

Mikrosonda jonowa SHRIMP IIe/MC

Perfekcyjna technologia dla współczesnej geologii już w Polsce!

Po mikrosondzie elektronowej, która już jakiś czas temu znalazła stałe miejsce wśród technik analitycznych realizowanych w Polsce w pracach badawczych dla różnych działów nauk o Ziemi, nadeszła pora na mikrosondę jonową. Czułą i wysokorozdzielczą mikrosondę jonową w wersji multikolektora SHRIMP IIe/MC (Sensitive High Resolution Ion Micro Probe II Multi-Collector) zainstalowano w kwietniu br. w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) w Warszawie. Zakup mikrosondy był możliwy dzięki dotacji Funduszu Nauki i Technologii Polskiej z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W inwestycji partycipował także PIG-PIB, przygotowując zaplecze w postaci dostosowania i pełnego wyposażenia odpowiednich i ściśle określonych pomieszczeń pomocniczych dla całej pracowni i dla samej mikrosondy, której waga przekracza 13 ton.

Strategicznym celem instalacji najnowszego modelu mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC jest podniesienie konkurencyjności polskiej nauki poprzez zapewnienie jak najlepszej bazy badawczej. Wyposażenie w specjalistyczną i unikatową infrastrukturę analityczną podniesie efektywność rozwiązywania najbardziej złożonych problemów naukowych. Część prac zrealizowanych na mikrosondzie jonowej na trwałe zagościła w kanonie światowych odkryć. Należy do nich: (1) rozpoznanie najstarszych na Ziemi skał o wieku 4,03 mld lat i 4,35 mld (Nature, 2001, vol. 409), dokumentujących obecność skorupy zaledwie 100 milionów lat po tym, jak na Ziemi istniały oceany magmy; (2) analizy U-Pb próbek z misji Apollo 11 i określenie wieku skał na Księżyku na 4,37 mld lat i czasu kataklizmu księżycowego na 3,9 mld lat; (3) kalibracja tablicy stratygraficznej oraz tempa zjawisk na Ziemi i w Układzie Słonecznym; (4) określenie temperaturowych przyczyn wymierania czy eksploracji gatunków.

Podstawy analizy mikrosondy jonowej wypracowano ponad trzydzieści lat temu i przyświecały im jeden cel: bezdestrukcyjne scharakteryzowanie składu chemicznego i izotopowego próbki w stanie stałym, bez konieczności homogenizacji i przeprowadzania do roztworu.

Był to ten sam czas, kiedy rozwijała się technika mikrosondy elektronowej (EPMA – Elektron Probe Micro Analyzer), która stosuje zogniskowaną wiązkę elektronów do wzbudzenia promieni rentgenowskich z powierzchni próbki w celu uzyskania obrazu składu chemicznego badanej powierzchni.

Mikrosonda jonowa jest urządzeniem znacznie bardziej złożonym niż EMPA. Działa na zasadzie spektrometrii mas jonów wtórnego (SIMS – Secondary Ion Mass Spectrometry), gdzie źródło w postaci silnie skoncentrowanej wiązki jonów pierwotnych służy do generowania jonów wtórnego z powierzchni badanego obiektu. Jony pierwotne mają energię rzędu 10 keV i ich kolizja z powierzchnią próbki powoduje natychmiastową erozję – „rozpylanie” mikrofragmentu próbki. Powstające jony wtórne są elektrostatycznie usuwane do spektrometru masowego, w którym zostają rozdzielone według masy i energii – i gdzie następuje pomiar względnej intensywności ich sygnału na detektorze.

Mikrosondy jonowe w pierwszej kolejności znalazły zastosowanie w dynamicznie rozwijającym się przemyśle półprzewodników w badaniach powierzchni właściwych materiałów, gdzie wymagane były analizy punktowe pierwiastków przy stężeniach z dokładnością ppm, sub-ppb.

Aktualnie na całym świecie pracuje ponad 200 mikrosond jonowych. Jednak tylko niewielka część z tych urządzeń może być wykorzystywana do badań w dziedzinie nauk o Ziemi.

Typ mikrosondy zainstalowanej w PIG-PIB ma wielkie znaczenie dla współczesnych badań geologicznych. Instrument SHRIMP IIe/MC o dużej czułości i wysokiej rozdzielczości został zaprojektowany dla geologów do analizy izotopowej obiektów niezwykle złożonych chemicznie, takich jak np. naturalne minerały, charakteryzujące się bogactwem domieszek, podstawień (diadochii) i zastępień (pseudomorfoz). Prototyp mikrosondy SHRIMP powstał na przełomie lat 70. i 80. XX w. w Australian National University ANU pod kierownictwem prof. Wiliama Compstona, z myślą o badaniach *in situ* próbek geologicznych i datowaniach U-Pb ziaren cyrkonów o poligenetyczne i izotopowo złożonej budowie. W ciągu trzydziestu lat od powstania pierwszego instrumentu w konstrukcji mikrosondy wprowadzono wiele innowacji znacząco poszerzając kraj jej zastosowań. Mikrosonda jonowa zainstalowana w tym roku w Polsce jest 19. urządzeniem w rodzinie SHRIMP, ale 4. unowocześnionym modelem zaopatrzonym w dwa wymienne źródła jonów pierwotnych: w duoplazmatron i w działa cewowe, co oznacza możliwość zmiany polarności źródła z elektrojemnego na elektrododatnie, co poszerza zestaw generowanych jonów wtórnego i detekcji mas.

Mikrosonda jonowa typu SHRIMP IIe/MC jest przeznaczona do pomiarów stosunków izotopowych jonów dodatnich i ujemnych w szerokim zakresie okresowego układu pierwiastków w próbkach w stanie stałym, bez procesu homogenizacji próbki i konieczności roztwarzania, co pozwala na udokumentowanie naturalnego stanu izotopów, z zachowaniem pierwotnych relacji przestrzennych badanego materiału. Jest także instrumentem mikroanalitycznym, ponieważ do pojedynczego pomiaru zużywa nanogramowe ilości próbki (2 do 5 ng). Wykonuje pomiary stosunków izotopowych zarówno izotopów stabilnych pierwiastków lekkich, jak i jonów radiogenicznych, w tym pierwiastków o wysokiej liczbie masowej.

Wszechstronność analityczna mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC sprawia, że jest ona wykorzystywana z powodzeniem do rozwiązywania problemów naukowo-badawczych w różnych dziedzinach nauk ścisłych, przyrodniczych i inżynierijnych, od geologii i nauk o Ziemi, kosmochemii, paleontologii, biologii, archeologii, ochrony środowiska po energetykę jądrową i inżynierię materiałową. SHRIMP otwiera również drogi do współpracy i planowania zintegrowanych badań w wielu działach geologii, pomagając w udokumentowaniu globalnego zasięgu różnych zjawisk, cykliczności procesów geologicznych, a nawet różnorakich aspektów ewolucji organizmów i odróżnienia zewnętrznych, katastroficznych przyczyn od wewnętrznych mechanizmów masowego wymierania gatunków.

W dziedzinie nauk o Ziemi mikrosonda jonowa SHRIMP znajduje zastosowanie w:

- badaniu wieku skał i procesów geologicznych, dając precyzyjne wyniki w zakresie skali czasowej od miliardów i milionów lat (metoda U-Pb) do setek tysięcy lat (metoda Th-U);
- odtwarzaniu zmian klimatycznych (paleotemperatur) na podstawie analiz składu izotopowego tlenu), w do- wolnej skali czasu geologicznego;
- określeniu genezy złóż – wieloizotopowych analizach genetycznych, np. tlenu, siarki;
- określeniu wieku i składu izotopowego materii kosmicznej, w tym meteorytów.

Wyniki prac badawczych z użyciem mikrosondy jonowej przyczyniają się do nowego spojrzenia na skalę czasu zjawisk zachodzących na Ziemi i w przestrzeni kosmicznej, zmieniają utarte opinie o warunkach paleośrodowiskowych i paleoklimatycznych. Wśród wielu prac naukowych zrealizowanych na mikrosondzie jonowej typu SHRIMP w ciągu ostatnich kilkunastu lat ponad 1750 zostało opublikowanych w czasopiśmie Science, a 600 w czasopiśmie Nature. Jest to najlepszy miernik z jednej strony spektakularnego stylu i jakości uzyskiwanych wyników, poziomu naukowego realizowanych badań oraz efektywności wykorzystania mikrosondy jonowej.

dr Ewa Krzemieńska
 Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
 Laboratorium Analiz w Mikroobszarze
 Pracownia Mikrosondy Jonowej

Więcej o zastosowaniu mikrosondy jonowej w geologii, i nie tylko – <http://www.pgi.gov.pl/shrimp>

**LABORATORIUM ANALIZ
W MIKROOBSZARZE**

**PRACOWNIA
MIKROSONDY JONOWEJ
SHRIMP IIe/MC**

**MICRO-AREA ANALYSIS
LABORATORY**

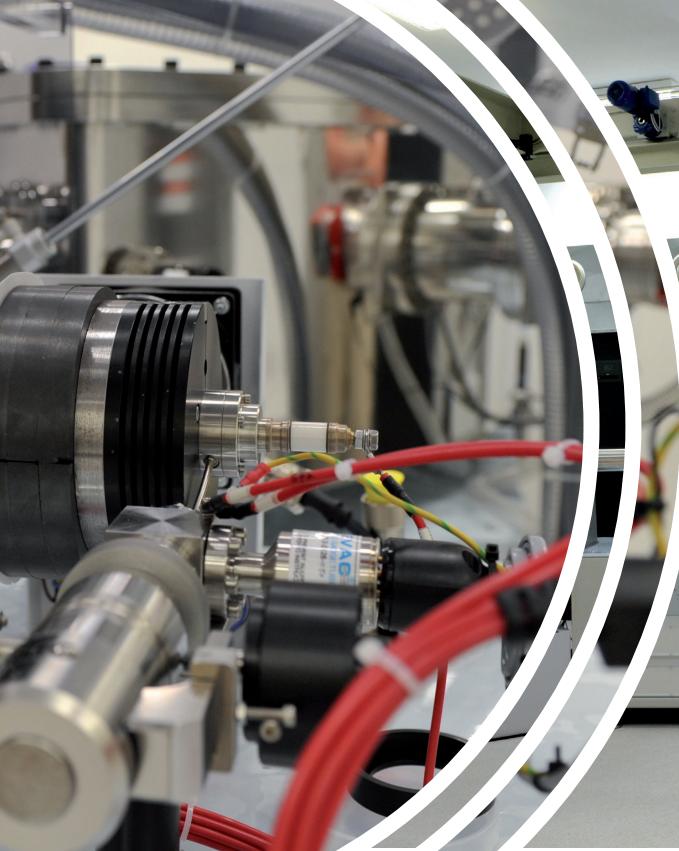
**SHRIMP IIe/MC
ION MICROPROBE
SECTION**

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
Państwowa Służba Geologiczna
Państwowa Służba Hydrogeologiczna

Polish Geological Institute
National Research Institute
Polish Geological Survey
Polish Hydrogeological Survey

shrimp@pgi.gov.pl

shrimp@pgi.gov.pl



SHRIMP IIe/MC

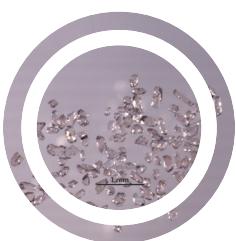
PERFEKCYJNA
TECHNOLOGIA
DLA WSPÓŁCZESNEJ
GEOLOGII

1 REJESTRACJA NIEWIELKICH ZMIAN
W SKŁADZIE IZOTOPOWYM NA PRZESTRZENI
KILKUDZIESIĘCIU MIKRONÓW *IN SITU*

ANALIZY IZOTOPOWE I CHEMICZNE
W MIKROSKALI

2 DWA WYMIENNE ŹRÓDŁA JONÓW
PIERWOTNYCH: DUOPLAZMATRON
I DZIAŁO CEZOWE

WYSOKA CZUŁOŚĆ PRZY WYSOKIEJ
ROZDZIELCZOŚCI MASOWEJ



BADANIE WIEKU SKAŁ
I PROCESÓW
GEOLOGICZNYCH
precyjne wyniki
w zakresie od miliardów (U-Pb)
do setek tysiący (Th-U) lat



ODTWARZANIE ZMIAN
KLIMATYCZNYCH (NA PODSTAWIE
ANALIZ IZOTOPÓW TLENU $\delta^{18}\text{O}$),
W DOWOLNEJ SKALI CZASU
GEOLOGICZNEGO

określanie paleotemperatur
środowiska oraz zbiornika
sedimentacyjnego



OKREŚLENIE
GENEZY ZŁÓŻ
wieloizotopowe analizy
genetyczne tlenu $\delta^{18}\text{O}$,
siarki $\delta^{34}\text{S}$



OKREŚLENIE WIEKU
I SKŁADU IZOTOPOWEGO
MATERII KOSMICZNEJ,
W TYM METEORYTÓW



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

Laboratorium Analiz w Mikroobszarze
Pracownia Mikrosondy Jonowej
shrimp@pgi.gov.pl

www.pgi.gov.pl/shrimp

