

Рыскул кызы Гульзат

**ПЛАЗМАНЫН ДИАГНОСТИКАСЫ ЖАНА СПЕКТРАЛДЫК АНАЛИЗ ҮЧҮН
СПЕКТРЛЕРДИ РЕГИСТРАЦИЯЛООДО КӨП КАНАЛДУУ ОПТИКАЛЫК
СИСТЕМАНЫ КОЛДОНУУ**

Рыскул кызы Гульзат

**ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ
СПЕКТРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА**

Ryskul kyzy Gulzat

**APPLIANCE OF MULTICHANNEL OPTICAL REGISTRATION SYSTEMS OF
SPECTRUM FOR PLASMA DIAGNOSTIC AND SPECTRAL ANALYSIS**

УДК: 530:145:539.1 (04)

Бул иште ДГП-50М эки агымдуу плазматрондун плазмалык агымында алтындын курамын аныктоо жана газдын температурасын өлчөө үчүн эмиссиондук спектрлерди регистрациялоодо көп каналдуу оптикалык системаларды колдонуудагы жыйынтыктары көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: *эки агымдуу плазматрон, сүрөт-электрондук кассета.*

В настоящей работе представлены результаты применения многоканальной оптической системы регистрации эмиссионных спектров для измерения газовой температуры и определения содержания золота в плазменном потоке двухструйного плазматрона ДГП-50М.

Ключевые слова: *фотоэлектронная кассета, двухструйный плазматрон.*

Appliance of multichannel optical registration systems of emission spectrum for gas temperature measurements and gold content determination in the plasma flow of two-jets plasmatron DGP-50M are presented in this work.

Key words: *photoelectron tape, the double-jet plasmatron.*

Важными характеристиками эффективного использования дуговых генераторов плазмы являются знание, контроль и управление происходящими в них тепловыми процессами, что позволяет эффективно решать задачи технологического характера. Для исследуемых в работе дуговых генераторов плазмы, температура газа является фундаментальной характеристикой, определяющей ключевые физические процессы, поэтому достоверная информация о температурном режиме потока плазмы не только позволяет описывать происходящие процессы, но и даёт возможность расширять и существенным образом улучшать прикладные применения и, в особенности, методы спектрального анализа различных веществ. Например, знание температуры плазмы в таких источниках возбуждения позволяет определить оптимальные области для изучения элементного состава легколетучих, среднелетучих и

тугоплавких веществ и материалов методами спектрального анализа.

В последнее время особое внимание уделяется области потока плазмы до слияния струй, где в силу конструктивных особенностей плазматронов, наиболее удобно проведение спектрального анализа [1]. Однако, как показывает практика, даже определив оптимальные условия измерений в источнике возбуждения спектров, в ряде случаев классический спектральный анализ по своей чувствительности, точности и другим параметрам уже не удовлетворяет сегодняшним реалиям, поскольку требует своего усовершенствования за счет обновления и автоматизации оптической системы регистрации спектров и освоения новых методик.

Одним из направлений развития является применение современных модернизированных измерительных систем регистрации спектров, которые существенно расширили возможности создаваемых аналитических экспериментальных стендов при проведении исследовательских работ по определению содержания различных элементов. В этом отношении, необходимо отметить многоканальные системы оптической регистрации, использующие фотоэлектронные кассеты или фотодиодные линейки, которые получают все более широкое применение [2]. Вместе с тем, несмотря на активное использование фотоэлектронных кассет для спектрального анализа различных веществ, также перспективным видится их применение в качестве многоканального оптического регистратора и при диагностике низкотемпературной неравновесной плазмы [3].

Таким образом, освоение модифицированных регистрационных систем на базе фотоэлектронных кассет с программным обеспечением, позволяет решать комбинированные задачи диагностики и анализа как в эмиссионных методиках атомной и молекулярной спектроскопии для определения темпе-

ратуры, так и в спектральных методах определения элементного состава веществ.

В настоящей работе для проведения спектральных измерений была внедрена автоматизированная система регистрации эмиссионных спектров под спектрограф ДФС-13 на базе оригинальной фотоэлектронной кассеты с 9 ПЗС без мертвых зон (ФЭК-9 или иное обозначение этой кассеты – МОРС-9) с программным обеспечением под WINDOWS7 [4]. Используемая фотоэлектронная кассета выполнена в виде компактной приставки к спектрографу. Применение таких малых по размеру усовершенствованных систем регистрации оптических сигналов в исследовательских работах, позволяет перейти к менее затратному и менее громоздкому техническому оснащению экспериментальной базы, что весьма актуально в современных рыночных условиях. Линейный прибор с зарядовой связью (ПЗС) является основным компонентом фотоэлектронной кассеты, который обеспечивает преобразование светового сигнала в фокальной плоскости спектрографа в цифровой сигнал.

Для измерения газовой (поступательной) температуры использовался метод, основанный на измерении относительной интенсивности во вращательной структуре колебательных или электронно-колебательных переходов молекул. Анализ спектров молекул потока плазмы до слияния струй в двухструйном плазматроне ДГП-50М показал, что удобным для измерения температуры является излучение полос первой отрицательной системы молекулярного иона азота (N_2^+). Анализ вращательной структуры спектра позволил выбрать для измерения температуры линии R-ветви 0-0 полосы (переход $V^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_g^+$) свободные от переналожений. Кант полосы – 3914.4 Å.

На рис. 1. приведен характерный вид молекулярной полосы иона азота, полученный с помощью фотоэлектронной кассеты. Как видно из рисунка, применяемая система регистрации спектров позволяет уверенно разрешить достаточно сложную структуру вращательных линий, что в свою очередь является важным условием для получения корректных результатов при измерении газовой температуры данным методом.

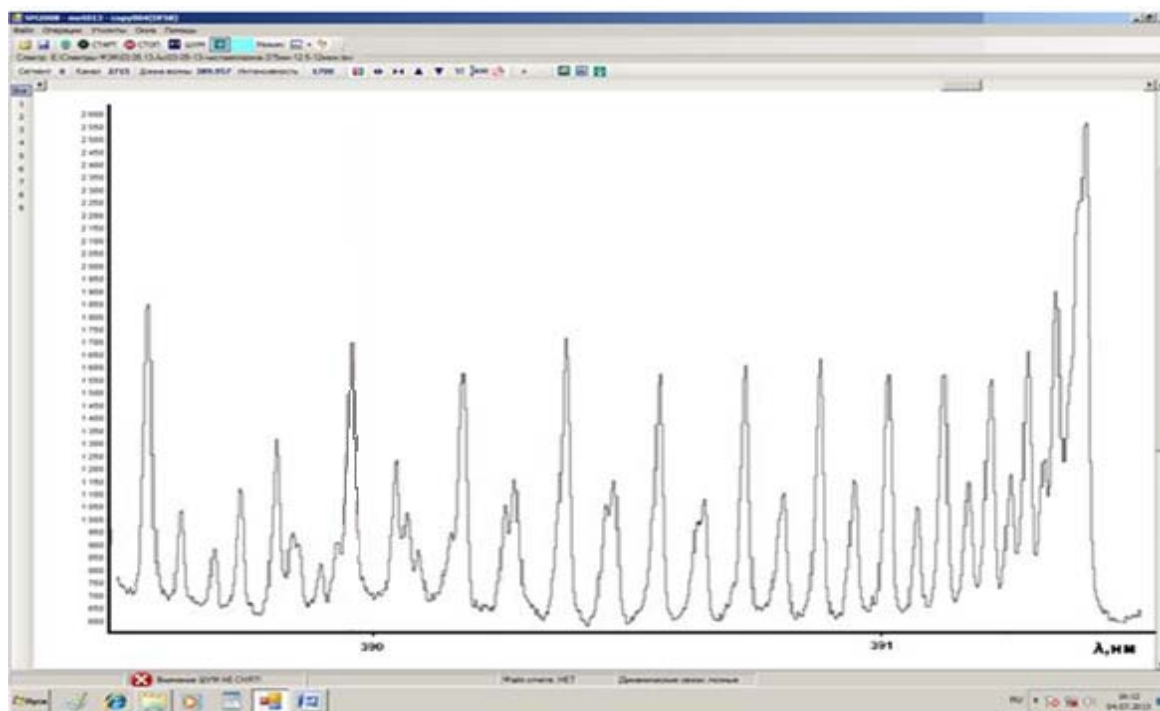


Рис. 1. Общий вид вращательного распределения R-ветви колебательной полосы 0-0 первой отрицательной системы молекулярного иона азота N_2^+ в спектре излучения плазмы ДГП-50М при вводе порошкообразной пробы.

В общем случае, в экспериментах, в качестве источника возбуждения спектров использовалась установка для спектрального анализа «НУР», работающая на базе двухструйного плазматрона ДГП-50М. Высокая разрешающая способность вращательной структуры достигалась вследствие использования спектрографа ДФС-13-2 (решетка 600 штр./мм и 1200 штр./мм) и фотоэлектронной кассеты.

Вращательные температуры отождествлялись с температурами газа на основе экспериментально наблюдаемого для всех исследованных случаев до места слияния плазменных струй больцмановского распределения молекул по вращательным уровням [5,6]. На рис. 2 представлена характерная зависимость величины $\ln(I_{kk}^1/S_{kk}^1)$ от $k(k+1)$, полученная в экспериментах для ДГП-50М в области до слияния струй. Измеренная в потоке плазмы температура

газа, при вышеотмеченных условиях эксперимента, составила порядка 6800°K.

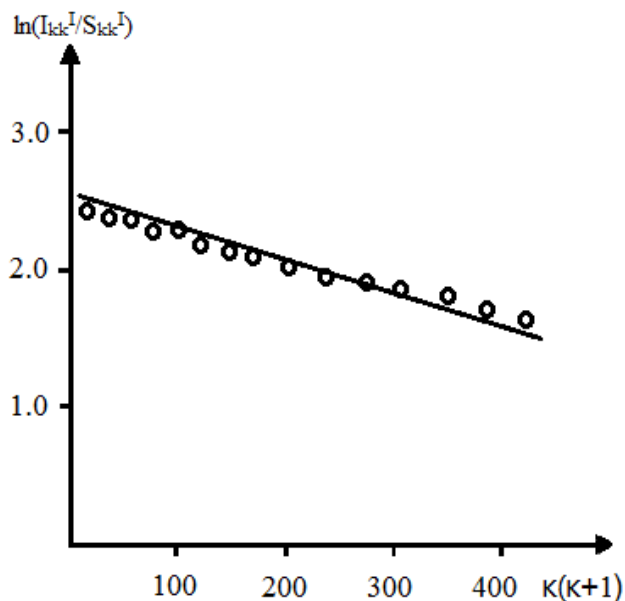


Рис. 2. Экспериментально полученная зависимость $\ln(I_{kk}^I/S_{kk}^I)$ от величины $k(k+1)$.

Вариант комбинированного использования многоканальных систем регистрации спектров позволяет реализовать оптимальные условия для определения содержания золота в порошкообразных пробах горных пород и минералов в области до слияния плазменных струй [7]. Действительно, измерение температуры газа по распределениям во вращательной структуре электронно-колебательных полос молекулы N_2^+ показывает, что в этой аналитической зоне ДГП-50М достигается оптимальный температурный режим для возбуждения спектральных линий золота (энергия возбуждения Au I 267.595 нм составляет 4.6 эВ), который варьируется вблизи величины 6700°K [6].

Выполненные в настоящей работе измерения содержания золота методом атомно-эмиссионной спектроскопии, в классическом аналоговом режиме, позволили достичь предельной концентрационной

чувствительности содержания золота на уровне 0.2-0.3 г/т при использовании навески порядка 1 грамма без химической пробоподготовки. При этом полученный предварительный результат по концентрационной чувствительности в аналоговом режиме может быть улучшен за счет усовершенствования рабочих условий, в частности, дальнейшего поиска и выбора оптимальной рабочей зоны плазматрона, обеспечивающего максимальное соотношение показателей интенсивность/шум; увеличения разрешающей способности спектральных приборов; усовершенствования аналитической программы и т.д.

Литература:

1. Жеенбаев Н.Ж. Спектроскопические методы диагностики низкотемпературной неравновесной плазмы: состояние и перспективы развития [Текст] / Н.Ж. Жеенбаев // Бишкек, КЭУ, 2014. – 220 с.
2. Заякина С.Б. Высокая информативность атомно-эмиссионного спектрального анализа при применении МАЭС [Текст] / С.Б.Заякина, А.Н.Путьмаков, Г.Н.Аношин, В.Н.Митькин, Л.М. Левченко // Аналитика и контроль. – 2004. – т.8. – №3. – С.236-247.
3. Сафронова Н. Применение многоканального анализатора эмиссионных спектров ООО «МОРС» при эколого-геохимических исследованиях [Текст] / Н.Сафронова, Е.Гришанцева, Э.Г.Силькис // Аналитика. Оборудование и материалы. – 2013. – т.4. – №11. – С. 24-31.
4. Рыскул кызы Гульзат Определение содержания золота в низкотемпературной плазме методом атомно-эмиссионной спектроскопии [Текст] / Н.Ж.Жеенбаев, Г.Ж.Доржуева, Рыскул кызы Гульзат // Наука и инновации. – 2013. – №3 – С.5-9
5. Жеенбаев Н.Ж. Температура потока плазмы двухструйного плазматрона [Текст]/Н.Ж.Жеенбаев, А.Нурсейтова, Рыскул кызы Гульзат, К.У.Урманбетов, К.У.Сабаев, Г.Ж.Доржуева // Известия НАН КР. – 2012. – №3. – С.129-131.
6. Зуев Н.Д. Спектроскопическое определение вращательной температуры [Текст] / Н.Д. Зуев, В.М. Калугин // Журнал прикладной механики и технической физики. – Москва. 1971. – №2. – С.139-143.
7. Жеенбаев Н.Ж. Атомно-эмиссионная спектроскопия для определения содержания золота [Текст] / Н.Ж. Жеенбаев // Наука и новые технологии. – 2013. – №6.

Рецензент: д.ф-м.н. Татыбеков А.Т.