

SIGMA-NOT
Spółka z o.o.



przemysł chemiczny

5

maj
2013

ROK ZAŁOŻENIA
1917

PRCHAB 92(05) 581-864 (2013)

PL ISSN 0033-2496

cena brutto 45,15 zł (w tym 5% VAT)





Artykuł sponsorowany



Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie dobiega końca realizacja projektu POIG.02.01.00-06-024/09 „Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach działania 2.1. Rozwój ośrodków o wysokim potencjale badawczym Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka lata 2007–2013. Wartość projektu to prawie 45 mln zł (www.cnf.umcs.lublin.pl; www.lab.umcs.lublin.pl).

Celem bezpośrednim projektu jest rozwój infrastruktury Wydziału Chemii UMCS, jako ośrodka o najwyższym potencjale badawczym w dziedzinie nanotechnologii, poprzez utworzenie Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych, zajmującego się opracowaniem i badaniem nowych nanomateriałów, niezbędnych do rozwoju priorytetowych gałęzi gospodarki, czystej energii i czystego środowiska. Projekt jest realizowany poprzez modernizację laboratoriów i ich wyposażenie w aparaturę naukowo-badawczą oraz utworzenie nowych specjalistycznych miejsc pracy. Zakupiono dwanaście systemów aparaturowych. Nowa aparatura badawcza przeznaczona do badań właściwości nanomateriałów należy do najnowocześniejszej w skali światowej i w bardzo dużej części jest unikatowa w skali kraju, a w regionie Polski Wschodniej są to jedyne tego typu urządzenia. Z całą pewnością unikatowe jest zgromadzenie w jednym ośrodku naukowym niezwykle dużej liczby narzędzi badawczych, pozwalających na wszechstronne charakteryzowanie różnych właściwości nanomateriałów. Zmodernizowanych i wyposażonych w najnowocześniejsze urządzenia i przyrządy zostało kilka laboratoriów badawczych: mikroskopii, spektroskopii elektronowej, spektroskopii Ramana, spektrometrii rentgenofluorescencyjnej, dyfrakcji rentgenowskiej, adsorpcji i porometrii, chemisorpcji oraz badań katalizatorów i reakcji katalitycznych. Powierzchnia

adaptowanych i zmodernizowanych laboratoriów przekracza 350 m². Utworzono siedem nowych specjalistycznych miejsc pracy do obsługi zakupionej aparatury i prowadzenia na niej badań naukowych. Trwają jeszcze prace przy wdrożeniu systemu zarządzania jakością zgodnego z europejską i polską normą ISO/IEC 17025:2005 i akredytacji laboratoriów. Zakończenie projektu przewidziane jest na 30 września 2013 r.

Laboratorium mikroskopii

Największym przedsięwzięciem w projekcie było utworzenie dużego Laboratorium Mikroskopii. Głównymi przyrządami badawczymi w Laboratorium Mikroskopii są: system wysokorozdzielczego elektronowego mikroskopu transmisyjnego TEM/STEM Titan³ G2 60-300, z wyposażeniem analitycznym, oraz system wysokorozdzielczego skaningowego mikroskopu elektronowo-jonowego Quanta 3D FEG z wyposażeniem analitycznym i preparatywnym. Zainstalowane systemy mikroskopowe są urządzeniami najwyższej klasy i najnowszej generacji, którymi mogą pochwalić się tylko nieliczne ośrodki naukowe na świecie.

Mikroskop Titan³ G2 60-300 jest obecnie najnowocześniejszym i najpotężniejszym na rynku komercyjnym mikroskopem transmisyjnym, i zarazem jedynym w Polsce zainstalowanym na wydziale chemicznym. Wyrafinowana konstrukcja mikroskopu: bardzo jasne,

monochromatyczne źródło elektronów z emisją polową, korektor aberracji sferycznej, zaawansowane soczewki oraz skorygowana optyka mikroskopu, zapewniają uzyskanie powiększeń do 10⁶ razy w transmisyjnym trybie pracy.

Mikroskop ten umożliwia obrazowanie budowy nanostruktur ciał stałych z atomową zdolnością rozdzielczą, na poziomie 80 pm (0,08 nm). Uzyskane obrazy oraz



Fot. 1. Wysokorozdzielczy transmisyjny mikroskop elektronowy (Foto: M. Chmiel)



Fot. 2. Pokój operatora transmisyjnego mikroskopu elektronowego (Foto: M. Chmiel)

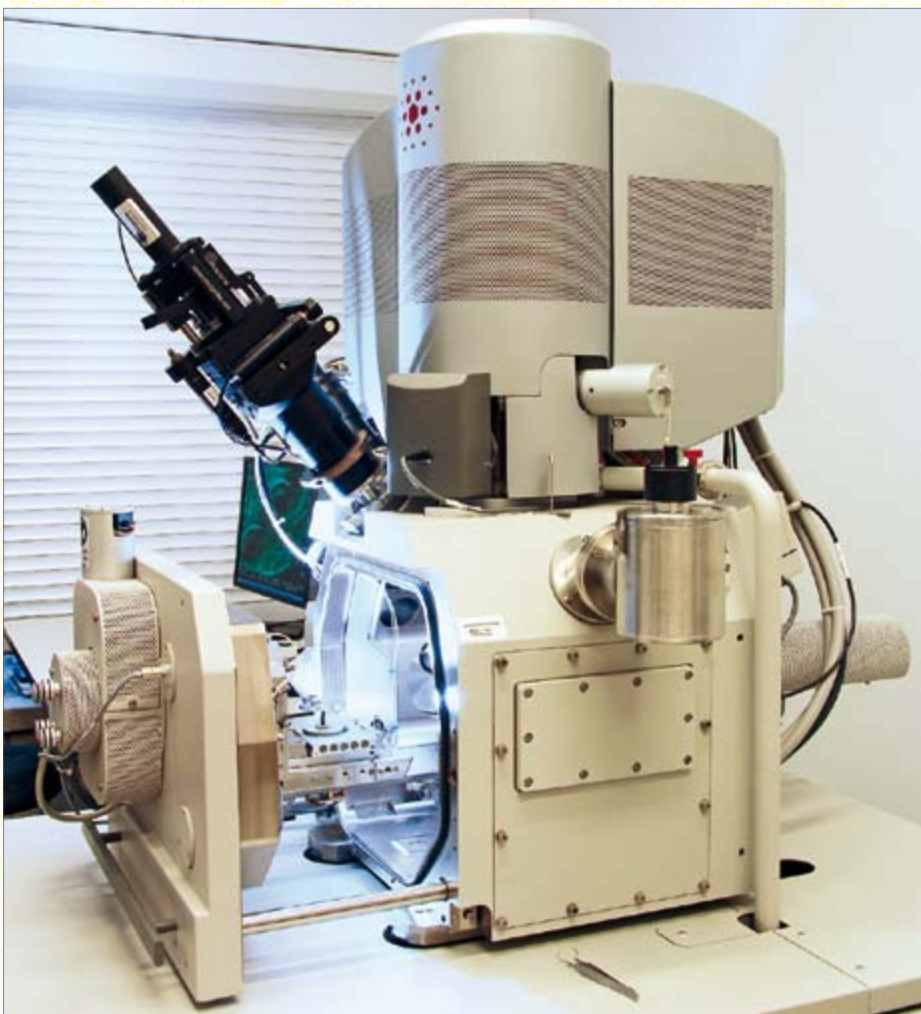
dane mikroskopowe pozwalają określić m.in. morfologię (kształt i rozkład wielkości cząstek), strukturę powierzchni, ułożenie atomów i stopień ich uporządkowania w nanocząstkach, strukturę krystaliczną, defekty sieci krystalicznej, strukturę granic międzyfazowych i rozkład przestrzenny faz w materiałach wielofazowych oraz skład chemiczny materiałów (rodzaj i stan chemiczny atomów). Wysokie napięcie przyspieszające tego mikroskopu zapewnia ekstremalną rozdzielczość oraz penetrację grubszych, jak na standardy mikroskopii elektronowej, warstw badanych nanomateriałów. Możliwość płynnej zmiany napięcia przyspieszającego w zakresie 60–300 kV czyni z tego przyrządu uniwersalne narzędzie badawcze.

System mikroskopu Titan³ G2 60-300 wyposażony jest w unikatowy układ cyfrowej rejestracji (wysokorozdzielcza kamera CCD), gwarantujący doskonałą jakość obrazowania oraz umożliwiający zdalne sterowanie przyrządem z innego pomieszczenia, bez konieczności zaciemnienia. Wyposażenie mikroskopu w specjalistyczne urządzenia i oprogramowanie do tomografii pozwala stwierdzić, czy obrazowane nanostruktury zlokalizowane są wewnątrz, czy na powierzchni ciała stałego. Dyfrakcja elektronowa pozwala na identyfikację fazową nanoobjektów. Mikroskop zapewnia uzyskiwanie czytelnych dyfraktogramów, nawet z obszarów o średnicy ok. 1 nm, a spektroskopowe narzędzia analityczne mikroskopu Titan dostarczają cennych informacji o składzie chemicznym z tych bardzo małych obszarów. Możliwość silnego skupienia wiązki elektronowej w kolumnie mikroskopu umożliwia rejestrację obrazów transmisyjnych oraz analizę chemiczną techniką skaningową (STEM).

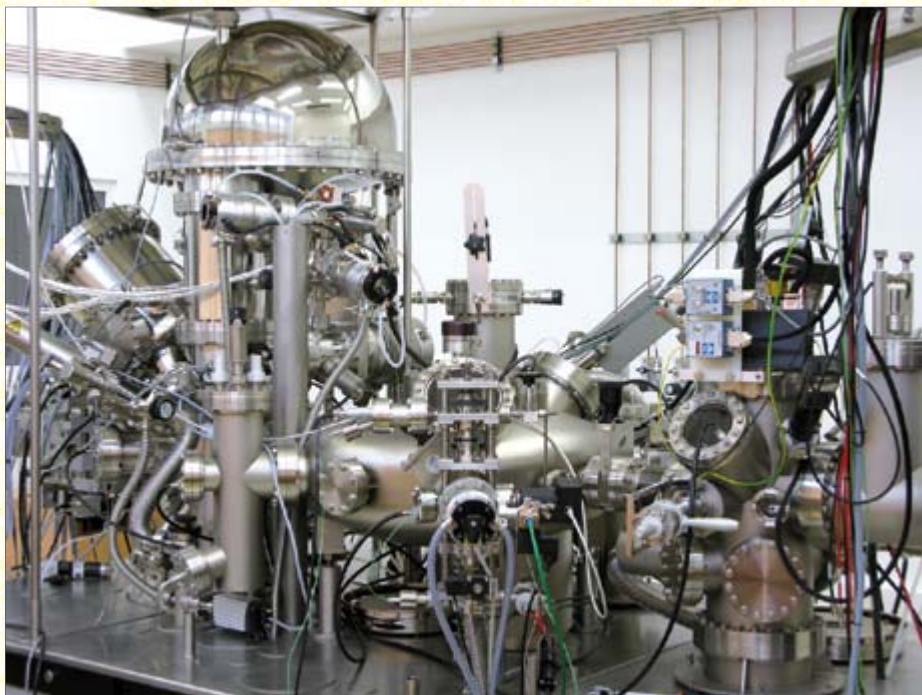
Metoda fluorescencji rentgenowskiej EDS pozwala na szybką identyfikację pierwiastków cięższych od berylu, w formie analizy punktowej, liniowej oraz map dystrybucji pierwiastków w złożonych

nanomateriałach. Spektroskopia strat energii elektronów EELS dostarcza informacji o stanach wiązań chemicznych w granicach nanometrycznych faz, lokalnych pasmach energetycznych, krawędzi absorpcji oraz przerwie wzbronionej nanoobjektów, m.in. w tlenkach metali, nanomateriałach katalitycznych, zdefektowanych nanocząstkach, nanorurkach, półprzewodnikach, kropkach kwantowych, materiałach optoelektronicznych oraz w wielu innych nanomateriałach.

System wysokorozdzielczego skaningowego mikroskopu elektronowo-jonowego Quanta 3D FEG jest nowoczesnym, hybrydowym instrumentem typu DualBeam, wyposażonym w dwie współpracujące ze sobą kolumny: jonową oraz elektronową z połową emisją cząstek. Kolumna elektronowa, wykorzystywana w technice mikroskopowego skanowania SEM jest wyposażona w precyzyjne działo elektronowe z połowym emiterem FEG. W warunkach wysokiej próżni oraz w zależności od wartości przyłożonego napięcia przyspieszającego i zastosowanego detektora, mikroskop zapewnia rozdzielczość 0,8–3,0 nm, a w warunkach niskiej próżni (tryb środowiskowy, ESEM)



Fot. 3. Wysokorozdzielczy skaningowy mikroskop elektronowo-jonowy (Foto: M. Chmiel)



Fot. 4. Wielokomorowy system UHV przed modernizacją (Foto: A. Machocki)

1,4–3,0 nm. W kolumnie jonowej zainstalowany jest system działa jonowego FIB, oparty na wysokotemperaturowej emisji jonów galu. W zależności od natężenia prądu jonowego kolumna może być wykorzystywana, zarówno do obrazowania, jak również do trawienia, rzeźbienia i modelowania powierzchni próbek.

System wysokorozdzielczego skaningowego mikroskopu DualBeam Quanta 3D FEG umożliwia obrazowanie nano- i mikrostruktur w dwu- i trójwymiarowej morfologii, jak również analizę składu chemicznego i fazowego warstw powierzchniowych. Z pomiarów mikroskopowych można uzyskać cenne informacje o morfologii nanokrystalitów (lub ich aglomeratów), stopniu krystaliczności ciał stałych oraz ich strukturze porowatej. W skaningowym mikroskopie elektronowym kontrast topograficzny uzyskuje się na obrazie, zatem obserwowana powierzchnia próbki charakteryzuje się o dużą głębią ostrości. Podobnie jak mikroskop Titan, także Quanta może dostarczać cennych informacji z bardzo małych obszarów. Możliwa jest analiza elementarna w obszarach ok. 1 nm oraz określenie dystrybucji pierwiastków w różnych obszarach próbki, łącznie ze spektralnym mapowaniem.

W mikroskopie Quanta 3D FEG wiązka jonów galu może być wykorzystywana do kontrolowanego trawienia warstw badanych materiałów. Umożliwia to badania zmian morfologii oraz składu chemicznego w głąb objętości, w jednym urządzeniu (profilowanie trójwymiarowe). Jest to niezwykle istotna informacja w przypadku materiałów, katalizatorów i światłowodów, w których aktywny nanomateriał nakłada-

ny jest na mechanicznie odporny i trwały nośnik. Wiązka jonów pozwala również (przy jednoczesnym wykorzystaniu wiązki elektronowej) na kontrolowanie, w skali nanometrycznej i w ściśle wybranej lub zaprogramowanej lokalizacji, procesów trawienia dla przygotowanie ultracienkich (rzędu kilkudziesięciu nm) lametek próbek materiałów do badań w transmisyjnym mikroskopie elektronowym. System urządzeń do naparowania umożliwia w podobny, programowalny i kontrolowany sposób osadzanie określonych materiałów na dowolnych matrycach.

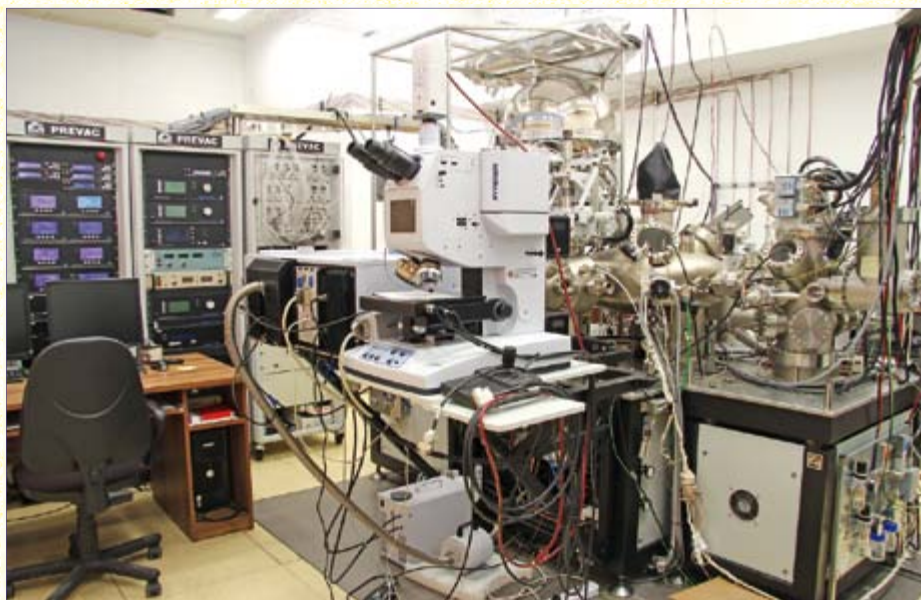
Quanta 3D FEG jest jednocześnie niezwykle, tzw. środowiskowym mikroskopem skaningowym (Environmental SEM),

który oferuje możliwości pracy nie tylko w warunkach wysokiej próżni, ale także badania próbek wilgotnych (do ciśnienia 4 kPa), a nawet zawiesin i próbek biologicznych, co czyni go niezwykle uniwersalnym i elastycznym narzędziem badawczym. Mikroskopia ESEM umożliwia np. śledzenie poszczególnych etapów syntezy katalizatorów i adsorbentów, poczynwszy od formowania podłoża nośnego katalizatora, aż do osadzania na niej nanocząstek fazy aktywnej. Pozwala także na śledzenie i badanie procesu nakładania warstw aktywnych na powierzchnię światłowodów i czujników światłowodowych. Jest również znakomitym narzędziem badania procesów segregacyjnych w wieloskładnikowych materiałach oraz do obserwacji procesów krystalizacji prekursorów katalizatorów i adsorbentów. Jest więc bardzo przydatnym narzędziem do badania procesów aktywacji i dezaktywacji nanomateriałów katalitycznych i adsorbpcyjnych.

Laboratorium Mikroskopii wyposażone jest także w kompletną linię wyspecjalizowanych urządzeń do preparatyki i wstępnego oglądu w mikroskopach optycznych i elektronowych próbek przeznaczonych do wysokorozdzielczych badań mikroskopowych.

Laboratorium spektroskopii elektronowych i podczerwieni

Wydział Chemii UMCS posiada wielokomorowy system UHV Prevac (ultra-wysokiej próżni), przeznaczony do badania właściwości powierzchni ciał stałych i nanostruktur w szerokim zakresie temperatury i ciśnienia. Wyposażony jest w techniki spektroskopii elektronowych XPS (spektroskopia fotoelektronów wybijanych promieniowaniem rentgenowskim), UPS (spektroskopia fotoelektronów wybi-



Fot. 5. Wielokomorowy system UHV po modernizacji (Foto: M. Chmiel)



Fot. 6. Spektrometr fluorescencji rentgenowskiej WDXRF (Foto: M. Chmiel)

janych promieniowaniem nadfioletowym), AES (spektroskopia elektronów Augera) oraz ISS (spektroskopia rozproszenia jonów). Dzięki nim uzyskuje się informacje o składzie chemicznym powierzchni materiałów od głębokości 2–5 nm, czyli od kilku do kilkunastu podpowierzchniowych warstw atomów, aż do pierwszej, górnej warstwy atomowej. Technika UPS umożliwia poznanie elektronowego pasma walencyjnego powierzchniowej warstwy ciał stałych. Zmiennie-temperaturowy skaningowy mikroskop tunelowy i sił atomowych STM/AFM dostarcza obrazów topografii powierzchni ciał stałych. Oprócz tego system wyposażony jest w komorę preparacyjną i wysokociśnieniowy reaktor katalityczny, pozwalające na określenie składu warstwy powierzchniowej ciał stałych przygotowanych w warunkach takich, w jakich są one rzeczywiście stosowane.

Pierwotne wyposażenie wielokomorowego systemu UHV dostarczało istotnych i różnorodnych informacji o składzie, strukturze elektronowej i budowie powierzchni różnych ciał stałych, w tym katalizatorów i ich modelowych układów oraz adsorbentów. Uzupełnienie wyposażenia tego systemu w specjalną komorę UHV z próżniowym spektrometrem podczerwieni Vertex 80v oraz w działo monochromatyczne ELS5000 do wysokorozdzielczej spektroskopii strat energii elektronów HREELS umożliwia określenie struktury powierzchni ciał stałych, a przede wszystkim pozwala na określenie struktury cząsteczek związków chemicznych zaadsorbowanych na powierzchniach bardzo dobrze scharakteryzowanych już posiadanymi technikami. Możliwe stało się także uzyskanie informacji o grupach strukturalnych charakterystycznych dla danego związku, sposobie oddziaływania cząsteczek chemicznych i typie ich wiązania z powierzchnią ciała stałego, informacji sprzyjających poznaniu kompleksu adsorpcyjnego lub kompleksu aktywnego w reakcjach katalitycznych i sile jego wiązania z katalizatorem, co jest wstępnym etapem określania mechanizmów reakcji



Fot. 7. Proszkowy dyfraktometr rentgenowski (Foto: M. Chmiel)

katalitycznych. Dzięki cząsteczkom-sondom dostarczana jest informacja o rozkładzie centrów aktywnych na powierzchni, rodzaju, liczbie i mocy centrów kwasowych oraz ich lokalizacji. Spektroskopia w podczerwieni dostarcza także informacji o strukturze powierzchniowej nanomateriałów, lokalnym środowisku kationów metali w sieci krystalicznej tlenkowych ciał stałych oraz o lokalnych zaburzeniach sieci krystalicznej.

Nowe wyposażenie systemu UHV rozwinęło go w dostępny tylko w nielicznych laboratoriach badawczych na świecie, nowoczesny, spójny system przeznaczony do badania wieloskładnikowych nanomateriałów katalitycznych i adsorbentów. Najistotniejszą i cenną zaletą wyposażenia systemu analitycznego w techniki FTIR oraz HREELS jest umożliwienie wykonywania badań adsorpcyjnych i chemisorpcyjnych *in situ* na tych samych próbkach ciał stałych, które dokładnie scharakteryzowano metodami spektroskopii elektronowych i mikroskopii STM/AFM, bez ich kontaktowania z powietrzem, zwykle zmieniającym skład i właściwości powierzchni. Jest to



Fot. 8. Aparatura do badań adsorpcyjnych (Foto: M. Chmiel)

możliwe dzięki centralnej, karuzelowej komorze dystrybucyjnej znajdującej się w systemie; badana próbka ciała stałego może być przekierowywana między wszystkimi komorami w warunkach UHV. Wykorzystanie wszystkich technik rozbudowanego systemu analitycznego umożliwia uzyskanie rzeczywistych korelacji pomiędzy właściwościami powierzchni ciał stałych i ich właściwościami adsorpcyjnymi, chemisorpcyjnymi i katalitycznymi.

Laboratorium spektroskopii Ramana

Do badań właściwości powierzchni w rzeczywistych warunkach i środowiskach reakcyjnych oraz przemian fazowych nanomateriałów przeznaczone jest wyposażenie już wcześniej posiadanego, jednego z najnowocześniejszych, mikroskopowego spektrometru ramanowskiego inVia Reflex, w system komory-reaktora katalitycznego z wielokanałowym mikrochromatografem gazowym oraz specjalistyczną komorę do badań przemian fazowych nanomateriałów. Trzy lasery wzbudzające z zakresu bliskiej podczerwieni, widzialnym i ultrafioletu zapewniają możliwość badań różnych materiałów i związków chemicznych. Struktura i mikrostruktura nanokatalizatorów (lokalne środowisko kationów metali wśród jonów tlenkowych), identyfikacja krystalicznych faz stałych oraz określanie struktury niekrystalicznych faz powierzchniowych, stopień utlenienia metali przejściowych w tlenkach, lokalne zdefektowanie sieci krystalicznej, zmiany wielkości nanocząstek katalizatorów i krystalizacja, natura zaadsorbowanych cząsteczek i związków przejściowych to główne informacje jakich o nanokatalizatorach pracujących w realnych warunkach (*in situ*) dostarczy dodatkowe wyposażenie spektrometru Ramana. Stał się on narzędziem badawczym pozwalającym ocenić stan powierzchni katalizatora funkcjonującego w warunkach reakcji chemicznych: temperatury, ciśnienia oraz składu reagentów i produktów charakterystycznych dla stacjonarnego stanu reakcji. Jeszcze więcej wiedzy dostarcza możliwość określenia rzeczywistych relacji pomiędzy aktywnością i selektywnością katalizatorów w stanie stacjonarnym katalizowanych reakcji chemicznych a budową katalizatorów i ich powierzchni oraz zmianami zachodzącymi wraz ze zmianą warunków reakcyjnych.

Laboratoria dyfrakcji i fluorescencji rentgenowskiej

Inne urządzenia badawcze, w jakie wyposażone jest Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych, to zautomatyzowany spektrometr fluorescencji rentgenow-



Fot. 9. Aparatura do badań chemisorpcyjnych (Foto: M. Chmiel)

skiej (z dyspersją długości fali) WDXRF AxiosMax, z wyposażeniem preparatywnym oraz rentgenowski dyfraktometr proszkowy XRD Empyrean z wysokotemperaturowym reaktorem do badań nanomateriałów techniką *in situ* w szerokim zakresie temperatury i różnorodności fazy gazowej. Metoda XRF jest jedną z najlepszych technik analitycznych służących do analizy objętościowego pierwiastkowego składu jakościowego i ilościowego wszelkiego rodzaju materiałów, zarówno stałych jak i ciekłych. XRF łączy w sobie najwyższą dokładność i precyzję z bardzo prostym i szybkim przygotowaniem próbek. Umożliwia analizy pierwiastków od berylu do uranu w zakresie stężeń od poziomu kilku ppm do 100%.

Dyfraktometria rentgenowska XRD, jako nieniszcząca metoda analityczna, przeznaczona jest m.in. do określania objętościowego jakościowego i ilościowego składu fazowego materiałów i do wyznaczania wielkości kryształitów materiałów polikrystalicznych, określania struktur, badań tekstury i naprężeń, a nowy dyfraktometr umożliwia także określenie rozkładu wielkości kryształitów oraz badania niejednorodności w zakresie nanometrów. Najnowszej generacji dyfraktometr zapewnia jednocześnie niezwykle dokładne i wyjątkowo szybkie analizy. Niezwykle wartościowym jest wyposażenie dyfraktometru w wysokotemperaturowy reaktor, umożliwiający poznanie *in situ* zmian fazowych zachodzących w materiałach w warunkach, w jakich są one stosowane i używane. Chodzi tu o reakcje pomiędzy składowymi materiałami wieloskładnikowymi, procesy rozkładu ciał stałych lub ich redukcji czy utleniania, zmiany dyspersji cząstek materiałów pod wpływem temperatury lub fazy gazowej (w tym reakcji katali-

tycznych zachodzących na powierzchni badanych nanomateriałów).

Laboratorium badań adsorpcyjnych i chemisorpcyjnych

Podstawową wiedzę o właściwościach fizykochemicznych nanomateriałów, tj. o wielkości powierzchni całkowitej i tzw. aktywnej, wielkości kryształitów metali, wielkości porów i ich rozkładzie, dostarczają w pełni zautomatyzowane analizatory do badań niskotemperaturowej adsorpcji gazów oraz do badań chemisorpcyjnych

nanomateriałów. Dwa nowoczesne urządzenia z serii ASAP uzupełniły wcześniej posiadane podobne urządzenia, bardzo zwiększając wydajność laboratorium badań adsorpcyjnych i chemisorpcyjnych.

Laboratorium badań izotopowych i temperaturowo-programowanych

Bardzo unikatowym podejściem pozwalającym ocenić przebieg procesu chemicznego na powierzchni nanomateriałów katalitycznych i stan katalizatora „pracującego” w warunkach reakcji jest zastosowanie technik izotopowych, z reagentami znaczącymi trwałymi izotopami niepromieniotwórczymi. Chodzi o metodę analizy kinetycznej zaburzeń izotopowych w stanie stacjonarnym reakcji SSITKA (*steady-state isotopic transient kinetic analysis*) oraz wymianę tlenu sieci krystalicznej tlenków z fazą gazową. Nowa aparatura do tego przeznaczona, częściowo zakupiona a częściowo wykonana samodzielnie, umożliwiła uzyskanie informacji niedostępnych żadną inną metodą badawczą. Są to informacje o „funkcjonującym” katalizatorze, ale jednak zupełnie inne niż uzyskiwane za pomocą aparatury i metod opisanych wyżej. Informacje z metod izotopowej, *in situ* spektroskopii Ramana i *in situ* dyfrakcji rentgenowskiej, znakomicie się uzupełniają.

Dalszą wiedzę o właściwościach chemicznych i chemisorpcyjnych nanomateriałów katalitycznych zapewnia system aparaturowy AutoChem ze spektrometrem



Fot. 10. Aparatura do badań izotopowych (Foto: A. Machocki)



Fot. 11. Aparatura do badań temperaturowo-programowanych (Foto: A. Machocki)

masowym HPR-20, przeznaczony do badań dynamicznymi technikami temperaturowo-programowanymi z udziałem gazów i par w zakresie temp. od -100°C do 1100°C : redukcji, utleniania, reakcji katalitycznych, chemisorpcji, desorpcji. Zautomatyzowanie procedur pomiarowych i kontroli wszystkich parametrów decydujących o prawidłowej pracy aparatury czyni z całego systemu urządzenie bardzo precyzyjne, a uzyskiwane w nim wyniki są bardzo odtwarzalne i powtarzalne.

Laboratorium badań reakcji katalitycznych

Dla poznania aktywności i selektywności projektowanych nanomateriałów katalitycznych jedno z laboratoriów Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych wyposażone zostało w referencyjne systemy reaktorowe PID Microactivity-Reference Catalytic Reactor z analizatorami chromatograficznymi i mikrochromatografami. Dzięki zunifikowanej konstrukcji i budowie systemu reaktorowego, zautomatyzowaniu procedur pomiarowych i kontroli wszystkich parametrów katalizowanych reakcji, a także precyzyjnej zautomatyzowanej analityce produktów reakcji, uzyskiwane w nim wyniki są bardzo odtwarzalne i powtarzalne. Umożliwia to jednoznaczne i szybkie porównywanie wyników uzyskiwanych w różnych laboratoriach katalitycznych, co jest konieczne przy współpracy między wieloma ośrodkami naukowymi. Dzięki posiadaniu w laboratorium katalitycznym kilku systemów reaktorowych, długotrwałe badania aktywności i selektywności heterogenicznych nanomateriałów katalitycznych i stabilności tych właściwości w czasie trwania procesu chemicznego, możliwe jest istotne przyspieszenie badań. Możliwe jest także badanie różnych katalitycznych procesów chemicznych w tym samym czasie.

Wiedza uzyskana z badań różnymi technikami, w jakie wyposażone zostało Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych, w dużym stopniu przyczyni się do projektowania najlepszych katalizatorów dla procesów chemicznych, o najbardziej pożą-



Fot. 12. Laboratorium badań reakcji katalitycznych (Foto: M. Chmiel)

danych właściwościach aktywnościowych i selektywnościowych, zwiększających wydajność pożądaných produktów reakcji chemicznych, w sposób oparty na wiedzy, uzasadniony cechami miejsc aktywnych, niezbędnymi do aktywacji reagentów i właściwego ukierunkowania reakcji. Podobnie jest z możliwością sterowanego projektowania nanomateriałów adsorpcyjnych. Taka droga uzyskiwania nowych i udoskonalonych materiałów o zaprogramowanej strukturze, założonych właściwościach, o określonych cechach użytkowych i zastosowaniach, jest, dzięki możliwości przygotowywania znacznie mniejszej liczby próbných potencjalnych nanostrukturalnych i wieloskładnikowych nanomateriałów katalitycznych czy adsorpcyjnych, znacznie krótsza i bardziej wydajna niż praca- i czasochłonna „metoda prób i błędów”.

Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych, skupiające wiedzę, umiejętności, doświadczenie, innowacyjność w zakresie nanonauki, nanomateriałów i nanotechnologii oraz wyposażone w aparaturę naukowo-badawczą najwyższego standardu światowego, jest ważnym filarem wśród priorytetowych projektów infrastrukturalnych. Nowa, odpowiadająca obecnie najwyższemu światowemu standardom aparatura umożliwi prowadzenie badań na najwyższym poziomie, dostarcza nowej wiedzy z dziedziny nowych materiałów i nanomateriałów, chemii ciała stałego oraz fizykochemii jego powierzchni. Umożliwi szybsze opracowanie skutecznych, nowych nanokompozycji i nanomateriałów funkcjonalnych oraz znacznie poszerza wiedzę o najbardziej istotnych ich właściwościach, umożliwiając ich dobrą, rzetelną charakterystykę. Posiadanie najnowocześniejszej, specjalistycznej aparatury do badania nanomateriałów funkcjonalnych przyczyniło się do przekształcenia Wydziału Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej

w nowoczesną jednostkę badawczą, prowadzącą badania na najwyższym poziomie. Wpływa na istotne zwiększenie wydajności i konkurencyjności zespołów badawczych Wydziału Chemii na arenie międzynarodowej i jest jego dużym atutem w międzynarodowych i krajowych programach badawczych. Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych oferuje także jednostkom naukowym oraz przedsiębiorcom wykonywanie specjalistycznych badań i ekspertyz. Już teraz odbiorcami usług badawczych i analitycznych są polskie i zagraniczne ośrodki naukowe i podmioty gospodarcze. Poszerzenie współpracy z podmiotami gospodarczymi powinno nastąpić po przeprowadzonej akredytacji/certyfikacji laboratoriów; dołączą ci z nich, którzy nie mogli dotychczas korzystać z usług badawczych i analitycznych, właśnie wskutek braku takich świadectw jakości. Najcenniejszą grupą ostatecznych odbiorców prac badawczych i badawczo-rozwojowych prowadzonych z wykorzystaniem aparatury Centrum Nanomateriałów Funkcjonalnych, pozyskanej dzięki realizacji projektu, będą firmy zainteresowane opracowaniem i wykorzystaniem nowych rozwiązań w dziedzinie nanomateriałów funkcjonalnych. Wdrożenie do produkcji opracowanych nanomateriałów przyczyni się do wzrostu innowacyjności i konkurencyjności gospodarki, przyspieszenia zrównoważonego rozwoju i poprawy jakości życia społeczeństwa. Bo nanomateriały i nanotechnologia są nie tylko modą, to przejście na wyższy poziom badawczy, to ulepszone i nowe materiały i ich nowe zastosowania, to jeden z istotnych motorów napędowych rozwoju gospodarki. Przemysł, szczególnie małe i średnie przedsiębiorstwa, powinny być nastawione na innowacje, bo dzięki temu stają się bardziej konkurencyjne na rynku.

**Dr hab. Andrzej Machocki, prof. UMCS,
dr Ewaryst Mendyk**