

УДК 621.385

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ АНАЛИТИЧЕСКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

© В.В.Каичев*, А.М.Сорокин+, В.А.Боронин*, А.М.Бадалян*

*Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск, 630090.

+Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, 656090.

Поступила в редакцию 10 июня 1997г.

Создано программно-аппаратное средство автоматизации комплекса "сканирующего" спектрального оборудования, предназначенного для анализа физико-химического состояния поверхности. Средство реализовано в виде распределенной системы на основе IBM-совместимого персонального компьютера и интеллектуального контроллера, оснащенного набором интерфейсных модулей. Контроллер выполнен на базе процессора Intel 80C188EB. Апробация системы в многозадачном режиме продемонстрировала как значительное увеличение производительности экспериментальных исследований, так и возможность получения качественно новых данных о физико-химических явлениях на поверхности твердого тела.

Современные тенденции в создании аналитических систем для исследования процессов, происходящих на поверхности твердого тела, состоят в обеспечении непрерывного и одновременного автоматического контроля большого количества параметров, обработки данных и их усвоения в реальном масштабе времени [1-3]. Наибольшей популярностью у исследователей пользуются системы, имеющие в своем составе IBM-совместимый персональный компьютер (PC), что позволяет использовать широкий класс программ обработки экспериментальных данных. Важнейшим с нашей точки зрения свойством таких систем является их возможность обеспечивать исследование состояния поверхности несколькими методами анализа одновременно, что в свою очередь требует соответствующих программных и аппаратных средств автоматизации, способных реализовать многозадачный режим работы системы. На сегодняшний день эта проблема решается зачастую либо неоправданным применением мощных вычислительных средств (например, Sun-system workstation с операционной системой UNIX [3]), либо практически полной монополизацией ресурсов используемого PC прикладными управляющими программами [2], что крайне неудобно при проведении многочасовых рутинных экспериментов. На наш взгляд, оптимальным решением в данном случае является построение двухуровневого иерархического комплекса "PC-микроконтроллер", где задачи реального времени по управлению и сбору данных возложены на подчиненный процессор, а высвобожденные тем самым ресурсы PC использованы, например, для предварительной обработки полученной информации или для иных целей.

С другой стороны, большинство аналитических методов, применяемых в настоящее время для

контроля физических свойств и химического состава поверхности: УФ- и рентгенофотозлектронная спектроскопия (УФЭС и РФЭС), спектроскопия характеристических потерь энергии медленных электронов (СХПЭЭ), термодесорбционная масс-спектрометрия (ТДС) и др. - являются "сканирующими", то есть работающими по принципу развертки информационного сигнала по какому-либо изменяющемуся во времени параметру. Данное обстоятельство позволяет во многом унифицировать программную поддержку управления приборами, передавая при этом функции синхронизации задач, сбора данных и передачу их в PC многозадачной операционной системе реального времени.

Такой подход реализован нами при создании автоматизированной системы управления и сбора данных для спектрального комплекса ADES-400 (фирма VG Scientific, Англия). Комплекс предназначен для исследований физико-химических свойств поверхности твердого тела и укомплектован целым рядом сканирующих аналитических приборов (рис.1): спектрометрами СХПЭЭ, УФЭС и РФЭС на базе вращающегося энергоанализатора электростатического типа VG MDS-50, квадрупольным масс-спектрометром VG QXK-400, а также разработанным нами недавно [4] терморегулятором для управления температурой образца по заданному закону. В ходе эксперимента требовалось анализировать давление и изменение состава газовой фазы в сверхвысоковакуумном объеме по 16 массам при линейной развертке температуры образца в диапазоне 100-1200 К при одновременном контроле состояния поверхности образца методами УФЭС или РФЭС.

Созданный программно-аппаратный комплекс реализован в виде распределенной системы на основе IBM-совместимого персонального компью-

тера и интеллектуального микроконтроллера (МС), оснащенного набором интерфейсных модулей. Контроллер выполнен на базе 16-разрядного процессора Intel 80C188EB. Выбор данного микропроцессора определяется его функциональной законченностью, развитой архитектурой встроенных каналов ввода/вывода, а также полной совместимостью системы команд с инструментальным компьютером, что облегчает создание прикладного матобеспечения [5]. Помимо микропроцессора, МС содержит ПЗУ емкостью 512 Кб, статическое ОЗУ емкостью до 512 Кб, программируемый таймер (82C54), программируемый параллельный интерфейс (82C55A), синхронный последовательный порт для связи с периферийными устройствами (стандарт SPI), восьмиканальную систему сбора данных (мультиплексор - 590КН6, программируемый масштабирующий усилитель - AD526, 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь - AD1674), цифро-аналоговый преобразователь (AD7248A) и интерфейс расширения внутренней магистрали для подключения дополнительных устройств. Обмен информацией между процессорами комплекса осуществляется через двунаправленный 8-разрядный параллельный канал (порт А микросхемы 82C55A), причем передача данных из МС в РС производится в режиме прямого доступа к памяти под управлением контроллера DMA, входящего в состав РС. Конструктивно МС выполнен на печатной плате с габаритными размерами 180x110 мм и устанавливается в персональный компьютер через разъем системной шины стандарта ISA. Для работы контроллера требуется одно напряжение питания +5 В. Потребляемая мощность не более 3 Вт.

Гальванически развязанные от МС дополнительные интерфейсные модули встроены нами в конструктив комплекса ADES-400 и осуществля-

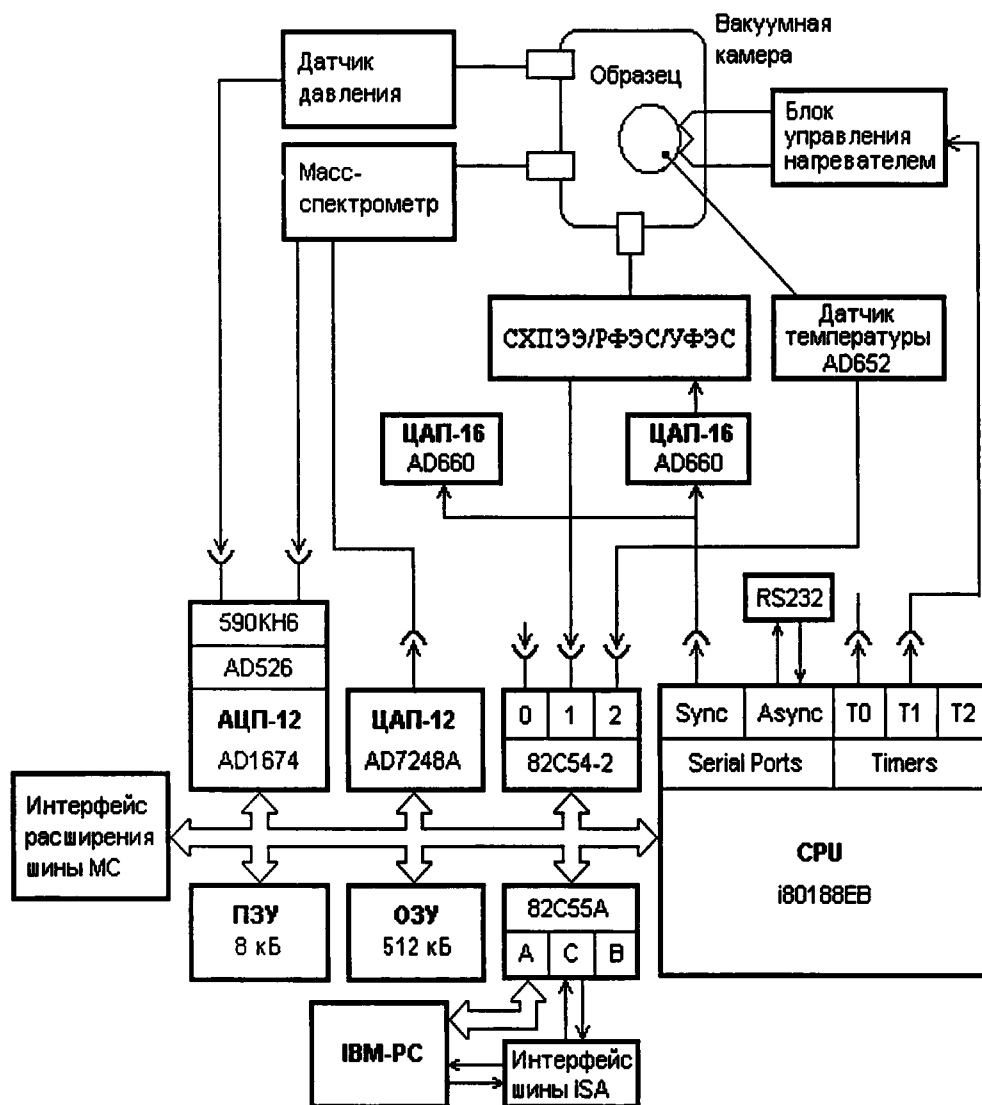


Рис.1. Блок-схема спектрального комплекса с системой управления и сбора данных.

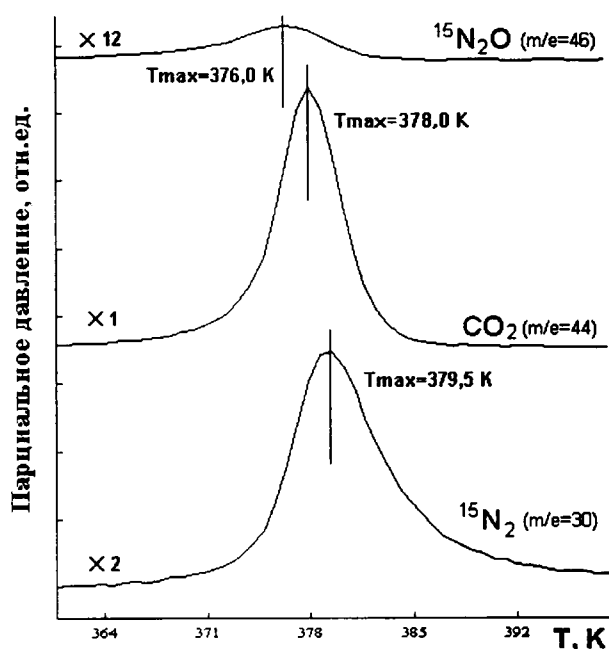


Рис.2. Характерные термодесорбционные пики при наличии химической реакции между оксидами азота и углерода на поверхности платины

ют управление энергоанализатором VG MDS-50 (16-разрядный цифро-аналоговый преобразователь на базе микросхемы AD660), прецизионное измерение и управление температурой объекта (блок регистрации температуры на основе преобразователя напряжения-частота AD652 и тиристорный блок управления нагревателем [4]).

Математическое обеспечение комплекса имеет четыре уровня:

- пакет прикладных исполнительных программ (задач), осуществляющих управление приборами и сбор данных от них (локализован в МС);

- ядро многозадачной операционной системы реального времени, обеспечивающее запуск задач и управление ими в процессе работы (передачу параметров эксперимента, режима работы и т.д.), распределение ресурсов микроконтроллера между задачами, управление потоками данных между процессорами (МС);

- интерфейс пользователя, осуществляющий связь оператора комплекса с прикладными задачами через систему меню и соответствующий системный драйвер устройства, а также визуализацию регистрируемых данных в графическом и символьном представлении на экране монитора (PC);
- пакет программ обработки экспериментальных данных (PC).

Последние два уровня реализованы для работы PC в операционных системах MS-DOS, Windows 95 и Windows NT.

Специфической особенностью описываемого комплекса является наличие в структуре его математического обеспечения оригинальной многозадачной опера-

ционной среды реального времени, специально разработанной для указанного класса задач с учетом архитектуры аппаратных средств используемого микропроцессорного устройства и названной нами "Тренд".

Апробация описанной автоматизированной системы управления и сбора данных в многозадачном режиме показала, что ее применение позволяет не только увеличить производительность экспериментальных исследований, но и получать качественно новые данные о физико-химических явлениях на поверхности твердого тела. Это наглядно продемонстрировано на примере изучения каталитической реакции между NO и CO в соадсорбированном слое на поверхности Pt(100) в режиме температурно-управляемой реакции [6]. Модельный термодесорбционный эксперимент проводился с образцом монокристалла платины, который нагревался резистивным нагревателем [4]. Контроль температуры осуществлялся хромель-алюмелевой термопарой, приваренной к боковой поверхности образца. Скорость нагрева составляла 10 K/c при нелинейности 0,5% в диапазоне 300-900 K.

Как известно, в описанных условиях наблюдаются экстремально узкие термодесорбционные пики выхода продуктов N₂ и CO₂ (так называемый "поверхностный взрыв") с шириной от 2 до 15 K. Наша система сбора данных имеет минимальный период дискретизации измерения температуры 20 мс, что при максимальной скорости нагрева 10 K/c соответствует шагу по температуре 0,2 K. В результате (рис.2) система позволила с хорошей точностью зарегистрировать термодесорбционные пики выхода продуктов и измерить их относительный сдвиг [7]. В комбинации же с методикой изотопного замещения, использованной при записи ТДС-спектров, удалось надежно идентифицировать слабый десорбционный пик N₂O и установить последовательность выхода продуктов, которая хорошо согласуется с теоретическими представлениями о механизме реакции.

Авторы выражают благодарность Д.Ю. Землянову и М.Ю. Смирнову за любезно предоставленные спектральные данные, полученные с помощью нашей системы, а также за внимание и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов В.П., Егоров Н.В., Овсянников А.М. и др. // ПТЭ. 1995. №3. С.205.
2. ESCA 310. Technical description. Scientia Instruments AB. 1993.
3. ESCA, AUGER, SIMS. Product Guide. VG Scientific. 1993.
4. Каичев В.В., Сорокин А.М., Бадалян А.М. и др. // ПТЭ. 1997. №4, С.135-138.
5. Intel M80186EB/188EB User's Guide.

6. *Lesley V. and Schmidt L.D. // Surf.sci. 1985. V.155. P.215.*
7. *Zemlyanov D.Yu., Smirnov M.Yu., Gorodetskii V.V., Vovk E.I. // Surf. Sci. 1997. V.46, №3/4. P.201-205.*

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR SURFACE SCIENCE SPECTROSCOPY.

V.V.Kaichev*, A.M.Sorokin+, V.A.Boronin*, A.M.Badalian*

** Institute of Inorganic Chemistry, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, 630090.
+ Institute of Environmental Problems, Siberian Branch of RAS, 656090.*

A software-hardware environment to control "scanning" spectral equipment intended for physico-chemical investigation of surfaces has been developed. The hardware is realized as a distributed system using IBM-PC and an original intelligent controller based on a 180C188EB processor, which is supplied with a set of interface modules. The system testing in a multitask mode has demonstrated a substantial increase in experimental research productivity as well as a possibility to obtain qualitatively new data on physico-chemical processes at solid surfaces.