

## Kapitola 5

# Přehled metod depozice a povrchových úprav

Tabulka 5.1: První část přehledu technologií pro depozici tenkých vrstev. Klasifikované podle použitého procesu (napařování, MBE, máčení, CVD (chemical vapour deposition – depozice z plynné fáze), fyzikálně-chemické procesy).

<i>metody napařování:</i>	
<i>metoda/proces</i>	<i>specifikace</i>
teplotní (vakuové) napařování	ohřev proudem jiskrové napařování obloukové napařování technika explodujícího drátu laserové napařování vf ohřev napařování elektronovým svazkem

---

epitaxe molekulárním svazkem (MBE – molecular beam epitaxy)

---

*chemické metody z kapalné fáze:*

metoda/proces

specifikace

elektro procesy

electroplating

electrolytická anodizace

mechanické metody

spray pyrolysis

epitaxe kapalinou

---

*chemické metody z plynné fáze*

metoda/proces

specifikace

chemical vapor deposition (CVD)

CVD epitaxe

metaloorganické CVD (MOCVD)

nízkotlaké CVD (LPCVD)

CVD za atmosférického tlaku (APCVD)

nanášení jednotlivých vrstev (ALD)

---

*fyzikálně-chemické techniky:*

*(s výjimkou plazmatu a iontových svazků)*

metoda/proces

specifikace

modifications of CVD

hot filament CVD (HFCVD)

laserové CVD (PCVD)

photo-enhanced CVD (PHCVD)

electron enhanced CVD

---

V podstate jsou tři rozdílné aktivity používané pro opracovávání materiálů

- odstraňování materiálu,
- nanášení tenkých vrstev,
- modifikace a formování materiálu.

Odstraňování tenkých vrstev z povrchu, které se používá například v litografii, lze dosáhnout několika způsoby (i) leptání odprašovím pomocí inertních atomů, tedy čistě fyzikální proces, (ii) leptání chemikálií, tedy čistě chemický proces, (iii) kombinace obou předchozích, například leptání reaktivními ionty (RIE). Výhoda reaktivního leptání je především v podstatně větší leptací rychlosti, než čistě chemické, či fyzikální leptání. Interakce reaktivních iontů s povrchem lze buď použitím iontového svazku, nebo použitím plazmatu. Díky tomu spadá poslední kategorie jak do opracovávání iontovým svazkem, tak do opracovávání plazmatem, kde lze rozdělit dále podle použitého zdroje iontů, či plazmatu. Stejně rozdělení lze také aplikovat na nanášení vrstev.

Obecná klasifikace technologií používaných pro nanášení vrstev v tloušťce od několika nanometrů po deset mikrometrů je stejná, jako pro odstraňování materiálu. Techniky nanášení materiálu jsou (i) čistě fyzikální, jako například vakuové napařování, či napařování, (ii) čistě chemické, (iii) kombinující obě předchozí metody. Velké množství technologií používá kombinaci chemických i fyzikálních procesů. Fyzikálně-chemický přístup zahrnuje využití iontového svazku kombinovaného s chemickou reakcí, či různé úpravy chemické depozice z plynné fáze

(CVD) v nichž jsou použity fyzikální procesy pro usnadnění chemické reakce. Značné množství CVD metod je založeno na využití elektrického výboje a vytváří tak samostatnou skupinu nazývanou PECVD (plasm enhanced chemical vapour deposition). Přehled všech metod používaných pro depozici tenkých vrstev lze nalézt v tabulkách 5.1 a 5.2.

Metody modifikace a formování povrchu zahrnují velké množství různých oblastí. Zahrnují tepelné a plazmatické procesy jako jsou oxidace a nitridace. Jsou často používány pro úpravu polymerů. Obvykle se používají takové procesy jako modifikace povrchové energie, nebo roubování nových funkčních skupin na povrch. Používají se i iontové procesy jako je implantace iontu, či modifikace iontovým svazkem.

Jak bylo popsáno dříve, plazmové procesy mohou být použity pro leptání, reaktivní leptání, naprašování, PECVD a modifikace povrchu. Tyto procesy již hrají klíčovou roli v mnoha odvětvích průmyslu, jako jsou mikroelektronické přístroje, solární články, ochranné a anti-korozivní povlaky na nářadí a v automobilovém průmyslu. V mnoha dalších odvětvích má tato technologie obrovský potenciál. POřád je ale nutné lépe pochopit plazmochemické procesy a otestovat různé depoziční podmínky a nové směsi.

Jednou z nejdůležitějších plazmových procesů je PECVD (plasma enganced chemical vapour deposition). Jde o komplexní metodu kombinující fyzikální a chemické procesy jak v plazmatu, tak při styku plazmatu s povrchem. Je založena na disociaci molekul v plynné fázi díky nárazu energetických elektronů a metastabilních atomů následovanou chemickou reakcí s plynem ve formě

radikálů. Při porovnání s klasickým CVD, PECVD má řadu výhod: nízká teplota substrátu (nutná podmínka pro mnoho substrátů), možnost produkovat materiály s novými vlastnostmi, možnost měnit vlastnosti vrstvy pouhou změnou depozičních podmínek, produkce vrstev bez

Tabulka 5.2: Druhá část přehledu nanášení tenkých vrstev klasifikovaná podle použitého procesu: iontové a plazmové techniky.

metody/procesy	<i>Techniky využívající plazma:</i> specifikace
Naprašování	dc naprašování vf diodové naprašování magnetronové naprašování
PECVD v nízkoteplotním plazmatu	dc výboj vf kapacitně vázané plazma (CCP) vf induktivně vázané plazma (ICP) mikrovlnná ECR depozice mikrovlnný rezonátorový reaktor bariérový výboj za atmosférického tlaku (DBD) homogenní bariérový výboj (APGD) povrchový bariérový výboj za atmosférického tlaku

---

Plazmové opracování ve  
vysokoteplotním plazmatu

vakuový oblouk  
dc torch  
mikrovlnný torch  
atd.

---

*Technika iontového svazku:*

metody/procesy

specifikace

---

naprašování

naprašování iontovým svazkem  
reaktivní naprašování

iontová depozice

iontová depozice  
depozice iontových clusterů (ICB)

duální procesy

depozice za asistence iontového svazku (IBAD)  
naprašování dualním iontovým svazkem

---

toxického odpadu a mnoho dalších.