

Odůvodnění vymezení **technických podmínek** podle § 156 odst. 1 písm. c) zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách

Technická podmínka:

Odůvodnění

Depoziční vakuová aparatura musí splnit následující základní požadavky:

1. Vysoká kvalita a spolehlivost všech částí aparatury
2. Mezní tlak vakuové komory alespoň 5×10^{-5} Pa
3. Depoziční uniformita (rovnoměrnost) vrstev lepší než $\pm 2.0 \%$ na ploše o průměru 10 cm
4. Možnost depozice (naprašování) ze všech čtyř magnetronů najednou (jeden magnetron napájený z vysokovýkonného pulzního zdroje, dva z duálního zdroje a jeden ze stejnosměrného zdroje), za současné rotace, vyhřívání a RF předpětí vzorků
5. Přesné a reprodukovatelné nastavení teploty vzorků ($\pm 5^\circ\text{C}$) za současného radiofrekvenčního předpětí vzorků
6. Udržení (stabilizace) konstantního tlaku pracovních plynů ve vakuové komoře za použití následujících technik:
 - Regulace čerpací rychlosti vakuového systému pomocí řízení pozice deskového ventilu při konstantním průtoku pracovních plynů (Downstream control)
 - Regulace průtoků pracovních plynů při konstantní čerpací rychlosti systému (neměnná pozice deskového ventilu) (Upstream control)

Jedná se o nutné základní požadavky na depoziční aparaturu, které mají zajistit optimální podmínky pro využití aparatury k vědecko-výzkumné činnosti v programu P4:

Uvedený mezní tlak zajišťuje minimální znečištění (řádu několika %) vakuové komory (a tím i připravovaných vrstev) zbytkovými plyny, požadovaná uniformita vrstev (dle našich zkušeností postačují uvedená 2 %) zaručuje praktickou shodu všech vrstev deponovaných na celé ploše, možnost současné práce všech instalovaných zdrojů plazmatu umožňuje vytváření směsných vrstev a multivrstev nových vlastností.

Udržení konstantní teploty vzorků (podle našich zkušeností postačuje přesnost požadovaných 5 %), možnost připojení radiofrekvenčního předpětí a stabilita depozičního plazmatu zaručují stabilitu a opakovatelnost fyzikálních podmínek depozice, které jsou nutné pro pochopení a teoretický popis procesů probíhajících při růstu deponovaných vrstev, což jsou základní podmínky nalezení žádoucí možnosti řízení složení vrstev a jejich reprodukovatelnosti.

Dva požadované mody regulace pracovního tlaku (downstream, upstream control) jsou nejvýhodnější při depozici tenkých vrstev a jsou aktuálně používány v našich laboratořích (a rovněž ve všech světových výzkumných laboratořích).

Požadovaný depoziční vakuová aparatura se musí skládat z následujících částí:

Všeobecné rozměrové a další technické požadavky na hlavní depoziční komoru, umožní

A) Hlavní depoziční (naprašovací) komora

1. Válcovitá (vnitřní průměr 55-61 cm nebo 22-24 inch; vnitřní výška 43-46 cm nebo 17-18 inch) nebo pravoúhlá (vnitřní šířky a vnitřní výška 50-53 cm, nebo 20-21 inch) ultra-vysokovakuová depoziční komora z nerezové oceli, dobře přístupná ze všech stran a vhodná pro naprašování směrem nahoru [pro těsnění přírub je možné použít měděné nebo gumové těsnění (např. fluorokaučukové těsnění).

2. Standardní otvory:

Čtyři (4) otvory pro magnetrony, dále pro čerpací systém, držák substrátů, systém pro výměnu vzorků (load lock system), tlakové měrky, clonku držáku substrátů a zavzdušňovací ventil.

Další otvory:

3. Jeden extra otvor pro magnetron umístěný ve středu dolní příruby.

4. Jedno okénko do depoziční komory zabezpečené proti úniku radiofrekvenčního záření z komory a kryté clonkou.

5. Jeden víceúčelový otvor pro připojení plynového analyzátoru nebo hledače netěsností.

6. Speciální otvory:

- Dva protilehlé pravoúhlé otvory (vnitřní průměr 150 mm a vnitřní výška 200 mm) umístěné symetricky vzhledem k ose procházející skrz dva magnetronové terče a vzhledem k centrální ose depoziční komory.
- Horní hrana vzpřímeného magnetronu alespoň 60 mm nad spodním okrajem otvorů.
- Drážky pro těsnění přírub (např. pro fluorokaučukové těsnění) vyhloubené do depoziční komory, aby bylo možné použít deskovou přírubu bez drážky.

7. Záslepné příruby pro všechny nepoužité otvory.

8. Jeden zavzdušňovací ventil.

9. Dvě sady vložek do komory z nerezové oceli na ochranu stěn komory.

10. Pomocný (např. hydraulický nebo elektropneumatický) mechanismus pro manipulaci s odnímatelnými těžkými částmi komory (např. s horním víkem).

B) Vakuový čerpací systém

její napojení na ostatní části depoziční aparatury a dovolí připojení přídatných analytických přístrojů pro výzkum depozičního plazmatu, které jsou v programu P4 Evropského centra excelence NTIS naplánovány (např. optická emisní spektroskopie, hmotnostní a energiová analýza, laserová optická analýza CRDS, ... , rovněž případné připojení hledače netěsností)

Požadované rozměry komory jsou optimalizované pro instalaci a rozmístění všech požadovaných vnitřních součástí a všech vnějších provozních částí depoziční aparatury, pro parametry čerpacího systému a požadovaný mezní tlak.

Požadované ultra-vysokovakuové provedení, materiál nerezová ocel a nerezové vložky komory zaručují dosažení požadovaného mezního tlaku a spolu s ním zajišťují minimální znečištění vakuové komory zbytkovými plyny a tím také vysokou čistotu, kvalitu a reprodukovatelnost deponovaných tenkých vrstev.

Zvláštní otvor umožní přesun jednoho z magnetronů do středu komory a následnou kontrolu symetrie jeho depozice.

Okénko (4) do komory umožňuje optickou kontrolu umístění vnitřních částí komory a probíhající depozice vrstev.

Nestandardní obdélníkové otvory 150x200 mm, vakuově utěsněné, jsou potřebné pro optické analýzy depozičního plazmatu, kdy umožňují vertikální a horizontální posuvy světelného paprsku, procházejícího napříč celou komorou (a tím také průchod paprsku zvoleným místem plazmatu).

Aktuálně nepoužité otvory do vakuové komory je nutno zaslepit pro zajištění její těsnosti.

Zavzdušňovací ventil umožňuje napuštění komory vzduchem po ukončení depozice vrstev a následné otevření komory (po vyrovnání vnitřního a vnějšího tlaku).

Pomocný mechanismus umožní manipulaci s těžkým víkem komory při úpravách vnitřního uspořádání a při čištění komory.

Uvedené technické podmínky a parametry čerpacího systému zaručují (pro vakuovou komoru výše definované velikosti) relativně

1. Uzavírací a škrťací deskový ventil s krokovým motorem (alespoň 1000 pozic) mezi turbomolekulární vývěvou a hlavní depoziční komorou vybavený vstupním/výstupním signálem.
2. Šírokorozsahová turbomolekulární vývěva s čerpací rychlostí alespoň 1200 l s^{-1} (pro N_2) a s magnetickým ložiskem alespoň pro vysokovakuový konec vývěvy.
3. Měrka pro měření tlaku na výstupu turbomolekulární vývěvy vybavená analogovým výstupním signálem.
4. Vhodná bezolejová mechanická vývěva (čerpací rychlost alespoň $7,5 \text{ l s}^{-1}$ pro N_2 , mezní tlak menší než 10 Pa) s ventilem proti zpětnému nasátí.

rychlé dosažení požadovaného mezního tlaku (max. 3 hodiny) a jsou předpokladem pro velmi čisté, bezolejové prostředí ve vakuové komoře, nutné pro vysokou kvalitu vytvářených tenkých vrstev.

Požadovaný řízený uzavírací a škrťací deskový ventil je nezbytný pro požadovanou stabilizaci pracovního tlaku ve vakuové komoře ve dvou nejpoužívanějších modech činnosti (downstream, upstream).

Velký počet pozic (1000) je nutný pro kvazispojité průběhy regulace v širokém oboru tlaků, používaných při našem výzkumu ($0,05 \text{ Pa}$ až 50 Pa).

C) Plazmové (naprašovací) zdroje

1. Čtyři konfokální magnetrony (průměr terče 2" nebo 5 cm) v ultra-vysokovakuovém provedení, které musí umožnit činnost ve vyváženém i nevyváženém módu a rovněž práci s magnetickými materiály.
2. Naklápací mechanismus pro každý magnetron
3. Příslušenství pro napouštění plynu u terče (gas ring), ochrana terče před kontaminací z jiných magnetronů (magnetron chimney) a pneumatická clona pro každý magnetron

Průměr terče 5 cm je optimálně stanoven na základě našeho aktuálního výzkumu magnetronových plazmových depozic tenkých vrstev, ultra-vysokovakuové provedení je kompatibilní se stejným provedením vakuové komory.

Je vyžadována schopnost práce ve všech plazmových modech, v současnosti používaných v našich i všech světových laboratořích (vyvážený, nevyvážený, magnetický materiál).

Naklápací mechanismus pak zaručuje vysokou hodnotu depoziční uniformity tenké vrstvy. Příslušenství je potřebné pro rovnoměrné napouštění plynu a pro ochranu terče magnetronu

D) Měření tlaku pracovního plynu

1. Přesná kapacitní měrka (s rozsahem $0,1 \text{ mbar}$) pro hlavní naprašovací komoru s analogovým výstupním signálem.
2. Měrka pro nízké a vysoké vakuum nebo měrka s širokým rozsahem pro hlavní naprašovací komoru vybavená analogovým výstupním signálem
3. Ochranný uzavírací ventil (1 ks) pro kapacitní měrku.

Je vyžadováno měření tlaku ve vakuové komoře v oboru nízkého i vysokého vakua, tj. až k meznímu tlaku.

Přesná kapacitní měrka je nezbytně nutná pro přesné absolutní měření tlaku směsi plynů při depozici tenkých vrstev, její rozsah zahrnuje celou oblast možných tlaků pro požadované plazmové zdroje.

Analogové výstupy jsou optimální pro kontrolu a řízení tlaku.

Z důvodů vysoké citlivosti přesných kapacitních měrek je potřebný ochranný ventil, který umožní její odpojení při zavzdušnění komory.

E) Držák substrátů

1. Držák (1 ks) umožňující uchycení nosiče vzorků (substrate carrier) o průměru 4 inch nebo 10 cm a připojení radiofrekvenčního (RF) předpětí.
2. Jeden standardní nosič vzorků (průměr 4 inch nebo 10 cm)

Držák substrátů je nedílnou součástí depoziční aparatury. Udržuje substráty (kovové nebo křemíkové podložky, na kterých vznikají tenké vrstvy) v požadované vzdálenosti od zdrojů plazmatu.

Pro výzkum a řízení procesu vzniku nových unikátních nanostrukturních tenkovrstvých

3. Dva (2) speciální nosiče vzorků (průměr 4 inch nebo 10 cm) vhodné k uchycení 1 x křemíkového vzorku (5x35x0.64mm), 1 x křemíkového vzorku (20x20x0.64mm), 1 x kovového vzorku (20x20x1mm), 1 x skleněného vzorku (20x20x1mm) a minimálně pět (5) křemíkových vzorků (10x10x0.64mm).
4. Systém plynulé rotace vzorků (až do 20 otáček min⁻¹).
5. Systém ohřevu vzorků (nejméně do 850 °C) kompatibilní s pracovní atmosférou, která je převážně tvořena plyny argonu, kyslíku a dusíku o celkovém tlaku do 5 Pa.
6. Clona umožňující ochranu vzorků připevněných na nosiči v hlavní naprašovací komoře.
7. Možnost plynule nastavit vzdálenost vzorků od terče (alespoň v rozmezí 50 až 100 mm).

materiálů musí toto zařízení také zajistit ohřev, měření teploty a připojení radiofrekvenčního (RF) předpětí, při současné rotaci vzorků. Rovněž je nezbytná možnost zakrytí vzorků clonou při čištění katod plazmových zdrojů. Rozměrové údaje nosiče vzorků zajišťují uchycení požadovaného počtu a druhu substrátů, které jsou potřebné pro různé analýzy vrstev.

Další číselné údaje (vzdálenost vzorků od terče, maximální teplota ohřevu a rychlost rotace) vyplývají z výsledků výzkumu depozice tenkých vrstev, který aktuálně probíhá v našich stávajících laboratořích.

F) Systém pro výměnu vzorků bez zavzdušnění depoziční komory (load lock)

1. Pomocná vakuová komora umožňující výměnu nosiče vzorků (substrate carrier) o průměru 4 inch nebo 10 cm.
2. Deskový ventil mezi depoziční komorou a komorou pro výměnu nosiče vzorků.
3. Vhodná bezolejová mechanická vývěva (přídavná vývěva nebo vývěva sdílená s hlavní naprašovací komorou).
4. Vhodná turbomolekulární vývěva (alespoň 60 l s⁻¹ pro N₂).
5. Měrka pro kontrolu tlaku v komoře pro výměnu nosiče vzorků vybavená analogovým výstupním signálem.

Jde o pomocný, ale zásadně důležitý systém, který umožní výměnu deponovaných vzorků bez otevření depoziční vakuové komory.

Zamezí se tak kontaminaci vnitřku komory venkovní atmosférou a následnému znečištění vytvářených tenkovrstvých materiálů a také se výrazně zkrátí doba potřebná na vložení dalšího vzorku (až 100krát), čímž výrazně klesají náklady a zvyšuje se efektivita práce.

Její rozměry jsou určeny požadovaným rozměrem nosiče vzorků.

Uvedené požadavky na mechanickou a turbomolekulární vývěvu zaručují rychlé vyčerpání systému pro výměnu vzorků (do 15 minut).

Deskový ventil je nutný pro vakuové oddělení obou komor, tlaková měrka umožňuje sledování tlaku a nalezení vhodného okamžiku po otevření ventilu.

G) Přívod pracovních plynů

1. Čtyři nezávislé vstupy pro plyny (Ar, O₂, N₂ a jeden náhradní vstup) do hlavní depoziční komory (mixování plynu mimo depoziční komoru není možné).
2. Uzavíratelný pneumatický ventil pro každý přívod plynu.
3. Hmotnostní regulátor průtoku (4 ks) a jeho ovladač pro každý přívod plynu (100 sccm pro Ar a 50, 20, 10 sccm pro reaktivní plyny) vybavené analogovým vstupním/výstupním signálem.

Tyto požadavky zajišťují nezávislé přívody požadovaných reaktivních i nereaktivních pracovních plynů, používaných při našem výzkumu.

Distributor plynu s flexibilními trubičkami rozvádí plyny do potřebných míst depoziční komory.

Možné uzavření přívodu každého jednotlivého plynu, jeho regulaci (a měření) průtoku je nezbytné pro stanovení aktuálního složení plazmatu.

4. Jeden distributor plynu, který je možné připojit k jednomu z přívodů plynů.
5. Flexibilní trubičky (4 ks) (z nerezové oceli) pro každý přívod plynu, které umožní přivedení plynu do libovolného místa depoziční komory.
6. Náhradní průtokoměr pro každý přívod plynu (100, 50, 20 a 10 sccm)

Uvedené číselné rozsahy regulátorů jsou zvoleny podle zkušeností z našeho současného výzkumu plazmových depozic tenkých vrstev.

Jsou požadovány náhradní hmotnostní regulátory, protože rovněž podle našich zkušeností bývají tyto přístroje relativně často poruchové a jejich opravy výrazně zpomalují výzkumné práce.

H) Napájecí jednotky (elektrické zdroje)

1. Zdroj pro vysokovýkonové pulzní magnetronové naprašování (HiPIMS):

- Obdélníkový tvar pulzu.
- Průměrný výkon 10 kW.
- Maximální napětí v pulzu alespoň -2 kV.
- Maximální proud v pulzu alespoň 1 kA.
- Minimální opakovací frekvence pulzů méně než 50 Hz.
- Maximální opakovací frekvence pulzů alespoň 500 Hz.
- Maximální délka pulzu alespoň 200 μ s.
- Minimální délka pulzu méně než 20 μ s.
- Signál pro synchronizaci jiných zařízení.
- Konektor pro analogovou kontrolu.

2. Zdroj pro duální magnetronové naprašování:

- Obdélníkový tvar pulzu.
- Průměrný výkon 10 kW.
- Maximální napětí v pulzu alespoň -800 V.
- Maximální proud v pulzu alespoň 20 A.
- Minimální opakovací frekvence pulzů méně než 5 kHz v duálním módu.
- Maximální opakovací frekvence pulzů alespoň 50 kHz v duálním módu.
- Minimální střída 20 %.
- Maximální střída alespoň 80 %.
- Signál pro synchronizaci jiných zařízení (pokud možno).
- Konektor pro analogovou kontrolu.

3. Zdroj pro stejnosměrné (DC) magnetronové naprašování:

- Maximální napětí alespoň -1000 V.
- Maximální proud alespoň 1 A.
- Konektor pro analogovou kontrolu.

4. Vhodný zdroj s ladící jednotkou pro radiofrekvenční (RF) předpětí vzorků:

- Dostatečný výkon (alespoň 100 W) při dosažení

Jde o čtyři elektrické zdroje pro napájení plazmových magnetronových zdrojů (jeden zdroj je dvojité) a pro radiofrekvenční předpětí vzorků. Požadované technické parametry zdrojů zajišťují, aby při výzkumu a vývoji nových unikátních nanostrukturálních tenkovrstvých materiálů bylo možno využít široké spektrum vlastností depozičního plazmatu vytvářeného elektrickými výboji v magnetronových zdrojích – od běžného nízko ionizovaného stejnosměrného výboje až po vysokovýkonové, vysokofrekvenční a pulzní výboje, které vytvářejí plazma specifických vlastností, s vysokou ionizací a hustotou, s podílem ionizovaného materiálu katod, při možném využívání vodivých i nevodivých odprašovaných materiálů.

1.

Obdélníkový tvar pulzu je nutný pro udržení konstantní hodnoty napětí i při velkých změnách impedance plazmatu v průběhu pulzů.

Uvedený výkon, maximální napětí a proud a rozsah opakovacích frekvencí umožní podle našich zkušeností dosažení velmi vysoké výkonové hustoty v pulzu (více než 100 kW) a tím využívání výhod, které přináší **vysokovýkonové pulzní** magnetronové naprašování oproti jiným technikám magnetronového naprašování :

až o několik řádů vyšší hustota plazmatu vede k výraznému nárůstu ionizace terčových částic a tím k řádovému nárůstu podílu iontů v celkovém toku částic na substrát. Tato vlastnost je klíčová z hlediska iontového inženýrství, neboť ionty lze na rozdíl od neutrálních atomů snadno ovládat elektrickým polem (jde o nabitě částice) a tím významně ovlivňovat výslednou strukturu, morfologii, hustotu a další vlastnosti připravovaných materiálů.

Maximální délka 200 μ s postačuje pro vysokovýkonovou depozici kovů a polovodičů, minimální délka 20 μ s je pak potřebná při

předpětí na vzorcích alespoň -300 V při tlaku 0.5 Pa argonového plynu.

- Konektor pro analogovou kontrolu.

depozici dielektrických vrstev, neboť náboj, nahromaděný během krátkého pulzu je nedostatečný k tomu, aby došlo k elektrickému průrazu a tedy ke vzniku mikrooblouků, které výrazně znehodnocují deponovanou vrstvu. Synchronizace je nutná pro použití osciloskopu, analogová kontrola umožňuje řízení pomocí řídicího systému depoziční aparatury.

2.

Požadovaný duální (dvojitý) elektrický zdroj umožní realizaci duálního pulzního vysokofrekvenčního vysokovýkonového magnetronového naprašování, které je jedním z nejeffektivnějších plazmových depozičních procesů a umožňuje například vytváření nových unikátních materiálů na bázi víceprvkových oxidů, nitridů a oxinitridů, neboť superpozice různých rozprašovacích procesů na jednotlivých terčích (proto je požadována nezávislá kontrola výkonu pro každý magnetron) dovoluje řízení chemického složení a struktury vznikajících tenkých vrstev.

Podle našich zkušeností definované maximální výkony obou částí zdroje, maximální napětí a proud a rozsah opakovacích frekvencí umožní na obou plazmových zdrojích (magnetronech) dosažení velmi vysoké výkonové hustoty v pulzu (cca 100 kW) a tím vznik vysokofrekvenčního a také vysokovýkonového pulzního magnetronového naprašování, což má zásadní význam pro stabilní depozici vysoce kvalitních dielektrických oxidových, nitridových a oxinitridových tenkých filmů, jako je Al_2O_3 , ZrO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 , TaON, a mnoho dalších.

Minimální a maximální hodnota střídy určuje minimální a maximální délky aktivní části pulzu, přičemž podle našich experimentů jsou maximální hodnoty vhodné pro depozici částečně vodivých materiálů a minimální hodnoty vyžadují materiály velmi nevodivé, u kterých dochází k mikroobloukům nebžaze působícím na kvalitu vrstvy

Synchronizace je opět nutná pro použití osciloskopu, analogová kontrola umožňuje řízení pomocí řídicího systému depoziční aparatury.

3.

Stejnoseměrný zdroj umožňuje klasickou stejnosměrnou magnetronovou depozici kovových vrstev, které se při výzkumu nových materiálů používají zejména jako podkladové a srovnávací vrstvy, případně jako mezivrstvy.

Maximální hodnoty napětí a proudy jsou

stanoveny podle našich experimentálních výsledků jako postačující pro depozice všech běžných kovů v argonovém plazmatu.

4.

Požadovaný výkon pro radiofrekvenční předpětí je stanoven dle našich současných výzkumů jako minimální, který umožňuje při různých druzích depozičního plazmatu a při nejpoužívanějším tlaku 0,5 Pa argonu dosažení předpětí alespoň - 300 V, které je postačující pro výrazné řízení energie iontů dopadajících na vrstvu, což otevírá nové možnosti pro vytváření materiálů s unikátní strukturou a s řízeným vnitřním pnutím vrstev.

I) Chladicí systém

1. Vodou chlazený chladič s uzavřeným okruhem pro chlazení depoziční aparatury o výkonu alespoň 4 kW.

Jde o důležitý doplňkový systém, který odvádí teplo vznikající při činnosti plazmových zdrojů a tím zajišťuje, že citlivé díly depoziční aparatury nebudou poškozeny zvýšenou teplotou.

Jeho výkon je stanoven podle předpokládaného maximálního středního tepelného zatížení citlivých dílů aparatury a jejich předpokládaného maximálního oteplení 50 °C.

J) Monitor tloušťky rostoucí vrstvy

1. Systém pro monitorování tloušťky vrstvy pomocí křemenných krystalů.

2. Minimálně třicet (30) náhradních krystalů.

3. Přípravek pro nastavení polohy krystalu.

Toto doplňkové zařízení je nutné pro sledování a řízení rychlosti růstu tenké vrstvy a je tak nezbytným prostředkem při výzkumu a vývoji nových unikátních nanostrukturních tenkovrstvých materiálů

Požadovaný počet náhradních krystalů by měl postačit minimálně po celou záruční dobu depoziční aparatury.

Polohu krystalu je nutno vždy nastavit dle polohy deponovaných vrstev.

K) Elektrické sondy

1. Jedna vysokoproudová sonda + zesilovač pro proudovou sondu (pokud je nutný)

- Šířka pásma alespoň 15 MHz
- Maximální stejnosměrný proud alespoň 150 A
- Maximální proud v pulzu alespoň 500 A
- BNC výstup

2. Čtyři standardní proudové sondy + zesilovače pro proudovou sondu (pokud jsou nutné)

- Šířka pásma alespoň 100 MHz
- Maximální stejnosměrný proud 30 A
- Maximální proud v pulzu alespoň 50 A
- BNC výstup

3. Jedna vysokonapěťová sonda pro standardní vstup

Tyto součásti jsou nezbytné pro sledování a přesné měření elektrických pracovních parametrů plazmových zdrojů (vstupního napětí a protékajícího proudu) v procesu vytváření tenkovrstvých materiálů v depoziční komoře.

Časová závislost (průběh) napětí a proudu je u pulzních zdrojů dosti komplikovaná, zasahuje do kladných i záporných hodnot a zásadním způsobem ovlivňuje procesy probíhající v plazmatu a tím i všechny vlastnosti deponovaných vrstev.

Je proto naprosto nutné jejich exaktní stanovení a případná průběžná korekce časových průběhů těchto veličin pomocí regulace plazmového zdroje.

osciloskopu (1 M Ω BNC)

- Šířka pásma alespoň 250 MHz
- Dělicí poměr 100:1
- Maximální napětí -4 kV

4. Tři standardní napět'ové sondy pro standardní vstup osciloskopu (1 M Ω BNC)

- Šířka pásma alespoň 200 MHz
- Dělicí poměr 100:1
- Maximální napětí -1.5 kV
- Délka kabelu alespoň 2 m

Je vyžadováno pět proudových a čtyři napět'ové sondy, jejichž uvedené rozsahy obsáhnou proudové a napět'ové možnosti výše uvedených napájecích jednotek depoziční aparatury pro různé druhy plazmatu (od stejnosměrného po vysokovýkonné pulzní plazma).

Uvedené šířky pásma u jednotlivých sond jsou dle našich zkušeností minimálně postačující k přenosu vyšších harmonických frekvencí při měření a tím zaručují dostatečně zřetelné a nezkrácené zobrazení časového průběhu měřeného napětí a proudu.

BNC výstupy a délka kabelu jsou nutné pro připojení sond k dalším přístrojům.

L) USB osciloskop s ovládacím programem

- USB připojení k počítači
- Čtyři vstupy BNC + externí synchronizační signál (trigger)
- Šířka pásma alespoň 350 MHz
- Svislé rozlišení alespoň 8 bitů
- Vyrovnávací paměť alespoň 32 MS
- Funkční generátor
- Spektrální analyzátor
- Dekódování sériové sběrnice

USB osciloskop je připojen k elektrickým sondám (čtyři BNC vstupy) a zobrazuje a měří časové průběhy napětí a proudu ze všech plazmových zdrojů

USB připojení a sériová sběrnice zaručují připojení k běžnému počítači, dle našich zkušeností stanovená minimální šířka pásma, rozlišení a minimální vyrovnávací paměť zajišťují opět dostatečně zřetelné a nezkrácené zobrazení časového průběhu měřeného napětí a proudu, které je nutné pro případné průběžné korekce časových průběhů těchto veličin.

M) Řídicí systém depoziční aparatury

1. Osobní počítač s monitorem schopný plně řídit systém depoziční aparatury (včetně schopnosti zpracování a uložení dat včetně vizualizace).

2. Spolehlivé ovládací jednotky a software umožňující:

- Vizuální reprezentaci celého depozičního systému.
- Ovládání každého napájecího zdroje (DC, RF, HiPIMS, Duální).
- Zobrazovat a ovládat parametry pracovního plynu (otevřít/zavřít ventily, aktuální průtok, zpětná vazba průtoku).
- Ovládání pozice deskového ventilu mezi depoziční komorou a turbomolekulární vývěvou.
- Zobrazení aktuálních hodnot tlaků a nastavování požadovaného tlaku.
- Ovládání clony pro každý magnetron a držák substrátů.
- Ovládání čerpacího systému.
- Ovládání systému pro výměnu vzorků.

Řídicí systém s osobním počítačem, softwarem a zobrazovací jednotkou je nezbytný pro bezpečný provoz všech komponent čerpacího systému v potřebných pracovních režimech a pro komplexní řízení celého procesu vytváření tenkovrstvých materiálů v depoziční komoře.

Musí ovládat minimálně všechny vyjmenované řízené části depoziční aparatury (které zásadně ovlivňují průběh depoziční, případně bezpečný stav aparatury), zobrazovat a ukládat jejich aktuální provozní stav, stejně jako veškeré depoziční parametry.

Pro výzkumné a vývojové práce je nezbytné, aby hardware i software řídicího systému umožnil naprogramování a kompletní automatizované řízení celého depozičního procesu, stejně jako deaktivaci vyjmenovaných částí systému (které řídí elektrické zdroje plazmatu a parametry pracovního plynu), případně jejich manuální řízení, bez ovlivnění zbývajících nastavení

- Ovládání rotace, vytápění a předpětí vzorků.
- Ovládání chladicího systému.
- Vytvářet, ukládat a spouštět procedury pro přípravu jednotlivých vrstev i multivrstev.
- Ukládat všechny důležité vstupní a výstupní parametry během depozice (tlak, průtoky plynů, pozice clon, všechny výstupní hodnoty napájecích zdrojů, rychlost rotace, předpětí a teplota vzorků, atd.).
- Uživatelský účet umožňující neomezenou manuální kontrolu depozičního systému.

3. Možnost deaktivovat následující části ovládacího systému bez ovlivnění zbývajících nastavení:

- Ovládání stejnosměrného (DC) zdroje.
- Ovládání radiofrekvenčního (RF) zdroje.
- Ovládání vysokovýkonového pulzního (HiPIMS) zdroje.
- Ovládání zdroje pro duální magnetronové naprašování.
- Ovládání parametrů pracovního plynu (otevřít/zavřít ventily, aktuální průtok, zpětná vazba průtoku).
- Ovládání pozice deskového ventilu.

Další požadavky

1. Spojovací materiál nezbytný ke kompletaci Zařízení.

Materiál nezbytný ke kompletaci zařízení při uvádění do provozu.