценки толщины молекулярных соединений на поверхности металлических изделий для последующего исключения соответствующих спектральных данных из результатов анализа. Установлено, что при лазерной абляции образцов чистого металла при фиксированных параметрах излучения относительная интенсивность спектральных линий при абляции современного образца может значительно (до 30 %) превышать интенсивность старого образца, который некоторое время находился под землей. Таким образом, количественный анализ с использованием градуировочных кривых, построенных на основе современных стандартных образцов, приведет к неверным результатам. При этом переход от одноимпульсной к двухимпульсной лазерной абляции, приводящий к многократному увеличению относительной интенсивности спектральных линий, очень важен, так как позволяет значительно повысить чувствительность анализа и снизить ошибку.

- [1] Воропай Е.С. Лазерный атомно-эмиссионный спектрометр с ахроматической оптической системой / Е.С. Воропай [и др.] // ЖПС. – 2021. – Т. 88, № 3. – С. 485-492.
- [2] Ermalitskaia K.F. Elemental analysis of obsolete brittle metal samples using a two-pulse laser spectrometer / K.F Ermalitskaia, P.A. Ivanova, Y.I. Matyush // Журнал Белорусского государственного университета. Физика. – 2023. – № 1. – С. 78–84.