

Dotyczy: Postępowanie o udzielenie zamówienia publicznego prowadzone w trybie przetargu nieograniczonego na dostawę wysokorozdzielczego transmisyjnego mikroskopu elektronowego (HRTEM) wraz z wyposażeniem. Znak (numer referencyjny) postępowania: **ZP/WTiICH/1/2022/P**

Załącznik nr 2 SWZ

OPIS TECHNICZNO-ZAKRESOWY PRZEDMIOTU DOSTAWY

Wysokorozdzielczy transmisyjny mikroskop elektronowy (HRTEM) – dalej „Mikroskop”

1. Oferowane urządzenie (Mikroskop) musi być ultrawysokorozdzielczym mikroskopem pracującym w trybie TEM i STEM oraz wyposażonym w dwa korektory aberracji sferycznej - obrazu i wiązki.
2. Zakres napięć przyspieszających Mikroskopu musi mieścić się w zakresie co najmniej od 30 kV do 300 kV.
3. Mikroskop musi mieć możliwość zdalnej obsługi przy użyciu innego komputera niż tylko komputer przyłączony do Mikroskopu (o którym mowa w pkt 37 ppkt 1 poniżej), a wszystkie apertury Mikroskopu muszą być wprowadzane i wyprowadzane automatycznie.
4. Mikroskop musi posiadać bezolejowy system próżniowy.
5. Mikroskop musi posiadać urządzenie zewnętrzne do czyszczenia plazmowego i wymagane do niego akcesoria, tj. minimum uchwyt do wszystkich komercyjnie dostępnych holderów w mikroskopie TEM, oraz bezolejowy system próżniowy.
6. Mikroskop musi być fabrycznie wyjustowany do pracy w napięciach 300 kV, 80 kV i 60 kV oraz umożliwiać szybkie przełączanie między nimi.
7. Mikroskop musi posiadać źródło z zimną lub termicznie wspomaganą emisją polową.
8. Mikroskop musi generować wiązkę elektronową o rozmyciu energetycznym $\leq 0,4$ eV przy 300 kV, mierzonym w czasie 1 sekundy.
9. Jasność źródła elektronów przy 300 kV musi być większa niż $1,8 \times 10^9$ A /cm²·sr.
10. Dryf wiązki elektronowej nie może przekraczać 0,5 nm/min.
11. Dryf preparatu nie może być większy niż 0,5 nm/min.
12. Maksymalny prąd wiązki nie może być mniejszy niż 20 nA.
13. Rozdzielczość w trybie STEM musi wynosić ≤ 60 pm dla 300 kV (do wykazania w miejscu instalacji).
14. Limit informacyjny w trybie TEM musi wynosić ≤ 60 pm dla 300 kV (do wykazania w miejscu instalacji).
15. System detektorów dla trybu STEM musi posiadać co najmniej 8 niezależnych segmentów.
16. System detekcji STEM musi być w stanie jednocześnie rejestrować obrazy HAADF, ADF, ABF i BF.

17. Maksymalna rozdzielczość rejestracji obrazów STEM nie może być gorsza niż 4kx4k pikseli.
18. Mikroskop musi posiadać deflektor utrzymujący wiązkę równoległe do osi optycznej w trakcie skanowania w trybie STEM (funkcja descan).
19. Urządzenie (Mikroskop) musi być wyposażone w system detekcji oparty na spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (system detekcji EDS) składający się z co najmniej dwóch detektorów bezokienkowych wykonanych w technologii SDD z łącznym kątem bryłowym co najmniej 0,7 sr. System detekcji EDS musi być zintegrowany z głównym oprogramowaniem do obsługi mikroskopu, a odczyt sygnału EDS i czasu martwego każdego detektora musi być niezależny.
20. Rozdzielczość energetyczna systemu detekcji EDS musi wynosić ≤ 136 eV przy 10 kcps zliczeń.
21. Stosunek sygnał/tło systemu EDS na próbce NiO_x, tj. liczba Fiori, nie może być gorszy niż $\geq 2\ 000$
22. Wraz z Mikroskopem należy zapewnić i zamontować w ramach realizacji przedmiotu zamówienia zewnątrzcolumnowy spektrometr strat energii elektronów (detektor EELS) wraz z oprogramowaniem sterującym. Wskazany spektrometr musi posiadać następujące parametry:
 - 1) maksymalne napięcie przyspieszające: 300 kV;
 - 2) rozdzielczość energetyczna przy 300 kV: $\leq 0,15$ eV;
 - 3) liczba kanałów detektora rejestrującego sygnał: ≥ 2048 ;
 - 4) zakres dostępnych strat energii przy 300 kV: minimum od 0 do 2 keV;
 - 5) maksymalna szybkość akwizycji: ≥ 5000 widm/s;
 - 6) apertury wejściowe: minimum 2;
 - 7) możliwość równoległej akwizycji dwóch definiowalnych zakresów widmowych (tzw. DualEELS);
 - 8) sterowanie z poziomu oprogramowania Mikroskopu.
23. Goniometr Mikroskopu musi być zmotoryzowany we wszystkich osiach. Ponadto musi on posiadać precyzyjny układ sterowania w kierunkach X, Y i Z z wykorzystaniem przetworników piezoelektrycznych. Zakresy ruchu piezo muszą wynosić $\geq 1,25$ μm dla osi X i Y oraz $\geq 0,25$ μm dla osi Z, a minimalny krok nie może być gorszy niż 20 pm.
24. Mikroskop musi być wyposażony w niezależnie sterowaną soczewkę do mikroskopii Lorentza. Limit informacyjny obrazów Lorentz-TEM przy 300 kV zarejestrowanych z aktywnym korektorem obrazu musi wynosić $\leq 1,0$ nm.
25. Mikroskop musi posiadać podcolumnową, wysuwaną kamerę typu CMOS 4kx4k do obrazowania i dyfrakcji TEM. Kamera musi być zintegrowana z głównym oprogramowaniem do obsługi mikroskopu. Rozmiar piksela kamery musi wynosić co najmniej 14 μm . Do badań *in-situ* kamera musi mieć prędkość nagrywania co najmniej 25 klatek/s przy rozdzielczości 4kx4k i 300 klatek/s przy 512x512. Na wyposażeniu Mikroskopu

musi znaleźć się dodatkowy komputer do zarządzania danymi rejestrowanymi przez kamerę TEM, tj. komputer, o którym mowa w pkt 37 pkt 1 poniżej.

26. Kamera CMOS musi zapewnić rotację obrazu TEM na żywo.
27. Optyka Mikroskopu musi mieć możliwość obrazowania TEM bez rotacji obrazu we wszystkich trybach powiększeń.
28. Na wyposażeniu Mikroskopu winny znajdować się (być zapewnione w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) następujące uchwyty (holdery):
 - 1) uchwyt jednopochyłowy (pochył α),
 - 2) uchwyt dwupochyłowy (pochyły α i β),
 - 3) analityczny uchwyt dwupochyłowy zoptymalizowany do układu EDS o nachyleniach w minimalnych zakresach: ± 30 stopni (α) i ± 25 stopni (β),
 - 4) analityczny uchwyt do tomografii (w tym tomografii EDS) umożliwiający zbieranie serii nachyleń w zakresie co najmniej ± 70 stopni (pochył α),
 - 5) uchwyt do badań próbek biologicznych i nanomateriałów w Mikroskopie w środowisku ciekłym (uchwyt ciekłowy do pomiarów *in-situ*).
29. Geometria soczewki obiektywowej, zwłaszcza odległość między nabiegunnikami, musi umożliwiać stosowanie specjalistycznych uchwytów *in-situ* (takich jak np. zapewniany w ramach realizacji przedmiotu zamówienia uchwyt ciekłowy, o którym mowa w pkt 28 ppkt 5 powyżej) bez konieczności doraźnej wymiany nabiegunników na inne.
30. Mikroskop musi być wyposażony w zintegrowane oprogramowanie pozwalające na automatyczne zbieranie obrazów TEM z dużych obszarów (tzw. obrazowanie wielkopowierzchniowe), realizowane przez przesuw stolika i zszywanie uzyskanych zdjęć składowych wraz z korekcją ewentualnych przesunięć na ich granicach. Oprogramowanie oprócz wersji *online* do akwizycji musi posiadać wersję *offline* do przeglądania danych.
31. Należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) oprogramowanie do techniki 4D-STEM, tj. do automatycznej rejestracji obrazów dyfrakcyjnych na kamerze podkolumnowej w każdym punkcie skanowania obrazu.
32. Oprogramowanie Mikroskopu musi wyświetlać zakresy kątów zbierania elektronów przez wszystkie dostępne detektory STEM, w zależności od stosowanej długości kamery i wysokiego napięcia.
33. Należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) oprogramowanie do automatycznej akwizycji tomografii TEM, STEM i STEM-EDS.
34. Należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) zestaw programów do rekonstrukcji 3D serii oraz wizualizacji i segmentacji 3D.
35. Oprogramowanie i osprzęt Mikroskopu oprócz tradycyjnej rejestracji obrazów w TEM (jeden obraz o zadanym czasie akwizycji) i STEM (jeden skan o zadanym czasie postoju wiązki w punkcie) musi umożliwiać również akwizycję seryjną TEM i STEM, gdzie kolejne obrazy rejestrowane w krótkich czasach są automatycznie korygowane o dryf i sumowane.

36. Mikroskop musi mieć możliwość obsługi skryptów, w tym pisanych w języku Python.
37. Wraz z Mikroskopem należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia):
 - 1) Dwa komputery do zarządzania danymi (wraz z dwoma monitorami), przy czym jeden z nich to komputer (z monitorem) do zarządzania danymi rejestrowanymi przez kamerę TEM, o którym mowa w pkt 25 powyżej,
 - 2) Dedykowane biurko (stół) stanowiące posadowienie dla komputerów i monitorów z pkt 1) powyżej i pozostałego wyposażenia Mikroskopu niezbędnego do jego obsługi i sterowania (w tym panelu sterowania, klawiatury, myszy, itp.),
 - 3) Dedykowany stół do posadowienia wyposażenia dodatkowego: urządzenia zewnętrznego do czyszczenia plazmowego (pkt . 5 powyżej), ultramikrotomu (pkt. 39 poniżej), systemu polerowania jonowego (pkt. 40 poniżej),
38. Mikroskop musi mieć zintegrowany system kompensacji drgań mechanicznych wyczulony na tłumienie niskich częstotliwości 1-4 Hz.
39. Wraz z Mikroskopem należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) ultramikrotom zapewniający łatwe przygotowanie cienkich i ultra cienkich skrawków o perfekcyjnie gładkiej powierzchni, umożliwiające sterowanie szybkością cięcia, oraz regulację kroku posuwu. Ultramikrotom powinien mieć możliwość otrzymywania skrawków w zakresie $\leq 15 \mu\text{m}$, posiadać regulowane okno cięcia, automatyczny posuw preparatu z silnikiem krokowym, obracany blok noża w zakresie 360 stopni oraz regulację kąta nachylenia noża.
40. Wraz z Mikroskopem należy zapewnić (jako wymagane wyposażenie w ramach realizacji przedmiotu zamówienia) precyzyjny system polerowania jonowego do przygotowywania próbek. Urządzenie musi umożliwiać polerowanie próbek za pomocą jednego odpompowania, możliwość polerowania próbek do 32 mm.