УДК 535.243.25

А.С. МУСТАФАЕВ, *д-р физ.-мат. наук, профессор, alexmustafaev@yandex.ru*
А.Б. ЦЫГАНОВ, *аспирант, alexbt@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
Б.В. ДОБРОЛЕЖ, *начальник отдела спектроскопии, dbrlzh@mail.ru*
ООО «Спектр-Микро», Санкт-Петербург

A.S. MUSTAFAEV, *Dr. in phys. and math. sc., professor, alexmustafaev@yandex.ru*
A.B. TSYGANOV, *post-graduate student, alexbt@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)
B.V. DOBROLEZH, *chief of spectroscopy department, dbrlzh@mail.ru*
Spectrum-Micro L.L.C., Saint Petersburg

МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ПЗС-ПРИЕМНИКОВ

Представлена многопроцессорная фотоприемная ПЗС-система для работы с широким кругом спектрографов и реализации различных схем спектрального анализа вещества.

Ключевые слова: спектральный анализ металлов и сплавов, фотоприемная система на линейных ПЗС-приемниках.

LINEAR CCD-SENSORS BASED MULTIPROCESSOR PHOTOMETER SYSTEM FOR SPECTRAL ANALYSIS

There is presented a multiprocessor photometric CCD-system for a wide range of spectrometers and for various spectral analysis methods implementation.

Key words: optical emission analysis of metals and alloys, photometric detector on linear CCD-sensors.

Разработана и изготовлена универсальная фотоприемная система для спектрального анализа, способная работать с любым из спектрографов (ИСП-28, ИСП-30, СТЭ-1, ДФС-458, PGS-2 и др.). Система обеспечивает регистрацию спектра в диапазоне 200-900 нм, синхронизированную с работой генератора дуги, ICP или другого источника возбуждения образца, а также передачу и обработку данных в персональный компьютер. Это позволяет не только оперативно получать результаты анализа, но и полностью отказаться от фотопластинок, трудоемких процессов проявки, расшифровки и фотометрирования.

Фотоприемник устанавливается вместо кассеты для фотопластинок и состоит из заданного числа (до 64) автономных «интеллектуальных» модулей, каждый из которых включает линейный ПЗС-приемник TCD-1304 (фирма «Toshiba») и микропроцессор ADuC-842 («Analog Device, Inc.»), обеспечивающий управление экспозицией линейки, прием, хранение и обработку данных «на борту», а также обмен данными по микросети на базе интерфейса I^2C. Каждый

модуль позволяет установить любые необходимые режимы измерения (накопление с усреднением, динамическая последовательная запись нескольких спектров с предустановленными временами экспозиции и т.д.).

За счет многопроцессорной структуры фотоприемника достигается рекордно низкий уровень шумов, что позволяет понизить порог обнаружения и определения малых примесей и повысить точность анализа. Кроме того, возможности гибкого программирования каждого микропроцессора в отдельности позволяют реализовать регистрацию спектров в расширенном динамическом диапазоне, необходимом для методик анализа типа «спектральная подпись» и для сравнительной идентификации проб.

Специальная оптическая конструкция фотоприемника позволяет регистрировать спектр без «мертвых» зон. Фотоприемники и электроника смонтированы в блоке, устанавливаемом вместо кассеты для фотопластинок, и подключаются к персональному компьютеру через стандартный кабель (рис.1).

Основные технические параметры системы следующие:

Регистрируемый спектральный диапазон, нм	200-900
Количество линейных ПЗС-приемников (по требованию)	1-64
Время экспозиции (индивидуально для каждого ПЗС-приемника), с	0,01-10
Количество светочувствительных элементов в отдельном линейном ПЗС-приемнике	3648
Размеры светочувствительного элемента, мкм	8 × 200
Время считывания данных из линейного ПЗС-приемника, мс	11
Объем оперативной памяти «на борту», кбайт*	32
Скорость обмена данными между модулями в микросети, кбит/с	400
Габариты фотоприемной системы, мм	300 × 80 × 70
Питание от сети переменного напряжения, В	220

* До шести полных спектров или 4096 накоплений-усреднений трех спектров.

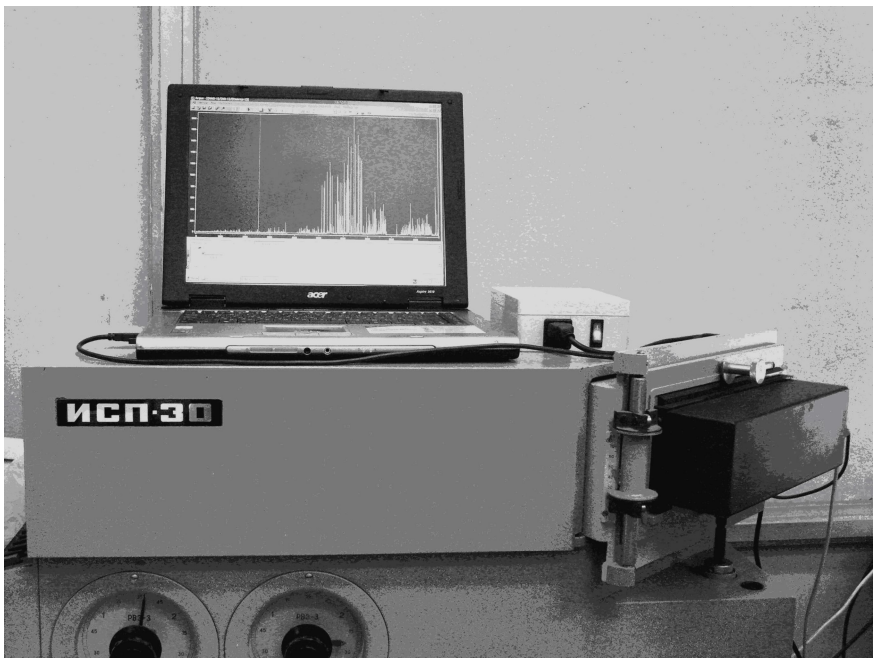


Рис.1. Многопроцессорная фотоприемная система со спектрографом ИСП-30

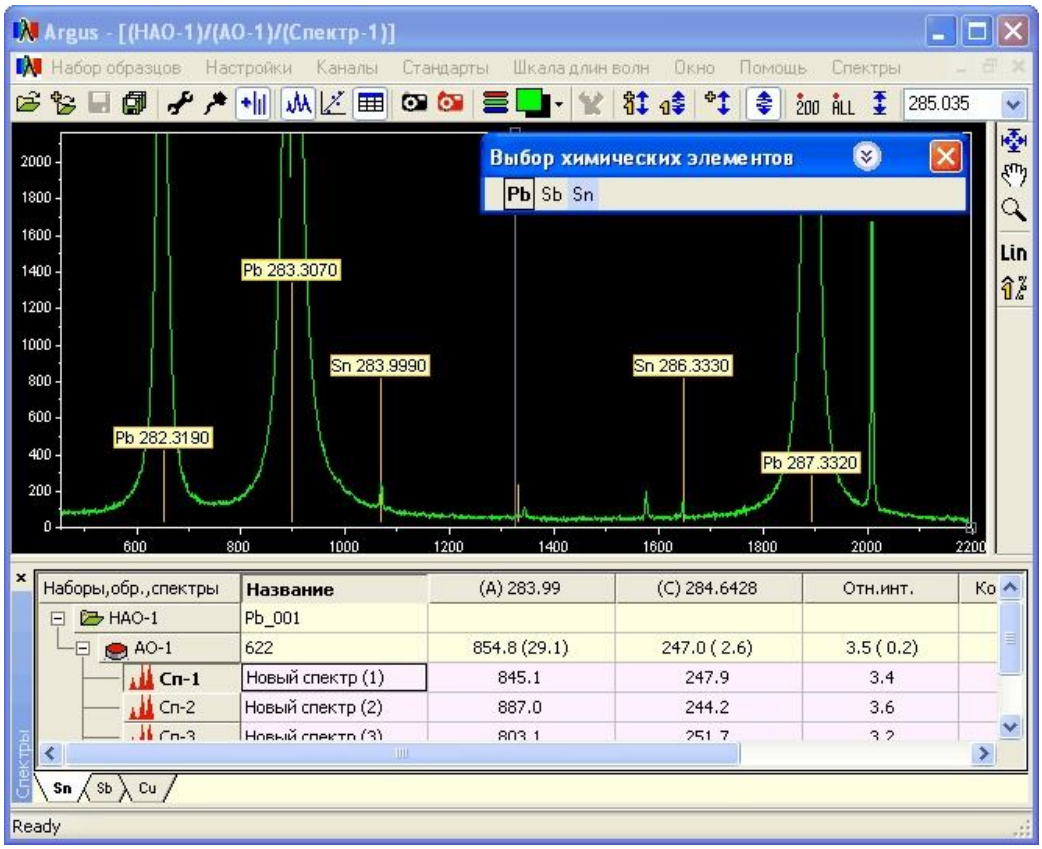


Рис.2. Спектр образца Pb с примесью Sn

Разработанное программное обеспечение для персонального компьютера под управлением операционной системы «Windows XP» позволяет: регистрировать спектр с автоматическим вычитанием темнового сигнала, осуществлять градуировку спектрографа по длинам волн, расшифровывать линии неизвестного спектра с отображением эталонных спектров различных химических элементов из встроенной базы данных, хранить измеренные спектры и проводить их качественный и количественный анализ. Интерфейс программы обеспечивает выбор оператором произвольных аналитических пар линий определяемых химических элементов и последующий автоматический расчет относительных интенсивностей с учетом контуров линий и вычитания фона. На рис.2 приведен пример зарегистрированного участка спектра свинцового образца, возбуждаемого в дуге постоянного тока в воздухе при атмосферном давлении и при токе около 1 А. Линии Pb на длине волны 282,3 нм, 283,3 нм и 287,3 нм уширены из-за реабсорбции. Для сравнительного определения концентрации Sn по линии 284,0 нм в качестве линии сравнения использовалась область сплошного спектра на длине волны 284,6 нм. Чувствительность системы по разным химическим элементам составляет 0,01-0,001 %.