

OPONENTNÍ POSUDEK

Doktorské dizertační práce

"Multicomponent plasma polymers with spatially controlled properties"

MSc. Pavel Pleskunov

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Dizertační práce je zaměřena na přípravu a charakterizaci nanočástic na bázi kyseliny akrylové s využitím plynového agregačního zdroje, jejich zabudování do kompozitní nanostruktury tvořené polyethylenoxidovou (PEO) maticí s ohledem na biokompatibilitu a dále na přípravu a charakterizaci PEO vrstev spolu s následnou depozicí polyethylenových (PE) nanostruktur. Studovaná problematika je velmi aktuální a je předmětem současného mezinárodního výzkumu s ohledem na potenciální možnosti využití pro biomedicínské aplikace, např. biosenzory. Řešená problematika úzce navazuje na předchozí práce pracoviště a dále je rozvíjí.

Na začátku jsou uvedeny cíle dizertační práce a práce je následně rozdělena do tří hlavních kapitol, Úvodu, Experimentální části a Výsledků s diskuzí. Dále následuje Závěr. Úvodní část se věnuje plazmové polymeraci jakožto technologii pro přípravu materiálu ve formě tenké vrstvy a dále technologii na přípravu nanočástic plazmového polymeru pomocí plynového agregačního zdroje. Experimentální část stručně popisuje použitá technologická zařízení, nejprve plynový agregační zdroj a potom depoziční zařízení využívající plazmochemickou depozici z plynné fáze. Tato část také obsahuje metody pro analýzu vrstev a kompozitních nanostruktur s využitím mikroskopických (mikroskopie atomární síly – AFM, řádkovací elektronová mikroskopie – SEM) a spektroskopických (rentgenová fotoelektronová spektroskopie – XPS, infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací – FTIR, Ramanova spektroskopie, specifická tepelná spektroskopie – SHS a spektroskopická elipsometrie) technik, vybraných elektrochemických a chromatografických metod a speciálních biotestů. Ve výsledkové části bylo prokázáno, že nanočástice lze připravit jak v pulzním plazmatu, tak při režimu spojitě vlny. Depoziční podmínky jsou odpovědné za velikost a plošnou hustotu částic a rovněž umožňují ovlivňovat jejich elementární složení a chemickou strukturu. Nové a zajímavé výsledky poskytla tepelná spektroskopie (SHS), která umožnila stanovit teplotu skelného přechodu nanočástic a studovat degradační procesy. Rovněž velice zajímavé a z aplikačního hlediska nezbytné byly testy stability nanočástic ve vodném prostředí pod dobu 2,5 hod. Pokud je to technicky možné, bude vhodné tyto testy prodloužit na řádově delší dobu. Další výsledky práce jsou zaměřeny na technologicky náročnější přípravu kompozitních nanostruktur, kdy nanočástice byly zabudovány do PEO matrice. Ukázalo se, že překryvová PEO vrstva je nezbytná pro zvýšení mechanické stability nanočástic. Zde jsou velice zajímavé výsledky biotestů, které prokázaly adhezi vybraných proteinů pouze v místě uchycení nanočástice. Poslední část výsledků je zaměřena na vytváření „dekorativních“ PE nanoostrůvků na podkladové PEO vrstvě, ve tvaru dendritů (fraktálových útvarů), které jak autor prokazuje, souvisí s tloušťkou podkladové vrstvy a mírou zesílení PEO vrstvy vlivem použitého depozičního výkonu.

Dizertační práce má 137 stran, obsahuje celkem 47 obrázků, 7 tabulek a využívá 187 odkazů, což dokládá dobrou přípravu autora. Práce je napsána v angličtině, je přehledná, srozumitelná, dobře graficky zpracovaná a bez vážnějších formálních chyb. Autor pracoval

cíleně, použil správné metody a postupy. Dobře patrný je velký objem experimentální a analytické práce, na kterou navazuje interpretace a diskuze výsledků, o čemž svědčí také 17 publikací v mezinárodních časopisech, na kterých se podílel jako spoluautor a 9 prezentací na konferencích. Práce přináší řadu nových vědeckých poznatků, některé jsem uvedl již v předchozím odstavci. Stanovené cíle byly splněny.

K práci mám následující připomínky a dotazy:

- Str. 8-9, Fig. 1b,c: U Obr. 1b,c a příslušného textu není uveden odkaz na literaturu. Jde tedy o představy autora? Lze u plazmových polymerů očekávat dlouhé polymerní řetězce mezi uzly polymerní sítě?
- Str. 19, 4.odst.: „...growth of PE fractals and dendrites on PEO.“ Zkratka PEO je objasněna až na str. 24.
- Str. 27, 2.odst.: „...plasma polymer NPs“ Zkratka NPs není objasněna.
- Str. 32, 2.odst.: „...having the constant Ar/AA ratio 30/70,“ O jaké veličiny se v uvedeném poměru jedná? Zřejmě nejde o poměr hmotnostních průtoků, protože dále je uvedeno, že „...11 sccm of Ar and ~ 4.7 sccm of AA were introduced into the polymerization chambre...“. Pokud jde o poměr tlaků, potom zřejmě má být Ar/AA ratio = 70/30.
- Str. 33, kap. 2.1.2: „Plasma-Assisted Vapor Phase Deposition (PAVD)“ Obvyklé označení je PACVD (Plasma-Assisted Chemical Vapour Deposition).
- Str. 58, Tab.1: Proč nanočástice plazmového polymeru obsahují tak nízký podíl kyslíku? Co je vedlejším produktem procesu? Molekuly CO a CO₂? Jak tyto molekuly ovlivňují tvorbu nanočástic?
- Str. 62-75, kap. 3.1.2: Interpretace výsledků depozice, kdy měníte střidu (duty cycle) v pulzním režimu (Table 3), může být velice problematická, neboť neměníte pouze jeden procesní parametr, ale současně parametry tři (t_{on} , t_{off} , P_{on}). Výhodnější je měnit pouze jeden z těchto tří parametrů.
- Str. 83, Fig. 33: Jak se vám podařilo nalézt stejnou oblast AFM snímku na vzduchu i ve vodném prostředí? Sledování stability nanočástic po dobu delší než 2,5 hod. by bylo žádoucí. Je v tom nějaký technický problém?
- Str. 88, Fig. 36c: Předpokládáte, že překryvová vrstva přes nanočástice o tloušťce 3 nm je souvislá? Jaká je depoziční rychlost pro ppPEO vrstvy? S jakou chybou nanese právě 3 nm vrstvy?
- Str. 92, Fig. 38: Proč nanočástice v části b1 zmizely a znovu se objevily až po přidání bílkoviny (LSZ), viz část c1, i když je stále přítomen PBS roztok?
- Str. 94, Fig. 39: Popis symbolů v legendě k obrázku neodpovídá zobrazení. S ohledem na výsledky v Fig. 39 a Tab. 6, je pro vás vhodná varianta deponovat nanočástice přímo na křemíkový substrát (dobrá adheze) a potom vše překrýt tenkou ppPEO vrstvou, tedy vynechat podkladovou ppPEO vrstvu?
- Str. 102, Fig. 44: Je volná povrchová energie PEO vrstev s různou tloušťkou stejná?
- Str. 107, Fig. 46: Je volná povrchová energie PEO vrstev s tloušťkou 100 nm, ale deponovaných při různém výkonu, stejná?
- Str. 110, 3.řádek: Jak je definován koeficient D_f (fractal dimension coefficient)?

Práci jsem si se zájmem přečetl a musím konstatovat, že autor vykonal kvalitní experimentální a také analytickou práci s novými a zajímavými výsledky na mezinárodní úrovni a tyto výsledky jsou významným přínosem k rozvoji vědního oboru. Závěrem shrnuji, že dizertační práce prokazuje předpoklady autora k samostatné tvůrčí práci, dále splňuje kritéria kladená na dizertační práci a doporučuji ji tedy k obhajobě. Za předpokladu správného zodpovězení dotazů a úspěšného průběhu oponentního řízení, doporučuji udělit Pavlu Pleskunovovi titul Ph.D.

V Brně dne 30. září 2020

prof. RNDr. Vladimír Čech, Ph.D.
Ústav chemie materiálů, FCH
Vysoké učení technické v Brně