****

**OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA**

**dostawa mikroskopu sił atomowych AFM**

Zakup obejmuje dostarczenie fabrycznie nowego mikroskopu sił atomowych posiadającego następujące cechy:

1. **Układ skanowania**
   1. Układ skanowania z ruchomą sondą w osiach XYZ oraz nieruchomą próbką
   2. Skaner musi zapewniać pomiary AFM we wszystkich wymaganych aplikacjach, bez potrzeby stosowania wielu skanerów.
   3. Poziom szumów w osi Z (wysokość) nie gorszy niż 30 pm (<0,030 nm) RMS
   4. Zbliżanie sondy do powierzchni w sposób zmotoryzowany, z wyeliminowanym ruchem bocznym sondy lub inne rozwiązanie równoważne zapewniające, że użytkownik bez ingerencji ze swojej strony może zbliżyć igłę do powierzchni w żądanym punkcie.
   5. Skaner musi mieć minimalny zakres wynoszący co najmniej 80 μm w osiach XY oraz minimalny zakres wynoszący 10 μm w osi Z.
   6. Układ skanowania musi umożliwić pracą zarówno w zamkniętej jak i w otwartej pętli sprzężenia zwrotnego.
   7. Piezoelement używany do wzbudzania oscylacji dźwigni w trybach AC musi znajdować się wewnątrz uchwytu końcówki, bezpośrednio pod podłożem sondy.
   8. Głowica skanująca musi wykorzystywać niskoszumowy czerwony laser.
   9. Poziom szumu w closed‑loop XY powinien być nie większy niż 150 pm RMS przy typowej szerokości pasma obrazowania (625 Hz).
   10. Poziom szumów w osi Z powinien być nie większy niż 35 pm RMS przy typowej szerokości pasma obrazowania (625 Hz).
   11. Komercyjnie dostępne dźwignie o różnych rozmiarach muszą być możliwe do zamocowania w tej samej głowicy skanującej.
   12. Głowica skanująca musi być zoptymalizowana do szybkiego i stabilnego skanowania (4–20 Hz) przy użyciu komercyjnie dostępnych dźwigni. Musi być zaimplementowany tryb skanowania adaptacyjnego.
2. **Stolik próbek**
   1. Zmotoryzowany stolik XY kontrolowany z poziomu oprogramowania
   2. Stolik próbek sprzężony z układem próżniowym umożliwiający podciśnieniowe montowanie próbek na stoliku
   3. Możliwość zautomatyzowanego przesuwu w kierunkach XY w zakresie co najmniej 150 mm x 150 mm. Przesuw kontrolowany z poziomu oprogramowania.
   4. Powtarzalność pozycjonowania stolika próbek w jednym kierunku z dokładnością 3 μm lub lepszą.
   5. Pozycjonowanie stolika musi się odbywać z wykorzystaniem obrazu wideo przy użyciu myszy komputerowej lub joysticka.
3. **Układ optyczny**
   1. Mikroskop AFM musi zawierać optykę umożliwiającą podgląd próbki z góry z możliwością zautomatyzowanego ustawiania ostrości oraz zoom cyfrowy.
   2. Pole widzenia (FOV) musi być kontrolowane z poziomu oprogramowania i obejmować zakres co najmniej od 1200 μm do 200 μm.
   3. Rozdzielczość optyczna musi być nie gorsza niż 2 μm
   4. Układ optyczny musi mieć kontrolowane z poziomu oprogramowania białe podświetlenie LED.
   5. Układ optyczny musi zawierać obiektyw 10X
   6. Układ optyczny musi zawierać kamerę 5 Megapikseli lub lepszą oraz oprogramowanie do wyświetlania i przechwytywania obrazu optycznego
   7. Obiektyw podglądu optycznego musi być wymienialny przez użytkownika bez konieczności zdejmowania osłon.
4. **Wymagane tryby pracy**
   1. Tryb kontaktowy
   2. Tryb przerywanego kontaktu – Tapping Mode
   3. Tryb obrazowania ogólnego zastosowania o następujących cechach:
      1. automatyczna optymalizacja krytycznych parametrów obrazowania obejmujących wartość zadaną, wzmocnienia, szybkość skanowania oraz limit w osi Z.
      2. praca w oparciu o tryb obrazowania z przerywanym kontaktem bez potrzeby szukania częstotliwości rezonansowej dźwigni
      3. bezpośrednią kontrola siły igła – próbka na poziomie co najmniej 10 pN
      4. Tryb ten musi umożliwiać pracę w cieczy, także z wykorzystaniem celek cieczowych, elektrochemicznych oraz musi współpracować z układem grzewczym.
   4. Obrazowanie fazowe
   5. Spektroskopia siłowa w funkcji odległości ostrze-powierzchnia
   6. Tryb Force Volume
   7. Mikroskopia sił tarcia (lateralnych)
   8. Mikroskopia KPFM (Kelvin Probe Force Microscopy) (dwuprzebiegowa)
   9. Mikroskopia efektu piezoelektrycznego PFM
   10. Mikroskopia sił elektrostatycznych EFM
   11. Mikroskopia sił magnetycznych MFM
   12. Tryb Lift Mode
       * Topografia powinna być rejestrowana w pierwszym przebiegu. Inne właściwości jak np. magnetyczne powinny być rejestrowane w drugim przebiegu po tej samej linii co wcześniej zarejestrowana topografia jednak w pewnej ustalonej wysokości ponad próbką, np. 50 nm.
   13. Tryb obrazowania z jednoznacznym mapowaniem w ujęciu ilościowym takich właściwości materiałów jak adhezja oraz moduł Younga
       * Powinien umożliwiać pomiary z rozdzielczością lepszą niż 10 nm w czasie krótszym niż 10 minut na obraz.
       * Wymagany zakres wyznaczanego modułu Younga od 1 MPa do 50 GPa.
   14. Tryb umożliwiający wysokorozdzielcze (ograniczone tylko promieniem zaokrąglenia sondy pomiarowej) mapowanie przewodności elektrycznej w nierezonansowym trybie obrazowania oscylacyjnego z jednoczesnym mapowaniem właściwości nanomechanicznych, takich jak: topografia, adhezja, energia dyssypacji, deformacja. Tryb musi umożliwiać akwizycję z jednoczesnym wyświetlaniem map przewodności elektrycznej zarówno na próbkach miękkich jak i twardych
       * Poziom szumów w trybie kontaktowym musi być poniżej 60 fA, a w trybie oscylacji sondy poniżej 100 fA.
       * Musi zawierać poziomy wzmocnienia pokrywające zakres co najmniej od 100 fA do 1 µA
       * Musi zawierać możliwość przełączania wzmocnienia prądowego z poziomu oprogramowania bez zdejmowania uchwytu sond oraz bez utraty oddziaływania sonda-próbka.
       * Pasmo przenoszenia wzmacniacza prądowego musi być nie niższe od 10 kHz dla każdego ustawionego wzmocnienia.
       * Musi być możliwa praca w trybie kontaktowym, trybie rezonansu skrętnego oraz mapowania z wykorzystaniem krzywych siłowych.
       * W trybie kontaktowym musi być możliwość pracy przy ustalonym (stałym) napięciu lub ustalonym (stałym) natężeniu prądu. Podczas pracy w trybie prądu stałego sterowana programowo pętla sprzężenia zwrotnego reguluje napięcie próbki w celu uzyskania stałego prądu zdefiniowanego przez użytkownika.
       * Musi zawierać tryb umożliwiający gromadzenie danych w każdym pikselu obrazu: (1) widmo siła – odległość, (2) czas akwizycji widma I – V w każdym pikselu musi być poniżej 50 ms. W trybie mapowania z użyciem krzywych siłowych musi być możliwy jednoczesny pomiar i wyświetlanie następujących kanałów: topografia, moduł Younga, adhezja, wysycenie energii, deformacja, średnie natężenie prądu w chwili kontaktu, natężenie prądu przy maksymalnej sile.
       * Musi być możliwy pomiar w cieczy przy użyciu opcjonalnych, izolowanych sond, w których tylko końcówka sondy (tip) jest elektrycznie aktywna.
       * Musi zawierać tryb umożliwiający wyłączenie lasera w momencie obrazowania prądu rozpływu.
   15. Tryb KPFM

* Musi umożliwiać użytkownikowi wykonywanie pomiarów KPFM przy użyciu detekcji KPFM z modulacją amplitudową (AM) i modulacją częstotliwościową (FM).
* Musi umożliwiać kombinację KPFM z trybem Tapping Mode i trybem obrazowania z jednoznacznym mapowaniem w ujęciu ilościowym takich właściwości materiałów jak adhezja oraz moduł Younga z rozdzielczością co najmniej 10 nm. Wymagany zakres wyznaczanego modułu Younga - od 1 MPa do 50 GPa (minimalna częstotliwość cyklu zbliżania do próbki 2 kHz).
* Musi umożliwiać pomiar KPFM w trybie jednoprzebiegowym oraz w trybie dwuprzebiegowym.
* Jednoprzebiegowy pomiar KPFM musi zapewniać jednoczesną rejestrację następujących kanałów: topografia, moduł DMT, adhezja, energia rozproszenia, deformacja i potencjał powierzchniowy.
* Musi zawierać tryb wysokiego napięcia KPFM do +/- 100 V, bez konieczności stosowania wysokiego napięcia 100 V na próbce lub sondzie.
* Musi umożliwiać pełną automatyczną konfigurację parametrów KPFM, w których udane pomiary nie wymagają od użytkownika wykonania żadnej z poniższych czynności po włożeniu nowej sondy:
  + Dostrajanie częstotliwości
  + Ustawienie amplitudy
  + Ustawienie fazy
  + Ustawienie parametrów sprzężenia zwrotnego KPFM
  1. Tryb umożliwiający wyłączenie lasera w trakcie pomiaru dwuprzebiegowego do obrazowania przewodnictwa elektrycznego, w celu wyeliminowania artefaktów, które mogą być wywołane przez laser na próbkach światłoczułych
  2. Tryb szybkoskanujący wykorzystujący ten sam skaner w pełnym jego zakresie. Szybkość skanowania powinna być w zakresie minimum od 4 Hz do 20 Hz, a skanowanie musi odbywać się z wykorzystaniem dostępnych komercyjnie sond.
  3. Możliwość wielowymiarowych pomiarów (zbioru danych) w trybie pomiarów prądów rozpływu wraz z oprogramowaniem będącym w stanie wyodrębnić dowolne i wszystkie przekroje obrazu w danym zakresie napięcia polaryzacji oraz dowolne i wszystkie krzywe prądowo-napięciowe dla każdej współrzędnej XY, zapisane w jednym pliku z rozdzielczością co najmniej 512 x 512. Jednocześnie z informacjami elektrycznymi równolegle plik musi zawierać informacje o krzywych siłowych w każdym punkcie.
  + Oprogramowanie musi umożliwiać wyodrębnianie offline dowolnych przekrojów obrazów oraz krzywych napięcie‑sygnał dla każdej lokalizacji XY.
  + Oprogramowanie musi umożliwiać analizę offline krzywych siła‑odległość w celu wyznaczenia obrazów sztywności, modułu, deformacji i adhezji.
  + Pozyskiwanie wielowymiarowych danych musi odbywać się w trybie szybkiego mapowania sił (fast force volume). Tryb kontaktowy nie jest akceptowalny.
  + Szybkość zbliżania sondy do próbki musi być wyższa lub równa 100 Hz, a czas akwizycji krótszy lub równy 10 ms/piksel.
  + Przemiatania napięcia i częstotliwości muszą być możliwe w czasie krótszym lub równym 10 ms/piksel.
  1. Możliwość wyżej wymienionych wielowymiarowych pomiarów musi być także dostępna dla poniższych trybów elektrycznych:
     + Conductive AFM (C-AFM)
     + Tunneling AFM
     + Mikroskopia efektu piezoelektrycznego (PFM)
     + W trybie PFM musi być możliwe przemiatanie częstotliwości AC i pozyskiwanie widma rezonansu kontaktowego w każdej lokalizacji XY, z automatycznym wyznaczeniem amplitudy, częstotliwości i współczynnika Q (Quality Factor).

1. **Oprogramowanie**
   1. Mikroskop musi zawierać oprogramowanie sterujące jak i to służące analizie zebranych danych pomiarowych
   2. Możliwość obserwacji co najmniej 8 kanałów pomiarowych
   3. Pomiar wymiarów detali próbki na podstawie rejestrowanego na bieżąco obrazu
   4. Możliwość przeniesienia częściowo zeskanowanych obrazów podczas trwającego skanowania do pakietu analitycznego w celu natychmiastowej pełnej analizy jeszcze podczas trwającego gromadzenia danych.
   5. Bezpłatne aktualizacje oprogramowania bez ograniczeń czasowych (free software updates for lifetime). Licencja powinna zapewniać możliwość zainstalowania wersji offline oprogramowania mikroskopu na dowolnej liczbie komputerów, jaką wskaże Zamawiający.
   6. Oprogramowanie sterujące i analityczne musi być kompatybilne ze środowiskiem Windows.
2. **Charakterystyka funkcjonalna systemu**
   1. Wymagany system izolacji antywibracyjnej sprzężonej z komorą akustyczną
   2. Wymagane dostarczenie biurka komputerowego wraz z szufladami przeznaczonymi na komputer oraz kontrolery.
   3. Wraz z mikroskopem wymagane jest dostarczenie co najmniej 100 szt. sond pomiarowych dedykowanych do oferowanych trybów pomiarowych.
3. **Kontrola temperatury**
   * 1. System musi posiadać układ grzewczo–chłodzący pracujący co najmniej w zakresie temperatur od −30°C do +200°C.
     2. Przystawka do kontroli temperatury musi obejmować kontrolę środowiska z wejściem i wyjściem dla gazu obojętnego.
4. **Instalacja, serwis, wsparcie aplikacyjne**
   1. Wymagana co najmniej 12 miesięczna gwarancja
   2. Wymagane co najmniej 4 dni szkoleniowe dla co najmniej 3 osób
   3. Wymagany serwis polskojęzyczny z co najmniej 5-cio letnim doświadczeniem w instalacjach, serwisowaniu na terenie Polski oferowanych mikroskopów sił atomowych. Wymagane potwierdzanie odpowiednim certyfikatem producenta dostarczanym na etapie realizacji umowy.
   4. Wymagana instrukcja obsługi (dopuszczona jest instrukcja w języku angielskim) w formie cyfrowej
   5. Wymagane wykonie pomiarów wibracji w miejscu przeznaczenia w celu potwierdzenia możliwości instalacji