

Příloha č. 1

Specifikace předmětu plnění

Předmětem plnění, na které bude s vybraným účastníkem uzavřena smlouva, je dodávka a montáž 1 (jedné) pokovovací linky s technologií magnetronového deponování tenkých vrstev pro výrobu materiálů (zejména skla) s antireflexní vrstvou, včetně dodání veškeré potřebné dokumentace v českém jazyce, a to vše za podmínek detailně popsanych v této příloze č. 1 zadávací dokumentace.

Technické parametry pokovovací linky:

Minimální rozměr substrátu:	2000 x 3210 x 100 mm
Typ substrátu:	Ploché sklo, Rám přípravku
Váha substrátu:	min. 300 Kg
Provoz zařízení:	Nepřetržitý
Uvedení do provozu po zapnutí zařízení:	Do 1 hodiny
Automatické bezpečné odstavení zařízení:	Ano
Depozice vrstev na substrát:	Z jedné nebo obou stran
Technologie výrobní linky:	Magnetronové naprašování
Minimální počet deponovaných vrstev:	minimálně 5 pozic
Počet magnetronů:	minimálně 10 magnetronů
Možnosti povlakování substrátů:	Jednostranné / Oboustranné
Typ magnetronů:	Magneticky vyvážené
Homogenita odprašování terče:	< 3%
Geometrie magnetického pole magnetronů:	Pevné magnety
Režimy provozu magnetronů:	Bipolární, unipolární
Řízení zdrojů pro magnetrony:	Výkon, napětí, proud
Minimální výkon zdrojů pro magnetrony:	20 W / cm ² plochy terče
Frekvence bipolárního režimu:	0..400 Hz
Nastavení střídavy bipolárního režimu:	Ano, 0..100,0%
Depozice jednotlivých vrstev:	Inertní nebo reaktivní
Připouštění technologických plynů:	min. 2 plyny (MFC ¹) / komora
Umístění magnetronů:	Nespecifikováno
Možnost natáčení magnetronů:	Ano
Vakuové oddělení technologických komor:	Ano
Minimální výkon magnetronů:	40 kW

¹ Mass flow controller (MFC) – připouštěcí ventil technologických plynů

Režim zdrojů pro magnetrony:	DC ² , Pulzní (10..350 kHz)
Napájecí napětí celé linky:	3 x 400 V / 50 Hz
Maximální příkon celé linky:	340 kW
Typ výrobní linky:	Průběžná
Mezní vakuum před evakuačních komor:	< 1 Pa / 0.002 Pa
Maximální čas dosažení mezního vakua:	< 1,2 min.
Rozsah pracovního vakua:	0,01..1 Pa
Průtok technologických plynů:	0..2000 sccm
Evakuační agregát:	Suchý
Čištění substrátu:	Ano, Iontové
Výkon iontového děla:	min. 10 kW
Měření procesu depozice vrstev:	Výkon, proud, napětí,...
Měření deponované vrstvy:	QCM ³ v každé tech. komoře
Měření homogenity jednotlivých vrstev:	Ano, 2 QCM senzory / komora
Rychlost posuvu substrátů linkou:	Regulovatelná, 0,001..0,5 m / sec.
Provoz řízení celé linky:	Ruční / Automatický
Výrobní a servisní deník:	Ano
Připojení k internetu:	Ano
Vzdálená správa:	Ano
Podpůrné systémy:	Chladicí jednotka, Kompresor
Návod k obsluze:	Ano
Záruční servis:	24 měsíců
Pozáruční servis:	Ano
Sada náhradních dílů, rychlé opotřebení:	Ano

Obecný popis

Hledáme dodavatele pro zhotovení zařízení s technologií magnetronového deponování tenkých vrstev, především na ploché skleněné desky (substráty) o rozměrech minimálně 2000 x 3210 mm a dále pro rámové přípravky o stejných rozměrech. Zařízení musí být koncipováno jako „průběžná“ výrobní linka, která bude schopná v jednom procesu deponovat na substrát minimálně pět vrstev. Zařízení musí obsahovat několik přípravných a pracovních vakuových komor, skrze které budou substráty jednotlivě procházet a budou se tak provádět jednotlivé kroky technologie. Celé zařízení

² Direct current (DC) – stejnosměrný proud

³ Quartz control measurement (QCM)

musí být variabilní, tedy musí být možnost do budoucna přiřazení dalších pracovních komor pro pokovování dalších vrstev v jednom procesu pokovování skleněných substrátů.

Technologické vybavení výrobní linky

Cíle výrobního procesu celého zařízení bude především depozice jednotlivých skladeb tenkých vrstev na povrch plochého skla (substrátu) technologií magnetronového naprašování v inertním nebo reaktivním procesu. Hlavním výrobním cílem budou typy vrstev, jako jsou antireflexní povlaky nebo Low-E povlaky, ale i povlaky reflexní nebo elektricky vodivé (ITO⁴,...). Základem tedy musí být schopnost přesného reaktivního odprašování z elektricky vodivých terčů (targetů) a tedy tvorby tenkých vrstev, jako jsou oxidy, nitridy a podobně.

Další podmínkou deponování jednotlivých vrstev je přesná homogenita povlaků po celé ploše substrátů, která musí být průběžně kontrolována QCM senzorem rychlosti depozice.

Zařízení musí být schopné depozice minimálně pěti vrstev a to z obou stran substrátu najednou, takže pro každou vrstvu musí být vlastní technologická komora, ve které bude možné nastavit vlastní prostředí (inertní nebo reaktivní) aniž by to ovlivnilo sousedící technologické komory, kde může být nastavené odlišné prostředí.

Každá technologická komora musí obsahovat minimálně dva planární magnetrony, ke kterým bude rychlý přístup v případě servisního zásahu nebo výměně terčů. Magnetrony musí být umístěné na pohyblivých ramenech, aby byla zajištěna možnost elektronického polohování (řízené automaticky z nastavených receptur). Polohování magnetronů musí být ve dvou osách a to otáčení jednotlivých magnetronů okolo jejich podélné ose (obr. 1), v úhlu 0 až 180°, kde bude možné u každého magnetronu nastavit vlastní úhel a dále osa přiblížení a oddalování jednotlivých magnetronů od povrchu substrátu (Obr. 2). U této druhé osy (přiblížení a oddalování magnetronu) musí být možnost nastavení různých vzdáleností obou okrajů magnetronů. Všechny pohyby magnetronů musí být řízeny z receptur řídicího systému celého zařízení. Pohyb musí být zajištěn elektronickými servo pohony.

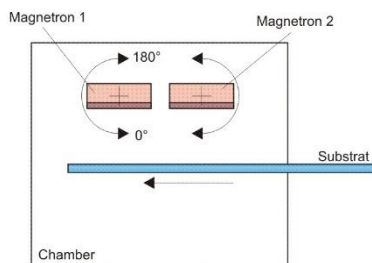


FIG. 1 Setting of magnetron angles

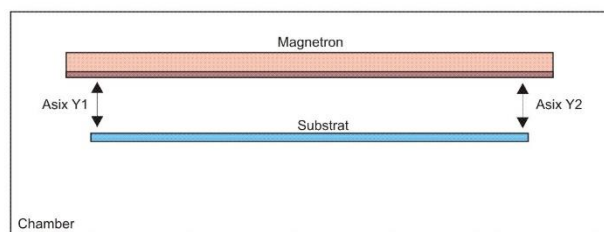


FIG. 2 Setting the magnetron position

⁴ Indium tin oxide (ITO) – slitina cínu a india v oxidové podobě

Zdroje pro jednotlivé magnetrony musí umožňovat odprašování v unipolárním režimu (u jednotlivých magnetronů bude možné nastavit vlastní výkon a modulaci napájení) a dále v bipolárním režimu (provoz magnetronů v páru), kdy bude možné nastavit poměr výkonů a díky tomu tak bude možné vytvářet slitiny ze dvou terčů různého materiálu.

Každý zdroj pro magnetrony musí být dostatečně silný, aby byl schopen efektivního odprašování, minimálně však 30 kW na jeden magnetron. Dále musí umožňovat reaktivní odprašování se zpětnou kontrolou všech elektrických parametrů, jako je efektivní výkon, odražený výkon (pulzní režim), proud do magnetronů, napětí na magnetronu. Zdroje pro magnetrony musí být DC s možností pulzního výstupu s reverzním napětím o nastavitelné frekvenci od 10 do 350 kHz a nastavitelnou střídou. Reverzní napětí v pulzním režimu musí být nastavitelné v rozsahu 0..100V.

Magnetrony musí být magneticky vyvážené, aby se zajistilo rovnoměrného odprašování terčů. Dále musí být chlazené chladicí vodou a umožňovat přímé chlazení targetů. Rychlost odprašování každého magnetronu musí být pro měděný terč v rozsahu 0 až 10 nm/s a tedy musí být zajištěno dostatečné chlazení.

Součástí každé komory musí být stínící plechy pro zajišťování efektivního čištění všech pracovních komor. Každá pracovní komora musí být vybavena připouštěním minimálně jednoho inertního plynu a dvou reaktivních plynů. Inertní plyny musí být rovnoměrně připouštěny směrem na magnetrony a reaktivní pak rovnoměrně v blízkosti pokoveného skla. Připouštění plynů musejí zajišťovat kvalitní elektronické MFC ventily se zpětnou kontrolou průtoku, aby bylo možné nastavit poměr připouštěných plynů.

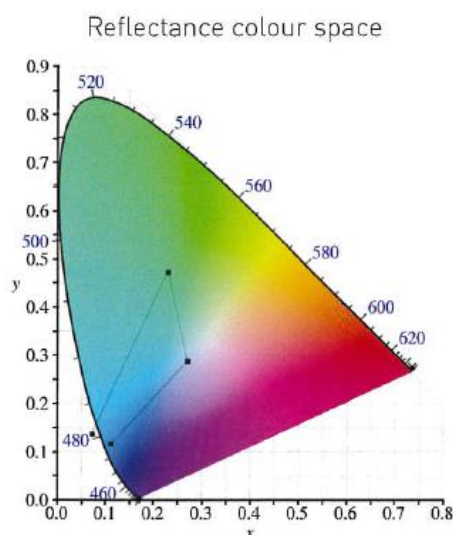
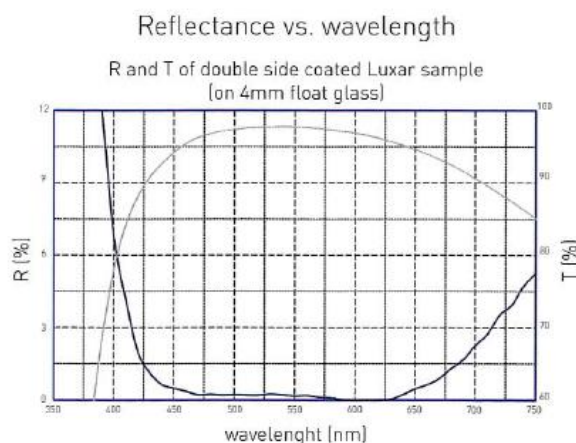
Podmínky technologických procesů

Celé zařízení bude provozováno pro magnetronové naprašování optických vrstev formou reaktivních procesů. To znamená, že zařízení musí být schopné provozovat odprašování z kovových targetů v reaktivních plynech jako je například kyslík či dusík a vytvářet tak kvalitní vrstvy (například SiO₂ z Si targetu) po celé ploše substrátu, v homogenitě < 3%. Proces musí být stabilní v nepřetržitém provozu celého zařízení. Dále musí být řízení reaktivního naprašování plně automatizované, to znamená, že stabilitu procesu musí zajistit řídicí systém celého zařízení (řídicí systém tedy musí zajistit řádný průběh všech procesů pokovovací linky v automatizovaném provozu). Zařízení musí obsahovat minimálně pět pracovních komor, kde bude možné v každé řídit odlišné podmínky reaktivního procesu. Zařízení bude provozované hlavně pro výrobu antireflexních vrstev a nízko emisivních vrstev. Dále však bude využíváno pro výrobu reflexních vrstev a vrstev pro elektrochromní a fotovoltaické technologie.

Popis technologie využití pokovovací linky

Celé zařízení bude sloužit především pro povlakování plochého skla antireflexní vrstvou. Podmínkou je, aby bylo zařízení schopné pokovit tabulové sklo o rozměrech 3210 x 2000 mm, antireflexní vrstvou za maximálně 4 minuty z jedné strany. Antireflexní vrstva bude složená ze čtyř tenkých oxidových vrstev, které budou obsahovat materiály SiO₂ a Nb₂O₅. Celková tloušťka vrstvy bude cca. 200 nm a výsledné parametry budou podle obrázku 3. Proces musí být stabilní v celé ploše substrátu, kde nejvyšší reflexe nesmí překročit $R < 0,5\%$, nejnižší transmise pak $T > 98,5\%$ a to ve viditelném spektru (380..780 nm) a tloušťce substrátu 3 mm. Dále musí být antireflexní vrstva teplotně stabilní a to při 650°C po dobu 30 minut.

Tabulky vlastností antireflexní vrstvy



Graf znázorňuje typickou reflexi a transmissi při oboustranně povlečeném sklu o tloušťce 4 mm
typ skla: floatové

Měřená světelná reflexe při 10 stupních úhlu dopadu
Světelný zdroj: CIE Labor D65 Zeiss
Photospectrometer LVM5.

Reflexe barvy potaženého skla, měřená při 10 stupních úhlu dopadu, by měla být v rozmezí těchto barevných limitů.

Kontrola a měření technologických procesů

Každá pracovní komora musí obsahovat vizuální průzor pro kontrolu procesů. Dále musí každá komora obsahovat minimálně dva QCM měřiče tloušťky a rychlosti deponování vrstvy. Měřicí hlavice musí obsahovat více měřících rezonátorů s možností přepínání a zakrývání měřící plochy. Musí být

chlazené a musí mít možnost automatického polohování do dráhy substrátů. QCM senzory musí být běžně dostupné rezonanční krystaly o frekvenci 5 MHz. Oscilátory měřících hlavíc musí být schopné oscilace QCM rezonátorů alespoň do 4 MHz.

Dalším měřícím systémem každé technologické komory musí být senzory aktuální teploty. Zařízení musí být schopné měřit aktuální teplotu pracovních komor, teplotu chladicí vody do magnetronů a z magnetronů (výpočet teplotního spádu) a bezkontaktní měření teploty povrchu substrátu, a to vše s přesností min. na 1°C.

Typy substrátů

Výrobní linka musí být schopna pokovovat ploché sklo o minimálních rozměrech 2000 x 3210 mm šířky a o různých tloušťkách, které se budou pohybovat od 1 mm do 10 mm. Tomu musí být přizpůsoben vnitřní dopravníkový systém. Dále musí být výrobní linka schopna pokovování substrátů, umístěných v rámovém přípravku, který bude linkou projíždět podobným způsobem jako plochá skla. Rozměr přípravku, do kterého bude substrát umístěn musí být minimálně 2000 x 3210 mm a tloušťce minimálně 100 mm, toto jsou minimální přípustné rozměry. U tohoto systému musí být zaručen automatický polohovací systém magnetronů, na základě vzdálenosti terče od substrátu (kopírování tvaru substrátu).

Transport substrátů (skleněné desky nebo přípravky se substráty) musí být nastavitelný, a to především rychlost posuvu v technologických komorách. Posuv musí být plynule regulovatelný s pomalým rozběhem, aby se zabránilo rázovým pohybům, které by mohli zapříčinit porušení substrátů.

Evakuační agregát

Celá linka musí být rozdělena do několika vakuových komor, kde krajní budou sloužit pro před čerpání a vytvoření vakua a uprostřed budou technologické komory, které budou obsahovat magnetrony pro deponování jednotlivých vrstev.

Konstrukce linky musí být rozložena tak, aby se zachoval systém průběžného zařízení, kde se z jedné strany budou vkládat substráty a na druhé se již hotové budou odebírat, bez přerušení technologických procesů.

Evakuační agregát pro celou linku musí být bezolejový, nebo musí být doplněn kvalitními vymrazovacími lapači olejových par s vlastním vymrazovacím agregátem, a to pro nízké vakuum. Pro vysoké vakuum musí zařízení obsahovat turbomolekulární vývěvy dostatečného výkonu a s možností regulace čerpací rychlosti. Celý proces vytváření nominálního vakua v jednotlivých vakuových komorách musí být plně automatizovaný. Měření vakua musí u každé komory zajišťovat kvalitní měřící snímače. Všechny vakuové komory musí být vyrobené z korozivzdorné oceli, též i veškeré

vakuové potrubí. Vakuové ventily musí být kvalitní, elektro pneumatické a koncipované tak, že v případě poruchy (výpadek řídicích signálů) se automaticky uvedou do stavu, bezpečného pro celé zařízení. Těsnost celého zařízení musí být nižší než $2 \times 10^{-9} \text{ mba} \times \text{l} / \text{sec}^{-1}$. Výkon evakuačních agregátů musí být takový, aby se přípravné vakuové komory evakuovaly na mezní vakuum (1 Pa) za méně než 1,5 minuty. U technologických komor musí být zajištěno, aby nedocházelo ke kontaminaci prostředí, například reaktivní a inertní atmosféry mezi komorami.

Řízení celé pokovovací linky

Zařízení musí být plně automatizované. Musí umožňovat nastavení celého procesu na základě podrobných receptur. Každá pracovní komora musí umožňovat vlastní řízení pokovování, a to nominální vakuum, poměr inertního plynu s plyny reaktivními, rychlost posuvu pokovovaného skla v jednotlivých komorách, výkon odprašování a volba případného poměru výkonů magnetronů pro tvorbu slitin. Dále musí řídicí systém umožňovat v každé pracovní komoře vlastní řízení reaktivního pokovování, tedy tvorby oxidových nebo nitridových či karbidových vrstev, aniž by se kontaminovaly pracovní sousedící komory (v každé pracovní komoře bude možné nastavit vlastní reaktivní prostředí). Řídicí systém dále musí umožňovat automatickou úpravu hodnot obsahující recepturu, na základě zpětnovazebních měřících přístrojů, jako je měření tloušťky vrstvy a rychlosti povlakování, nebo na základě napětí, proudu a výkonu odprašovacího zdroje anebo na základě vestavěného optického měřícího přístroje. Dále musí být řídicí systém schopen mechanického polohování magnetronů, a to v ose pro přibližování, nebo oddalování od povrchu substrátu (projíždějící sklo). Musí tak být schopný automaticky kopírovat povrch například prohnutého skla, aby se zachovala konstantní vzdálenost magnetronu od povrchu skla a zachovali se tak depoziční podmínky. Všechny procesy musí být nastavitelné z jednoho místa, tudíž je podmínkou, aby měla pokovovací linka vlastní centrální řídicí velín, který nemusí být umístěn v blízkosti pokovovací linky. Ovšem u každé pracovní komory musí být umístěn LCD panel, který bude indikovat stav pracovní komory, bude schopen zobrazovat určité zprávy pro obsluhu nebo servis a podobně. Všechny procesy linky musí být schopné ukládat do podrobného výrobního a servisního deníku. Musí být tak možnost zpětně kontrolovat průběh výroby a tedy i jednotlivé funkce celé linky. Výrobní deník musí být automaticky zaznamenáván a ukládán podle kalendářních parametrů. Celý řídicí systém musí být možné připojit do systému Intranet a dále do sítě internet, díky kterému bude možné využívat data z linky pro případný vzdálený přístup a servis, nebo IoT.⁵ V poslední řadě musí být řídicí systém vybaven univerzálními porty pro připojení dalších zařízení, jako jsou například nakládací nebo vykládací systémy, nebo podružné zařízení, které jsou součástí celého výrobního procesu.

Elektro rozvod

Celé zařízení musí být napájené z jednoho místa standardním evropským napájecím napětím (3 x 400V / 50Hz). Příkon zařízení pak musí být do 320 kW. Celé elektrické vybavení musí být situované

⁵ Internet of things (IoT) – internet věcí

v několika elektro rozvodnách, které budou obsahovat vlastní odvod přebytečného tepla. To musí platit i pro technologické rozvodné skříně. Veškeré elektrické přístroje tak nesmí vyzařovat teplo do prostoru, kde je celá linka umístěna.

Všechny elektrické přístroje a prvky musí mít správné elektrické jištění a musí být přehledně umístěné v odpovídajících elektro rozvodnách. Ke každému elektro obvodu musí být dodána:

- Elektro-revize (revizní zpráva)
- Schéma zapojení (výkresová dokumentace)
- Seznam dílů

Ostatní soudržné zařízení pro fungování linky

Součástí dodávky celé linky musí být i chladicí zařízení, které bude zajišťovat ochlazování technologických přístrojů (magnetrony, elektrody, technologické zdroje, el. rozvaděče, ...) a vakuových pump skrze uzavřený vodní okruh.

Chladicí zařízení se musí skládat z několika výkonných chladících jednotek pro dva chladicí okruhy. První chladicí okruh musí udržovat teploty mezi 16-20°C (všechny podpurné systémy a vývěvy) a druhý okruh mezi 3-8°C (magnetrony).

Chladicí jednotky musí být situovány jako Voda/Vzduch s možností přepnutí Voda / Voda, kde odpadní teplo bude využíváno pro vytápění objektu, kde bude celá linka umístěna. V prvním případě Voda / Vzduch budou výměníky odpadního tepla umístěny vně budovy.

Dalším systémem pro funkci celé linky musí být zdroj pneumatického vzduchu, tedy kompresor, který bude dodávat tlakový vzduch pro pneumatické prvky celého stroje.

Náhradní díly, instalace, servis

Zařízení bude instalováno v České republice. Dodavatel musí zajistit instalaci zařízení, uvedení do provozu a provedení zkušební režimu. Součástí dodávky zařízení musí být i zaškolení obsluhy, zaškolení servisních techniků a údržby a dodání podrobného návodu k obsluze a servisních výkresů, jako jsou rozměry odprašovacích terčů a podobně.

K zařízení musí být dodána sada náhradních dílů, které jsou namáhané na opotřebení, dále náhradní provozní kapaliny a náhradní sadu stínících plechů, které jsou v technologických komorách.

Při instalaci zařízení se musí dodržet celkové rozměry, především šířka, která nesmí být větší než 3300 mm a výška, která nesmí přesáhnout 3000 mm.

Požadované služby a další parametry dodávky

- Doprava do sídla zadavatele.

- Komplexní montáž na místě, zapojení a optimalizované nastavení
- Základní zaškolení obsluhy
- Záruka za jakost předmětu plnění v délce 24 měsíců od data předání a převzetí předmětu plnění
- Kompletní dokumentace v češtině
 - 1 tištěná verze + CD/DVD
 - Dodací list
 - Protokol o předání a převzetí
 - Uživatelský manuál
 - Schémata zapojení

Dodavatel je v nabídce povinen uvést podrobný popis a specifikaci nabízeného plnění, včetně údajů prokazujících splnění technických požadavků zadavatele uvedených v zadávací dokumentaci. Dodavatel v nabídce popíše způsob, jakým bude prováděn záruční servis.

Dodavatel je povinen dodat pouze originální a nové (nepoužité) zboží. Zařízení musí splňovat požadavky příslušných právních předpisů a technických norem na provoz v České republice, včetně požadavků BOZP a ochrany životního prostředí.

Pro všechny nové komponenty je účastník povinen dodržet minimální technickou úroveň danou vlastnostmi požadovaného technického řešení zadavatele.

Zadavatel výslovně požaduje 100% kompatibilitu mezi hardwarovým (HW) a softwarovým (SW) vybavením veškerých komponent dodávaných účastníkem v rámci plnění zakázky.