Załącznik nr 2 do SWZ

**Opis przedmiotu zamówienia**

**System ramanowski z mikroskopem do badania submikronowej struktury próbek oraz określania typu węgla**

|  |  |
| --- | --- |
| **A. Spektrometr ramanowski do integracji z mikroskopem SEM** | |
| 1. Budowa | System modułowy ze wszystkimi jednostkami i elementami niezbędnymi do prowadzenia badań ramanowskich w obrębie mikroskopu SEM, tj. torem wzbudzenia, torem detekcji oraz interfejsem Raman-SEM (tj. torem wprowadzania światła do i wyprowadzania sygnału z mikroskopu SEM). |
| 2. Kompatybilność z oferowanym mikroskopem SEM (pkt. B) | 1. Spektrometr kompatybilny sprzętowo z oferowanym mikroskopem SEM, 2. Interfejs Raman-SEM montowany bezpośrednio na flanszy oferowanego mikroskopu SEM, 3. Światłowód łączący spektrometr Ramana z interfejsem Raman-SEM o długości ≥5 m, 4. Elementy pomiarowe znajdujące się w komorze mikroskopu SEM wsuwane (i wysuwane) pod soczewkę obiektywową na ruchomym ramieniu o geometrii i pozycji pracy zoptymalizowanej dla oferowanego mikroskopu SEM, 5. Pozycja analiz ramanowskich w mikroskopie SEM bezpośrednio pod soczewką obiektywową, tj. zgodna z pozycją obrazowania SEM bez konieczności relokacji stolika próbek SEM w osiach X i Y, 6. Elementy spektrometru znajdujące się w komorze oferowanego mikroskopu SEM po wycofaniu ramienia nie mogą ograniczać możliwości tego mikroskopu, tj. ograniczać zakresu ruchu stolika ani przesłaniać detektorów obrazowych, 7. Możliwość przyszłej rozbudowy o technikę spektralnej foto- (PL) i spektralnej katodoluminescencji (CL), potwierdzona na dzień składania ofert. |
| 3. Spektrometr i jego tryby pracy | 1. Detektor:  * typu CCD, * chłodzenie: ogniwo Peltiera, * minimalna temperatura pracy: ≤-70°C, * maksymalna prędkość odczytu detektora: ≥1200 widm/s, * rozdzielczość detektora: co najmniej 1024x256 pikseli,  1. Rozdzielczość spektrometru (dla lasera 532 nm):  * lateralna (X, Y): <1 µm, * osiowa (Z): <2µm,  1. Układ podglądu wideo obszaru do wykonania analiz ramanowskich wewnątrz komory mikroskopu SEM. Układ powinien automatycznie regulować czas naświetlania i kontrast oraz wyświetlać bieżący punkt laserowy (pomiarowy) na obrazie wideo, 2. Rejestracja widm ramanowskich:  * minimalny zakres widmowy: 50 – 4000 cm-1, * minimalny zakres widmowy dla lasera 532 nm: 50 – 3500 cm-1, * rozdzielczość widmowa: ≤2,5 cm-1 w zakresie widmowym nie węższym niż 50 – 1800 cm-1,  1. Rejestracja map/obrazów ramanowskich:  * skanowanie wiązką laserową w komorze mikroskopu SEM. Rozwiązanie ze skanowaniem stolika nie jest dopuszczalne, * wielkość skanowanego obszaru na próbce: ≥300 µm x 300 µm, * dostęp do widma ramanowskiego w każdym pikselu mapy/obrazu. |
| 4. Tor wzbudzenia: | 1. Liczba możliwych laserów zainstalowanych jednocześnie w spektrometrze: ≥2, 2. Pełna kontrola, w tym automatyczne przełączanie lasera, z poziomu oprogramowania, 3. Wymagany laser 532 nm:  * moc: ≥ 50 mW, * zestaw filtrów zapewniającym pomiary od ≤50 cm-1, * zestaw filtrów do kontroli mocy wiązki na próbce, * system zautomatyzowanej kontroli regulacji średnicy wiązki i jej mocy w sposób płynny w zakresie 1 -100%,  1. Minimalna wielkość plamki lasera na próbce wewnątrz komory SEM: ≤3 µm, 2. Możliwość przyszłej rozbudowy o drugi laser w warunkach laboratorium Zamawiającego, potwierdzona w chwili składania oferty. |
| 5. Oprogramowanie | 1. Oprogramowanie do rejestracji, obróbki i analizy widm oraz map ramanowskich, 2. Oprogramowanie do korelacji obrazów SEM i map/obrazów ramanowskich. Przez korelację rozumie się możliwość wskazania tych samych obszarów na obrazach oraz nałożenie ich na siebie. |
| 6. Zestaw komputerowy | Zestaw komputerowy do sterowania spektrometrem, umożliwiający rejestrację i obróbkę danych pomiarowych, składający się z :   1. stacji roboczej z systemem operacyjnym umożliwiającej prawidłową i płynną pracę spektrometru i jego oprogramowania o minimalnych parametrach:  * pamięć RAM: ≥ 32GB, * dysk twardy: ≥2 TB,  1. monitora o przekątnej ≥24”, 2. bezprzewodowej klawiatury i myszy. |
| **B. Skaningowy mikroskop elektronowy (SEM)** | |
| 7. Źródło wiązki elektronów | Działo elektronowe z zimną emisją polową lub termicznie wspomaganą emisją polową (emiter Schottky’ego). |
| 8. Zdolność rozdzielcza | W wysokiej próżni:   1. tryb SE przy 15 kV: nie gorsza niż 0,6 nm, 2. tryb SE przy 1 kV: nie gorsza niż 0,9 nm (bez spowalniania wiązki), 3. tryb SE przy 500 V: nie gorsza niż 0,8 nm,   W niskiej próżni:   1. tryb SE przy 15 kV: nie gorsza niż 1,3 nm.   Rozdzielczości do wykazania w miejscu instalacji metodą krawędziową (odcięcie 35%-65%). |
| 9. Tryb niskiej próżni | Minimalny zakres ciśnień roboczych: 10 Pa – 480 Pa. |
| 10. Energia elektronów i prąd | 1. Minimalny zakres energii elektronów na próbce: 30 eV – 30 keV, 2. Układ spowalniania elektronów napięciem przykładanym do stolika o maksymalnej wartości bezwzględnej nie mniejszej niż 2 000 V, 3. Minimalny zakres prądu wiązki: 1 pA – 50 nA, 4. Niezależna regulacja prądu i napięcia przyspieszającego, 5. Układ pomiaru prądu wiązki na próbce obejmujący miernik (zewnętrzny lub w ustroju mikroskopu) i puszkę Faradaya. |
| 11. Detektory obrazowe | 1. Detektor elektronów wtórnych typu ETD, 2. Detektor elektronów wtórnych w trybie niskiej próżni, 3. Co najmniej dwa detektory wewnątrzkolumnowe rozmieszczone na różnych wysokościach kolumny elektronowej, w tym:  * detektor do detekcji elektronów SE, * detektor do detekcji elektronów BSE,  1. Detektor wewnątrzkolumnowy BSE pracujący w wysokiej i niskiej próżni, 2. Możliwość przyszłej rozbudowy o podkolumnowy detektor BSE na automatycznie wsuwanym ramieniu, potwierdzona w chwili składania oferty, 3. Możliwość jednoczesnego zbierania obrazu z co najmniej 4 detektorów, w tym dwóch wewnątrzkolumnowych oraz wyświetlania tych obrazów na ekranie jednego komputera w obrębie interfejsu użytkownika. |
| 12. Kompatybilność ze spektrometrem Ramana | Wsunięte ramię interfejsu Raman-SEM nie może zakrywać sygnału na co najmniej jednym detektorze obrazowym. |
| 13. Skanowanie wiązki i akwizycja obrazów SEM | 1. Mnimalny zakres czasów postoju wiązki w punkcie: od 25 ns do 25 ms, 2. Integracja wielu ramek z automatyczną korekcją dryfu, 3. Integracja liniowa, tj. wielokrotne skanowanie każdej linii ramki celem poprawy stosunku sygnał/szum, 4. Skanowanie przeplatane co wybraną ,zdefiniowaną przez użytkownika linię celem minimalizacji ładowania się próbki. |
| 14. Komora mikroskopu | 1. Szerokość komory nie mniejsza niż 340 mm, 2. Co najmniej 12 portów/flanszy. |
| 15. Nawigacja próbek i podgląd komory | 1. Kamera CCD z podświetlaniem IR; obraz z tej kamery musi być wyświetlany w oprogramowaniu mikroskopu, 2. Zintegrowana kamera cyfrowa umieszczona w komorze mikroskopu o rozdzielczości ≥5 megapikseli i polu widzenia obejmującym cały stolik z próbkami. Uzyskane obrazy muszą być wyświetlane w interfejsie użytkownika i w sposób automatyczny przypisywane do koordynat przesuwu stolika. |
| 16. Goniometr i stolik próbek | 1. Zmotoryzowany w 5-ciu osiach i o zakresach ruchu:  * X i Y: ≥110 mm, * Z: ≥60 mm, * obrót wokół osi w zakresie 360° stopni dla wszystkich położeń X,Y bez utraty pola widzenia, * pochył w zakresie nie mniejszym niż od -10° do +80°,  1. udźwig ≥5 kg, 2. stolik próbek do jednoczesnego zamocowania co najmniej 15 standardowych ministolików okrągłych (średnica 12,7 mm) i z uchwytem na co najmniej 10 siateczek TEM. |
| 17. Justowanie kolumny elektronowej | Wymagana automatyzacja, tj. automatyczne przeprowadzanie przynajmniej następujących procedur niezbędnych do bezproblemowej zmiany napięcia i prądu wiązki: utrzymywanie wiązki w polu widzenia (cross-over), optymalizacja wiązki wejściowej (gun tilt/shift), ostrzenie i stygmowanie. |
| 18. Oprogramowanie do akwizycji obrazów wielkopowierzchniowych | Zautomatyzowana akwizycja obrazów SEM z dużych obszarów próbki realizowana przez sekwencyjny przesuw stolika próbki oraz zszywanie uzyskanych zdjęć składowych wraz z korekcją przesunięć na ich granicach.  Oprogramowanie musi realizować ten sposób obrazowania:   * z wykorzystaniem wszystkich oferowanych detektorów obrazowych, * w dowolnym, wskazanym obszarze próbki i wielu jej obszarach i na wielu próbkach, w tym także na siateczkach TEM, * dodatkowo, oprogramowanie musi posiadać wersję offline do przeglądania uzyskanych zdjęć wielkoformatowych. |
| 19. Oprogramowanie sterujące pracą mikroskopu | 1. Oprogramowanie sterujące pracą mikroskopu musi umożliwiać:  * korekcję astygmatyzmu, ustawienie ostrości obrazu, ustawienie jasności i kontrastu obrazu, ustawienie wiązki w osi optycznej (lens alignment) wszystkie w sposób ręczny i automatyczny, * ustawienie parametrów pracy urządzenia takich jak: powiększenie, energia elektronów pierwotnych, wybór trybu obrazowania, * akwizycję i zapisywanie (wraz z zestawem wszystkich parametrów pracy mikroskopu) obrazów o maksymalnej rozdzielczości minimum 25 megapikseli w co najmniej następujących przyjętych standardach: TIFF, BMP i JPEG w skali szarości nie mniejszej niż 24 bity, * zapisanie jednocześnie zarejestrowanych obrazów przy użyciu przyrostowej nazwy pliku, * rejestrację sekwencji video w formacie .avi, * podstawowe pomiary odległości, pól powierzchni i kątów bezpośrednio na ekranie monitora z zapisem rezultatów pomiaru, * zapisywanie i przywoływanie parametrów skanowania (takich jak: czas postoju wiązki w punkcie, sposób skanowania itd.). W danym momencie oprogramowanie powinno dawać dostęp do co najmniej 6 zestawów takich parametrów, * zapamiętywanie i przywoływanie ostatnich 20 ustawień mikroskopu (itd. parametrów wiązki i skanowania, ustawień stygmatorów) na zasadzie funkcji „cofnij”,  1. oprogramowanie sterujące mikroskopu i wszystkie aplikacje specjalistyczne dołączone do oferowanego urządzenia muszą być uruchamiane w systemie operacyjnym co najmniej MS Windows 10 lub równoważnym i kompatybilne z innymi standardowymi programami środowiska Microsoft Windows. |
| 20. Zewnętrzny panel operacyjny | Pozwalający na regulację podstawowych, często używanych parametrów i funkcji, minimum następujących: ostrość, powiększenie, jasność, kontrast, korekcja astygmatyzmu. |
| 21. Zestaw komputerowy | Zestaw komputerowy umożliwiający wygodną i wydajną obsługę mikroskopu oraz jego oprogramowania zwierający:   1. jednostkę główną, 2. co najmniej 2 kolorowe monitory LCD o przekątnej minimum 24 cale wraz z dedykowanym uchwytem montażowym, 3. klawiaturę i mysz, 4. dedykowane biurko operatora wraz z fotelem. |
| 22. Diagnostyka zdalna | Urządzenie musi być wyposażone w system do zdalnej diagnostyki i analizy stanu urządzenia za pośrednictwem sieci Internet na potrzeby serwisowe. |
| 23. System próżniowy | 1. w pełni bezolejowy, 2. możliwość zapowietrzania komory mikroskopu w sposób automatyczny czystym azotem. |
| **C. Wymagania wspólne (system ramanowski i mikroskop SEM)** | |
| 24. Zasilanie | Urządzenia muszą być przystosowane do zasilania sieciowego 230 V/50 Hz. |
| 25. Układ chłodzenia | Należy dostarczyć kompatybilny, zamknięty układ chłodzenia wodnego (ang. chiller), o ile bieżące urządzenia Zamawiającego nie spełnią tej roli. |
| 22. Kompresor | Urządzenie musi być wyposażone w kompresor powietrzny o parametrach odpowiednich do prawidłowego funkcjonowania mikroskopu i spektrometru ramanowskiego. |
| 23. Układ podtrzymywania napięcia | Z urządzeniem należy dostarczyć automatyczny układ podtrzymywania zasilania (UPS) na minimum 15 minut wraz z niezbędnym okablowaniem. |
| 24. Kompletność dostawy | Urządzenia muszą być dostarczone w stanie gotowym do pracy bez konieczności kupna dodatkowych przystawek, okablowania, wtyczek, adapterów, reduktorów, licencji, urządzeń niezbędnych do jego uruchomienia i prawidłowego funkcjonowania.  Urządzenia muszą zawierać zestaw wszystkich potrzebnych przewodów (kabli elektrycznych, światłowodowych i innych) do połączeń, o długościach wystarczających do podłączenia mikroskopu, kompresora, systemu chłodzenia i UPS oraz elementów systemy ramanowskiego. |
| 25. Instalacja | Dostawca jest odpowiedzialny za proces posadowienia, instalacji i uruchomienia urządzeń, w tym integrację interfejsu Raman-SEM z mikroskopem i jego justowanie pod kątem optymalizacji sygnału. Materiały instalacyjne zapewnia dostawca. |
| 26. Testy akceptacyjne | W ramach testu akceptacyjnego w miejscu instalacji wymaga się przeprowadzenia następujących czynności:   1. sprawdzenie prawidłowości działania i funkcjonalności dostarczonych urządzeń, 2. test spójności pola widzenia spektrometru ramanowskiego z polem widzenia SEM, 3. test zdolności rozdzielczej SEM zgodnie ze specyfikacją.   Wykonawca musi zapewnić warunki i materiały niezbędne do przeprowadzenia testów. |
| 27. Szkolenia | 1. Minimum jednodniowy instruktaż stanowiskowy z obsługi systemu ramanowskiego w trakcie instalacji dla minimum dwóch osób, 2. Minimum jednodniowy instruktaż stanowiskowy z obsługi mikroskopu SEM w trakcie instalacji dla minimum trzech osób. |
| 28. Dokumentacja | Instrukcja obsługi mikroskopu i spektrometru ramanowskiego w języku polskim lub angielskim. Obsługa wszystkich urządzeń i ich elementów musi być możliwa przy wykorzystaniu języka polskiego lub angielskiego (dotyczy to w szczególności opisu elementów sterujących na konsolach, klawiaturze, urządzeniach itd.). |
| 29. Gwarancja | Minimum 1 rok na mikroskop i spektrometr ramanowski.  Podczas obowiązywania gwarancji, wykonywanie corocznych przeglądów. |