

Załącznik nr 4 do SWZ: Opis Przedmiotu Zamówienia do postępowania WF/6/ZP/2021

Opis Przedmiotu Zamówienia

Przedmiotem zamówienia jest dostawa niżej opisanych urządzeń o parametrach technicznych i funkcjonalnych **nie gorszych** niż wyspecyfikowane.

Przedmiot zamówienia musi pochodzić z legalnego źródła i być przeznaczony do użytkowania w Polsce.

Nazwa zamówienia: **Dostawa układu do nanoszenia cienkich warstw materiałów ceramicznych metodą ablacji laserowej Pulsed Laser Deposition (PLD) wraz z wyposażeniem dla Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej**

Nr referencyjny postępowania: WF/7/ZP/2021

Zamawiający nie dopuszcza w celu osiągnięcia wymaganych w OPZ wymagań technicznych i funkcjonalnych stosowania żadnych „przejściówek”, konwerterów, rozgałęziaczy itp., chyba, że zostały przewidziane w poniższym opisie.

Adres dostawy:

Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki
ul. Koszykowa 75
00-620 Warszawa

Wymagania Ogólne:

Lp.	Wymagania ogólne:
1.	Urządzenia muszą być fabrycznie nowe i nieużywane.
3.	W momencie oferowana wszystkie elementy oferowanej architektury muszą być dostępne (dostarczane) przez producenta.
4.	Urządzenia i ich komponenty muszą być oznakowane przez producentów w taki sposób, aby możliwa była identyfikacja zarówno produktu jak i producenta (dotyczy również komponentów urządzenia),
5.	Urządzenia muszą być dostarczone Zamawiającemu w oryginalnych opakowaniach fabrycznych producenta.
6.	Do każdego urządzenia musi być dostarczony komplet standardowej dokumentacji dla użytkownika w formie papierowej lub elektronicznej.
7.	Urządzenia muszą być zgodne z europejskimi normami dotyczącymi oznakowania CE.
8.	Wszystkie urządzenia muszą współpracować z siecią energetyczną o parametrach: 230 V ± 10%, 50 Hz.
9.	Firma serwisująca posiada wdrożony system jakości ISO 9001 lub normą równoważną na świadczenie usług serwisowych.
10.	Wyprodukowane po dniu 01.06.2021 r.

Układ do nanoszenia cienkich warstw materiałów ceramicznych metodą ablacji wiązką laserową – Pulsed Laser Deposition (PLD) – wraz z wyposażeniem, w skład którego wchodzi: dwie niezależne komory procesowe PLD o jednakowej konfiguracji, laser ekscymerowy z drogą optyczną i rozdzielaczem wiązki laserowej, komora atmosferyczna typu glovebox, napyłarka termiczna oraz wysokotemperaturowa komora procesowa.

Zestaw urządzeń musi wpisywać się w obszar 5 m × 5 m i być nie wyższy niż 2.5 m, licząc od podłoża do najwyższego punktu zestawu. Zestaw musi być skonstruowany w taki sposób, aby największy jego element składowy mógł być wprowadzony do laboratorium bez ingerencji w konstrukcję budynku. Zamawiający dopuszcza możliwość przeprowadzenia wizji lokalnej w miejscu instalacji układu.

Elementy składowe zestawu muszą spełniać minimalne wymagania zgodnie z niniejszą specyfikacją:

1. Komory procesowe typu PLD:

- 1.1. Dwie niezależne komory procesowe PLD powinny być wykonane z wysokogatunkowej stali nierdzewnej przystosowane do pracy w warunkach wysokiej próżni, rzędu 10^{-9} mbar, umieszczone na samonośnej ramie stalowej, wyposażone w niezależne układy: wytwarzania próżni oraz kontroli i monitorowania ciśnienia oraz atmosfery procesowej w każdej z komór procesowych.
- 1.2. Komory i osprzęt komór procesowych PLD muszą być skonfigurowane przez Wykonawcę w taki sposób, aby bez ingerowania w konstrukcję komór i/lub osprzętu możliwe było nanoszenie nanometrycznej grubości warstw tlenków metali, azotków metali, związków węgla i związków organicznych, nazywanych w dalszej części materiałami funkcjonalnymi. Konfiguracja komór procesowych PLD i ich wyposażenia musi umożliwiać nanoszenie warstw materiałów funkcjonalnych w próżni oraz z wykorzystaniem gazu procesowego: Ar, N₂, O₂ lub ich mieszaninach.
- 1.3. Proces ablacji oraz obsługa komór powinny być zmechanizowane, zautomatyzowane i kontrolowane za pomocą odpowiedniego oprogramowania dostarczonego, zainstalowanego i skonfigurowanego przez dostawcę na komputerze sterującym wchodzącym w skład zestawu. Komputer sterujący wraz z peryferiami musi być przygotowany i skonfigurowany przez Wykonawcę w taki sposób, aby zapewniał kontrolę nad poszczególnymi elementami układu. Minimalny stopień automatyzacji jest zdefiniowany w opisie części składowych zestawu.
- 1.4. Komory PLD muszą być połączone z komorą atmosferyczną typu glovebox pracującą w bezwodnej i beztlenowej atmosferze Ar, N₂ lub He. Połączenie komór PLD oraz komory typu glovebox musi umożliwiać dwukierunkowy transfer substratów, targetów, masek, czujników, etc. bez konieczności ekspozycji wnętrza komory procesowej na warunki zewnętrzne panujące w laboratorium.
- 1.5. Komory PLD powinny zapewnić możliwość umieszczenia substratów, targetów, masek, czujników, etc również od strony laboratorium za pomocą portu w ścianie komory procesowej PLD przy jednoczesnej ekspozycji wnętrza komory na warunki zewnętrzne.

1.6. Każda z komór procesowych PLD musi być wyposażona we wszystkie niezbędne porty, przepusty próżniowe, połączenia i adaptory służące integracji z pozostałymi elementami zestawu oraz okno umożliwiające obserwację procesu z zewnątrz i umożliwiać dalszą rozbudowę układu. Ułożenie i rozmiar portów muszą być skonsultowane i zaakceptowane przez Zamawiającego. Każda z komór procesowych PLD musi spełniać następujące warunki:

1.6. Wymagania dla komór procesowych PLD, dotyczące podłoży, na których osadzone są warstwy materiałów:

- 1.6.1. Maksymalny wymagany rozmiar podłoża: min. $\phi = 2''$, zapewniające równomierne pokrycie podłoża naniesioną warstwą z min. dokładnością do 5%, minimalny rozmiar podłoża: $\phi = 1''$;
- 1.6.2. Możliwość montowania podłoży o dowolnym rozmiarze (o przekątnej/średnicy do 2'') i kształcie (kolisty, kwadratowy, prostokątny) za pomocą adaptera dostarczonego przez Wykonawcę wg specyfikacji dostarczonej przez Zamawiającego na etapie realizacji zamówienia.
- 1.6.3. Podłoża montowane u góry komory; wzrost warstwy materiału funkcjonalnego odbywa się na dolnej powierzchni podłoża.
- 1.6.4. Montaż podłoża odbywa się na elemencie grzejnym umożliwiającym pracę ciągłą w stabilnej temperaturze min. 1000°C. Element grzejny musi być wyposażony w system monitorowania temperatury na substracie z dokładnością do 0.1°C; temperatura min. 1000°C musi być osiągnięta i utrzymywana zarówno w próżni, jak i w atmosferze procesowej Ar, N₂ i/lub O₂ oraz ich mieszaninach; temperatura musi być regulowana i monitorowana przez oprogramowanie zainstalowane na komputerze sterującym.
- 1.6.5. Sposób montowania podłoża musi umożliwiać jego rotację w czasie procesu depozycji; rotacja jest kontrolowana przez oprogramowanie zainstalowane na komputerze sterującym procesem.
- 1.6.6. Transfer, montaż i obsługa substratu mogą być manualne, półautomatyczne lub w pełni zautomatyzowane.
- 1.6.7. Montaż substratu musi umożliwiać zautomatyzowaną regulację odległości między podłożem a targetem z dokładnością do 500µm ± 1µm. Odległość pomiędzy podłożem a targetem powinna być kontrolowana przez oprogramowanie zainstalowane na komputerze sterującym.

1.7. Wymagania dotyczące targetów:

- 1.7.1. Maksymalny wymagany rozmiar targetu: $\phi = 2''$.
- 1.7.2. Możliwość stosowania mniejszych targetów za pomocą adapterów; minimalny wymagany rozmiar targetu $\phi = 12\text{mm}$.
- 1.7.3. Obsługa do 6-ciu targetów w jednym procesie za pomocą mechanizmu rotacyjnego; możliwość zmiany targetu w trakcie procesu ablacji, umożliwiającą nanoszenie struktur składających się z kolejnych warstw różnych materiałów (multi-layer);
- 1.7.5. Konstrukcja komór musi umożliwiać pomiar mocy lasera w miejscu zamontowania targetu, np. za pomocą czujnika umieszczonego w płaszczyźnie mechanizmu rotacyjnego; miernik mocy wiązki laserowej musi być zainstalowany w każdej z komór procesowych PLD; zakres pracy miernika

wiązki laserowej musi być dostosowany do maksymalnych parametrów pracy lasera ekscymerowego opisanego w pkt. 2.

- 1.7.6. Uchwyt targetów musi zapewniać możliwość rotacji targetu, z którego odbywa się ablacja, w celu równomiernego zużycia targetu; zakres rotacji targetu umożliwi dostosowanie do rozmiaru targetu w zakresie ok. $12 \div 50.8$ mm (górną granicą: 2"). Wybór targetu i sterowanie jego rotacją musi odbywać się automatycznie za pomocą oprogramowania sterującego procesem zainstalowanego na komputerze sterującym.

1.8. Wymagania dotyczące wyposażenia komór procesowych PLD:

- 1.8.1. Każda z komór procesowych PLD musi być wyposażona w czujnik grubości warstwy naniesionej, pracujący w trybie ciągłym służący do monitorowania grubości naniesionej warstwy; rozdzielczość pomiaru grubości warstwy musi wynosić min. 0.1 \AA , z szybkością odczytu min. 0.1 \AA/s . Odczyt pomiaru grubości warstwy musi być zintegrowany z oprogramowaniem sterującym procesem zainstalowanym na komputerze sterującym. Układ do pomiaru grubości warstwy musi zapewnić poprawny odczyt grubości warstwy w zakresie temperatur od 20 do 300°C .
- 1.8.2. Każda z komór procesowych musi być wyposażona w zautomatyzowany niezależny układ kontrolowania i monitorowania atmosfery procesowej, wytwarzanej przez mieszanie gazów N_2 , O_2 i/lub Ar. Regulacja składu atmosfery oraz ciśnienia panującego w komorze procesowej musi być zintegrowana z oprogramowaniem sterującym procesem zainstalowanym na komputerze sterującym.
- 1.8.3. Każda z komór musi być wyposażona w układ chłodzenia, zapewniający efektywne chłodzenie oraz kontrolę i monitoring temperatury poszczególnych elementów układu. Układ chłodzenia powinien pracować w obiegu zamkniętym i być zintegrowany z komorami procesowymi oraz automatyką procesu.
- 1.8.4. Każda z komór procesowych PLD musi być połączona z komorą atmosferyczną typu glovebox za pomocą transferów liniowych, umożliwiających transfer targetów i podłoży pomiędzy komorami procesowymi, a komorą atmosferyczną typu glovebox. Transfer liniowy musi być wyposażony w niezbędne zawory bramowe, śluzy, drzwi, układy regulacji ciśnienia. Proces transferu musi odbywać się w sposób automatyczny lub półautomatyczny, zarządzany za pomocą oprogramowania sterującego procesem zainstalowanego na komputerze sterującym.
- 1.8.5. Każda z komór procesowych PLD musi być wyposażona w układ wygrzewania komory do temperatury 150°C , w celu osuszenia komory i usunięcia pary wodnej oraz par rozpuszczalników; układ wygrzewania komory musi być wyposażony w niezależny miernik temperatury, ogranicznik temperaturowy oraz ogranicznik czasowy.
- 1.8.6. Każda z komór procesowych PLD powinna być wyposażona w oświetlenie LED umożliwiające obserwację wnętrza komory procesowej.
- 1.8.7. Każda z komór procesowych PLD musi być wyposażona w układ osłon oddzielających strefę, w której następuje depozycja materiałów od strefy, w której znajdują się elementy automatyki



i mechaniki, znajdujące się wewnątrz komory procesowej. Osłony muszą być możliwe do demontażu i czyszczenia mechanicznego oraz chemicznego. Osłony powinny być odporne na warunki atmosferyczne panujące wewnątrz komory procesowej. Wykonawca dostarcza po dwa komplety osłon, dla każdej z komór.

1.9. Wymagania dotyczące kontroli procesu w komorach procesowych PLD:

1.9.1. Elementy automatyki procesu powinny być zintegrowane z ramą nośną stanowiska PLD i/lub stanowić osobny moduł. Dostawca dostarcza wszystkie elementy i wykonuje wszystkie połączenia pomiędzy modułem automatyki a elementami składowymi i wyposażeniem komór procesowych, w tym układów wytwarzania, kontroli i pomiaru próżni, wytwarzania, kontroli i pomiaru atmosfery procesowej, układów grzania i chłodzenia, wytwarzania ciśnienia, kontroli zaworów, transferów, czujników grubości warstwy i innych elementów wykorzystywanych do kontroli procesu depozycji.

1.9.2. Automatyka systemu musi być sterowana komputerowo przez oprogramowanie zainstalowane i skonfigurowane przez Wykonawcę na komputerze (lub komputerach) sterującym, dostarczonym i skonfigurowanym przez Wykonawcę w taki sposób, aby zapewnić płynną, bezawaryjną i ergonomiczną pracę. Każda z komór procesowych PLD powinna być sterowana przez niezależny komputer sterujący, skonfigurowany i dostarczony przez Wykonawcę. Oprogramowanie sterujące musi umożliwiać sterowanie procesem transferu i obsługi targetów oraz podłoży (jeżeli Wykonawca oferuje automatyczne rozwiązanie), sterowanie procesem depozycji za pomocą receptur i makr (w tym: depozycja z pojedynczego targetu oraz depozycja z wielu targetów w jednym procesie – układy wielowarstwowe), sterowanie pracą i monitorowanie statusu pomp, czujników, zaworów, zasilaczy i pozostałych składowych układu PLD. Oprogramowanie sterujące musi posiadać interfejs graficzny umożliwiający dostosowanie widoku według potrzeb operatora. Oprogramowanie sterujące powinno oferować minimum trzy poziomy dostęp (użytkownik podstawowy, użytkownik zaawansowany, administrator), z możliwością dostosowania elementów widocznych/edytowalnych dla każdej z grup użytkowników. Zamawiający otrzymuje nielimitowaną czasowo licencję na dostarczone i zainstalowane oprogramowanie oraz jego uaktualnienia. Zamawiający zobowiązuje się do dostosowania dostarczonego oprogramowania do potrzeb Zamawiającego bez dodatkowych kosztów ze strony Zamawiającego w okresie trwania gwarancji.

2. Wymagania dotyczące lasera ekscymerowego – parametry minimalne:

- 2.1. Długość fali: 248nm;
- 2.2. Regulowana częstotliwość impulsów od 0 do min. 50Hz z max krokiem 1Hz;
- 2.3. Energia impulsu: min. 750mJ \pm 1%, średnia moc przy maksymalnej częstotliwości min. 30W;
- 2.4. Zasilanie jednofazowe 230V/50Hz;
- 2.5. Laser musi być wyposażony w układ chłodzenia, jeżeli jest wymagany do ciągłej pracy;



2.6. Laser musi być zintegrowany z komorami procesowymi PLD za pomocą odpowiedniej drogi optycznej; droga optyczna musi zawierać zwierciadło służące do przekierowania wiązki na wybraną przez użytkownika komorę procesową PLD – obrót zwierciadła powinien być zautomatyzowany, jeżeli jego mocowanie nie zapewnia wystarczającej precyzji pozycjonowania zwierciadła manualnie; droga optyczna musi być zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby zapewnić bezpieczeństwo osobom znajdującym się w pomieszczeniu, w którym zostanie zainstalowany; wraz z laserem musi być dostarczona szafa do przechowywania 50L butli gazowej zawierającej KrF, spełniająca standardy bezpieczeństwa dla KrF oraz wykonane połączenie gazowe pomiędzy butlą a laserem;

2.7. Laser musi być przygotowany przez Wykonawcę do pracy od razu po instalacji;

2.8. Laser musi być dostarczony wraz z min. trzema parami okularów ochronnych;

2.9. Obsługa i monitorowanie pracy lasera musi być zintegrowana z oprogramowaniem sterującym procesem ablacji, zainstalowanym na komputerze sterującym.

3 Wymagania dotyczące parametrów komór rękawicowych typu glovebox wraz z wyposażeniem:

3.1. Zestaw komór rękawicowych jest przeznaczony do pracy w atmosferze beztlenowej suchego Ar, N₂ lub He;

3.2. Zestaw składa się z dwóch komór zestawionych w następującej konfiguracji: komora lewa, dwurękawicowa (2G) i komora prawa, cztero-rękawicowa (4G) – oddzielone grodzią wyposażoną w szczelny wąż o średnicy min. 380mm, z drzwiami otwieranymi wertykalnie, wyposażonymi w siłownik pneumatyczny;

3.3. Komory powinny być obsługiwane przez jeden układ oczyszczania gazu, opisany w pkt. 3.18, sterowany automatycznie przez centralny moduł PLC za pomocą kolorowego ekranu dotykowego, umożliwiającą automatyczne włączenie/wyłączenie cyrkulacji, sterowanie śluzami wstępnymi, monitorowaniem parametrów atmosfery wewnątrz komór oraz sterowanie automatyczne zaworami służącymi do przedmuchu komór (tzw. Purge);

3.4. Komory muszą umożliwiać rozbudowę o dodatkowe opcje lub dodatkowe moduły;

3.5. System połączenia komór i orurowanie musi umożliwiać ich rozłączenie;

3.6. Kształt ramy komory musi umożliwiać instalację systemu oczyszczania gazów bezpośrednio pod komorą lub śluzami; system oczyszczania gazów i pompy nie mogą być zintegrowane z ramą nośną w celu uniknięcia przenoszenia drgań na komorę.

3.7. Układ orurowania równoległego do połączenia komór z systemem oczyszczania gazu musi umożliwiać zasilanie oraz wymianę gazu z systemem oczyszczania każdej z komór niezależnie (konfiguracja równoległa);

3.8. Budowa komór wraz z systemem pompującym umożliwia pracę w nad- i podciśnieniu;

3.9. Całkowite wymiary zewnętrzne zestawu komór, łącznie ze śluzami, układem oczyszczania gazu i podstawą muszą być nie mniejsze niż 3800mm(W) x 1000mm(D) x 1900mm(H) i nie większe niż 4100mm(W) x 1100mm(D) x 2000mm(H);

3.10. Wnętrze komory wykonane ze stali nierdzewnej;



- 3.11. Poszycie zewnętrzne wykonane ze stali nierdzewnej, malowanej;
- 3.12. Orurowanie instalacji komory w tym jednostki oczyszczającej atmosferę wykonane z wysokotopowej stali chromowo-niklowej;
- 3.13. Szczelność komory min. 0.05vol%/h wg normy ISO 10648-2;
- 3.14. Parametry komory lewej (2G):
 - 3.14.1. Wymiary wewnętrzne komory dwu-rękawicowej (2G) muszą być nie mniejsze niż 1100/750/850mm, i nie większe niż 1400/800/950mm.
 - 3.14.2. Komora na wzmocnionym stelażu ze stali nierdzewnej; podłoga komory musi utrzymać ciężar min. 250kg; każda z nóg stelażu wyposażona w kółka oraz stopki do unieruchomienia komory w miejscu instalacji; możliwość regulacji wysokości i poziomowania komory w zakresie min. +/- 50mm;
 - 3.14.3. Lewa ściana boczna komory dwu-rękawicowej (2G) musi być demontowana w celu rozbudowy o dodatkowe peryferia;
 - 3.14.4. Prawa ściana komory musi umożliwiać montaż dużej śluzy w przypadku rozłączenia komór;
 - 3.14.5. Szyba frontowa w standardzie Safety-Glass o podwyższonej odporności chemicznej i grubości min. 8mm.
 - 3.14.6. Komora wyposażona w dwa owalne porty rękawicowe o średnicy min. 200mm umieszczone na ścianie frontowej;
 - 3.14.7. Rękawice anatomiczne z kauczuku butylowego (grubość 0.4-0.5mm) – min. 2 zestawy po 2 szt.;
 - 3.14.8. Oświetlenie komory LED światłem białym montowane na zewnątrz komory;
 - 3.14.9. 3 poziomy półek o głębokości min. 200mm z rantem zabezpieczającym; regulowana wysokość półek, zamontowane na tylnej ścianie komory; wykonanie ze stali nierdzewnej;
 - 3.14.10. Przepusty:
 - 3.14.10.1. Przepust ISO DN KF40 zamknięty do dalszej rozbudowy– min. 2 sztuki;
 - 3.14.10.2. Przyłącze elektryczne 230V z listwą min. 6-ścio gniazdową zabezpieczoną bezpiecznikiem;
 - 3.14.10.3. Przepust 3/8” z manualnym zaworem na zewnątrz i wewnątrz komory – możliwość podłączenia linii próżniowej lub gazu procesowego – min. 2 sztuki;
 - 3.14.10.4. Automatyczny zawór do przedmuchu komory sterowany z poziomu kontrolera komory PLC – 1 sztuka;
 - 3.14.11. Filtry HEPA – 2 sztuki;
 - 3.14.12. Komora przystosowana do integracji z układem ewaporacyjnym do nanoszenia cienkich warstw metalicznych metodą PVD, zainstalowanym pod komorą zapewniającym dostęp do komory procesowej przez komorę rękawicową, opisanym w punkcie 4 oraz wysokotemperaturową komorą procesową, zainstalowaną na tylnej ścianie, opisaną w punkcie 5;
- 3.15. Parametry komory prawej (4G):



- 3.15.1. Wymiary wewnętrzne komory cztero-rękawicowej (4G) nie mniejsze niż 2400/750/850mm, i nie większe niż 2600/800/950mm.
 - 3.15.2. Komora na wzmocnionym stelażu ze stali nierdzewnej; podłoga komory musi utrzymać ciężar min. 250kg; każda z nóg stelażu wyposażona w kółka oraz stopki do unieruchomienia komory w miejscu instalacji; możliwość regulacji wysokości i poziomowania komory w zakresie min. +/- 50mm;
 - 3.15.3. Szyba frontowa z poliwęglanu lub wykonana w standardzie Safety-Glass o podwyższonej odporności chemicznej o grubości min. 8mm.
 - 3.15.4. Komora wyposażona w cztery owalne porty rękawicowe o średnicy min. 200mm umieszczone na ścianie frontowej;
 - 3.15.5. Rękawice anatomiczne z kauczuku butylowego (grubość 0.4-0.5mm) – min. 2 zestawy po 4 szt.;
 - 3.15.6. Oświetlenie komory LED światłem białym montowane na zewnątrz komory;
 - 3.15.7. Filtry HEPA – 2 sztuki;
 - 3.15.8. 3 poziomy półek o głębokości min. 200mm z rantem zabezpieczającym; regulowana wysokość półek, zamontowane na tylnej ścianie komory; wykonanie ze stali nierdzewnej;
 - 3.15.9. Przepusty:
 - 3.15.9.1. Przepust ISO DN KF40 zamknięty do dalszej rozbudowy– min. 4 sztuki;
 - 3.15.9.2. Przyłącze elektryczne 230V z listwą min. 6-ście gniazdową zabezpieczoną bezpiecznikiem;
 - 3.15.9.3. Przepust 3/8” z manualnym zaworem wewnątrz komory – możliwość podłączenia linii próżniowej lub gazu procesowego – min. 2 sztuki;
 - 3.15.9.4. Automatyczny zawór do przedmuchu komory sterowany z poziomu kontrolera komory PLC – 1 sztuka;
 - 3.15.10. Komora musi być przystosowana do integracji z dwoma układami PLD opisanymi w punkcie 1; połączenie komory rękawicowej z komorami procesowymi PLD musi umożliwiać ergonomiczną obsługę i transfer podłoży/targetów.
- 3.16. Śluzy:
- 3.16.1. Śluzy powinny być obsługiwane przez suchą pompę próżniową o min. wydajności 250 L/min; próżnia końcowa: 2×10^{-2} mbar;
 - 3.16.2. Śluza wstępna cylindryczna duża, układ horyzontalny, montowana na bocznej ścianie komory; wymiary wewnętrzne: min. 380mm średnicy, min. 600mm długości; wykończenie wewnętrzne: niskowęglowa stal nierdzewna, wyposażenie: stolik przesuwany podgrzewany (wymiar minimalne: 286 mm W x 571 mm L); Drzwi komory otwierane wertykalnie z siłownikiem; Pomiar ciśnienia głowicą próżniową w zakresie: 0 – 1013 mbar; Szczelność śluzy $< 10^{-5}$ mbar/s; Manualny lub automatyczny system wymiany atmosfery; Moduł grzania śluzy w formie hot-plate do temperatury min. 250°C, kompatybilny z warunkami próżni zapewniający



kontrolę tempa grzania i monitorowania temperatury z poziomu głównego modułu PLC lub osobnego modułu kontrolnego z wyświetlaczem.

3.16.3. Śluza wstępna cylindryczna mała, układ horyzontalny, montowana na prawej ścianie komory przed śluzą główną; wymiary wewnętrzne: min. 150 mm średnicy; 440 mm długości; wykończenie wewnętrzne: niskowęglowa stal nierdzewna; Automatyczny system wymiany atmosfery (min. 1-9 cykli, ewakuacja, napełnianie) zarządzany z centralnego dotykowego panelu sterowania; Szczelność śluzy min. $<10^{-5}$ mbar/s;

3.17. Sterowanie komorami za pomocą pojedynczego modułu PLC: wyświetlacz min. 7", dotykowy, kolorowy; możliwość zapisu logów i plików konfiguracyjnych z ostatnich min. 48h na zewnętrzny nośnik danych, np. pamięć USB/karta SD; automatyczne zarządzanie parametrami pracy komory, pomp, zaworów, systemów oczyszczania gazów z pozycji kontrolera; możliwość nadzorowania wartości ciśnienia, pomiarów O_2 (rozdzielczość min. 0.1 ppm) oraz H_2O (rozdzielczość min. 0.1 ppm) w ciągu ostatnich min. 24 godzin; kontrola ciśnienia: automatyczna w zakresie min. +/- 15 mbar + manualna regulacja ciśnienia: pedał nożny; w pełni automatyczna sekwencja regeneracji z automatycznym uruchomieniem cyrkulatora po regeneracji; regeneracja za pomocą gazu mieszanki gazu obojętnego z zawartością: 3-7% H_2 , tryb ECO w standardzie;

3.18. System oczyszczania atmosfery: System do pracy z komorą prawa oraz lewą, dedykowany do prac w ściśle kontrolowanej beztlenowej oraz bezwodnej atmosferze argonu lub azotu; Wymagana czystość atmosfery: $O_2 < 1$ ppm oraz $H_2O < 1$ ppm; Oczyszczanie komory/przedmuch (purge) kontrolowany automatycznie; System mobilny, niezintegrowany z ramą nośną komory w celu uniknięcia przenoszenia wibracji; Oczyszczanie gazu z: tlenu min. 40 L (<1 ppm O_2 w przypadku podłączenia systemu do komory rękawicowej o poziomie rozszczelnienia układu $< 0,05$ vol%/h); wilgoci: min. 1800 g (<1 ppm H_2O w przypadku podłączenia systemu do komory rękawicowej o poziomie rozszczelnienia układu ($< 0,05$ vol%/h); Zawory zabezpieczone inter-lockiem; Instalacja z niskowęglowej stali nierdzewnej;

3.19. Cyrkulator: Automatyczna regulacja szybkości obrotów w zależności od pomiarów stężenia z poziomu ekranu dotykowego; Maksymalny przepływ przez kolumnę: min. 100 m³/h; System musi być wyposażony w niezbędne przyłącza do reduktora gazu procesowego;

3.20. Analizatory bezobsługowe:

3.20.1. Czujnik tlenu (celka elektrochemiczna): Zakres pomiaru: min. 0-1000 ppm; Czułość: min. 0.1 ppm; Liniowość: min. ± 0.1 ppm w zakresie 0-10 ppm; ± 1 ppm w zakresie 10-100 ppm, ± 10 ppm w zakresie 100-1000 ppm;

3.20.2. Czujnik wilgoci: Zakres pomiaru: min. 0-1000 ppm; Czułość: min. 0.1 ppm; **Liniowość: min. ± 0.2 ppm w zakresie 0-10 ppm; min. ± 0.2 ppm w zakresie 10-100 ppm**

4. Napyłarka termiczna do nanoszenia cienkich warstw metalicznych metodą naporowania próżniowego (PVD). Napyłarka musi zostać zintegrowana przez dostawcę z komorą rękawicową typu glovebox, opisaną w punkcie 3.14. Instalacja napyłarki pod komorą dwu-rękawicową (2GB) z dostępem do wnętrza napyłarki od strony komory



rękawicowej. Połączenie napyłarki z gloveboxem nie może wpływać negatywnie na jakość atmosfery panującej wewnątrz gloveboxa ($<1\text{ppm O}_2$, $<1\text{ppm H}_2\text{O}$). Napyłarka musi spełniać następujące wymagania:

- 4.1. komora procesowa ma umożliwiać ergonomiczną pracę z poziomu komory rękawicowej i mieć wymiary nie mniejsze niż 400 x 350 x 350 mm; komora musi być wyposażona w demontowane osłony, chroniące komorę przed zanieczyszczeniami w trakcie depozycji;
- 4.2. układ próżniowy: składający się z suchej pompy próżni wstępnej oraz pompy turbomolekularnej oraz automatyki monitorującej i kontrolującej ciśnienie wewnątrz komory procesowej; wymagany poziom próżni wewnątrz komory procesowej wynosi min. 9×10^{-9} Torr; wymagany odczyt ciśnienia wewnątrz komory procesowej z panelu kontrolnego i/lub komputera sterującego; automatyczny purge komory procesowej;
- 4.3. minimum 4 niezależne źródła termiczne umożliwiające nanoszenie w sposób sekwencyjny, z czego przynajmniej 2 źródła muszą umożliwiać ko-depozycję; konstrukcja, wyposażenie i parametry urządzenia muszą umożliwiać rutynową depozycję litu, złota, platyny, miedzi, aluminium i innych metali; każde ze źródeł jest sterowane automatycznie za pomocą kontrolera i/lub komputera sterującego parametrami pracy każdego ze źródeł; sterowanie mocą grzewczą nie może wymagać od operatora ingerencji w połączenia elektryczne w urządzeniu; każde ze źródeł musi być wyposażone w automatycznie sterowaną przesłonę obsługiwaną z panelu kontrolnego i/lub komputera sterującego. **Zamawiający dopuszcza użycie przesłon manualnych pod warunkiem, że przesłony te będą obsługiwane niezależnie i będą całkowicie przesłaniać źródło, zapobiegając cross-kontaminacji. W przypadku dostawy przesłon manualnych Wykonawca dostarczy minimum dwa pełne zestawy przesłon manualnych.**
- 4.4. podłoża: mocowane są za pomocą uchwyty zamontowanego w górnej części komory procesowej, tak aby depozycja odbywała się od dołu do góry (wzrost warstwy na powierzchni podłoża zorientowanej w dół); komora umożliwia nanoszenie warstw na podłożach o średnicy min. 100mm; możliwe jest wykorzystanie mniejszych podłoży z wykorzystaniem adaptera dostarczonego przez dostawcę; uchwyt podłoża umożliwia rotację regulowaną automatycznie z panelu kontrolnego i/lub komputera sterującego w zakresie 10-30 rpm; uchwyt podłoża wyposażony jest w niezależną automatycznie sterowaną przesłonę obsługiwaną z panelu kontrolnego i/lub komputera sterującego;
- 4.5. kontrola narostu warstwy: komora procesowa jest wyposażona w czujnik grubości warstwy pracujący w trybie ciągłym służący do monitorowania grubości naniesionej warstwy; czujnik umieszczony jest w taki sposób, aby mierzona grubość warstwy nie różniła się od naniesionej na podłożu o 10%; rozdzielczość pomiaru grubości warstwy: min. 0.1 Å z szybkością odczytu min. 0.1 Å/s; układ pomiaru grubości warstwy dedykowany do pracy w warunkach nanoszenia Li oraz LiF; odczyt grubości warstwy możliwy z panelu kontrolnego i/lub komputera sterującego procesem; możliwość tworzenia, edytowania, usuwania, kopiowania receptur kontrolujących proces depozycji;
- 4.6. komputer sterujący z zainstalowanym oprogramowaniem kontrolnym do prowadzenia procesu depozycji;



5. Wysokotemperaturowa komora procesowa, zintegrowana z komorą rękawicową typu glovebox, opisaną w punkcie. 3.15, umożliwiającą prowadzenie procesów termicznych do temperatury min. 1600°C w próżni oraz atmosferze procesowej, powstałej z mieszania następujących gazów: O₂, N₂ i/lub Ar. Objętość i wymiary komory muszą umożliwić przeprowadzenie procesu termicznego jednocześnie na pięciu 2” podłożach. Komora musi być wyposażona w zestaw kontrolerów przepływu dla w/w gazów, sterowanych przez komputer kontrolujący proces termiczny. Komora termiczna musi być zintegrowana z komorą rękawicową w taki sposób, aby temperatura wewnątrz komory rękawicowej była stabilna – dopuszczalny wzrost temperatury wewnątrz komory rękawicowej przy maksymalnej temperaturze w komorze procesowej nie może przekroczyć 5°C.

Pozostałe wymagania:

6. Przed przystąpieniem do realizacji zamówienia Wykonawca zobowiązuje się dostarczyć dokumentację zawierającą schematy wykonawcze zestawu aparatury, pokazujące sposób zestawienia i połączenia poszczególnych elementów zestawu ze sobą. Zamawiający ma prawo do wprowadzenia zmian do zaproponowanego ułożenia i połączenia elementów zestawu, a Wykonawca zobowiązuje się do ich uwzględnienia. Realizacja zamówienia następuje po pisemnej akceptacji przez Zamawiającego.
7. Wykonawca wykona **instalację przedmiotu zamówienia**, obejmującą połączenie wszystkich komponentów składowych, **uruchomienie przedmiotu zamówienia**, przeprowadzenie kalibracji, instalację właściwego oprogramowania oraz **przeprowadzenie referencyjnych procesów**, demonstrujących pełną funkcjonalność dostarczonego przedmiotu zamówienia.
8. Wykonawca wraz z przedmiotem zamówienia dostarczy dokumentację (instrukcja obsługi w języku polskim lub angielskim). Dopuszcza się dostarczanie dokumentacji w postaci plików cyfrowych na płycie CD/DVD.
9. Po przeprowadzeniu instalacji opisanej w pkt. 7, Wykonawca przeprowadzi szkolenie z obsługi i czynności serwisowych przedmiotu przetargu dla min. 3 osób wskazanych przez Zamawiającego oraz zapewni materiały szkoleniowe w postaci drukowanej lub elektronicznej. Wykonawca zobowiązuje się dostarczyć wraz z przedmiotem przetargu startowy pakiet podłoży do celów kalibracyjnych oraz przeprowadzenia szkoleń.

Minimalny pakiet szkoleniowy podłoży powinien składać się z:

- | | |
|---|--------|
| a. podłoża krzemowe: $\phi 2''$, polerowane jednostronnie, orientacja <100>: | 20 szt |
| b. podłoża krzemowe: 10x10mm, polerowane, orientacja <100>: | 50 szt |
| c. podłoża kwarcowe: $\phi 2''$, polerowane: | 20 szt |
| d. podłoża MgO: 10x10mm, orientacja <100>: | 50 szt |
| e. przyrządu do cięcia substratów: | 2 szt |

Zamawiający wymaga również, aby Wykonawca świadczył wsparcie po szkoleniowe z zakresu obsługi, użytkowania i serwisowania sprzętu świadczone drogą mailową lub telefoniczną przez okres minimum 3 miesięcy od daty zakończenia szkolenia.

10. Wykonawca zobowiązuje się do udzielenia minimum **12-miesięcznej gwarancji** na dostarczony przedmiot postępowania. W ramach gwarancji Wykonawca zobowiązuje się: a) zapewnić serwis w języku polskim i/lub angielskim, b) czas reakcji serwisu: max. 24h od momentu zgłoszenia potrzeby serwisowej do podjęcia działania

przez serwis, c) dostarczenia wraz z przedmiotem zamówienia zestawu podstawowych elementów i narzędzi serwisowych.

11. Zakres przedmiotu zamówienia obejmuje dostawę towarów fabrycznie nowych, zmontowanych z fabrycznie nowych części i nieużywanych, w opakowaniach producenta, wolnych od wad materiałowych i prawnych, posiadających wymagane dopuszczenia do stosowania, nieużywane, w opakowaniach producenta, powinny spełniać wymagania wynikające z przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, być kompletne, to znaczy powinny być dostarczone wraz ze wszystkimi materiałami i akcesoriami niezbędnymi do jego uruchomienia i pracy zgodnie z przeznaczeniem, pochodzić z oficjalnego kanału dystrybucji zgodnie z wymaganiami ich odpowiednich producentów.