

# Posudek práce

## předložené na Přírodovědecké fakultě JU

☐ posudek vedoucího  
☐ bakalářské práce

☒ posudek oponenta  
☐ diplomové práce

Autor/ka: Bc. Miroslava Kozlová

Název práce: Sondová diagnostika nízkoteplotního plazmatu při depozičním procesu

Studijní program a obor:

Rok odevzdání: 2017

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Zdeněk Hubička, Ph.D.

Pracoviště: Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Kontaktní e-mail: hubicka@fzu.cz

### Odborná úroveň práce:

☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

### Věcné chyby:

☐ téměř žádné ☒ vzhledem k rozsahu přiměřený počet ☐ méně podstatné četné ☐ závažné

### Výsledky:

☒ originální ☐ původní i převzaté ☐ netriviální kompilace ☐ citované z literatury ☐ opsané

### Rozsah práce:

☒ veliký ☐ standardní ☐ dostatečný ☐ nedostatečný

### Grafická, jazyková a formální úroveň:

☐ vynikající ☒ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

### Tiskové chyby:

☒ téměř žádné ☐ vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet ☐ četné

### Celková úroveň práce:

☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

### **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:**

Diplomová práce popisuje experimentální studium plazmového systému pro depozici tenkých ITO vrstev, který kombinuje pulzní magnetron s velkým výkonem v pulzu HIPIMS a vysokofrekvenční magnetron RF magnetron. Práce dále popisuje diagnostiku toho magnetronového plazmatu pomocí Langmuirovské sondy, která pracovala v časovém rozlišení. Výsledkem práce pak byly změřené parametry plazmatu jako je elektronová teplota, elektronová koncentrace, potenciál plazmatu a elektronová energetická rozdělovací funkce. Tyto parametry byly určeny v různých časech pracovního pulzního cyklu generace plazmatu a za různých tlaků, složení pracovních plynů atd. Diplomantka tedy vytvořila zajímavou studii vlastností tohoto nového typu plazmového depozičního zdroje. Podařilo se i data řádně diskutovat a tak částečně pochopit některé procesy v plazmatu při depozici vrstvy. V práci jsem našel jen drobné překlepy a nepřesná vyjádření, která ale nijak nesnižují úroveň práce. Rozsahem i náročností práce zcela jistě splňuje požadavky na diplomovou práci a diplomantka prokázala schopnosti samostatné vědecké práce experimentálního charakteru. Z výše uvedených důvodů doporučuji práci k obhajobě a udělit hodnocení výborně.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

- 1) Na straně 59 řádek 4 je tvrzení: ...pozorujeme spíše Maxwelllovský tvar pravděpodobnostní funkce s maximem v okolí přibližně 4 eV... Vysvětlete to podrobněji. Čím je způsobeno toto maximum, když je distribuční funkce Maxwelllovská ?
- 2) Vysvětlete princip vysokofrekvenční kompenzace Langmuirovské sondy. Jaký typ byl použit při použitém experimentu ?
- 3) Popište základní vlastnosti ITO vrstev a jejich hlavní aplikace.
- 4) Jak byla ovlivněna velikost RF napětí na RF magnetronu v době aktivního HIPIMS pulzu?

**Práci**☒ doporučuji☐ nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**☒ výborně ☐ velmi dobře ☐ dobře ☐ neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha, 9. ledna 2018

 ZDENĚK MORITA

# Posudek práce

## předložené na Přírodovědecké fakultě JU

☐ posudek vedoucího  
☐ bakalářské práce

☒ posudek oponenta  
☒ diplomové práce

Autor: Bc. Miroslava Kozlová

Název práce: Sondová diagnostika nízkoteplotního plazmatu při depozičním procesu

Studijní program a obor:

Rok odevzdání: 2017

Jméno a tituly oponenta: Ing. Helena Poláková, Ph.D.

Pracoviště: Ústav fyziky a biofyziky, Přírodovědecká fakulta, JU

Kontaktní e-mail: hpolakova@prf.jcu.cz

### Odborná úroveň práce:

☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

### Věcné chyby:

☐ téměř žádné ☒ vzhledem k rozsahu přiměřený počet ☐ méně podstatné četné ☐ závažné

### Výsledky:

☒ originální ☐ původní i převzaté ☐ netriviální kompilace ☐ citované z literatury ☐ opsané

### Rozsah práce:

☒ veliký ☐ standardní ☐ dostatečný ☐ nedostatečný

### Grafická, jazyková a formální úroveň:

☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

### Tiskové chyby:

☒ téměř žádné ☐ vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet ☐ četné

### Celková úroveň práce:

☒ vynikající ☐ velmi dobrá ☐ průměrná ☐ podprůměrná ☐ nevyhovující

## **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:**

Předložená diplomová práce se zabývá sondovou diagnostikou nízkoteplotního plazmatu při depozice tenkých vrstev ITO. Tyto vrstvy byly připravovány pomocí unikátní plazmové technologie, která kombinuje dva planární magnetrony buzené simultánně pomocí RF napětí a pomocí HiPIMS pulzů. Hlavním cílem práce bylo diagnostikovat tento depoziční systém.

V teoretické části jsou úvodní kapitoly věnovány definici plazmatu a popisu parametrů plazmatu. Následující kapitoly jsou zaměřeny na nízkoteplotní technologické plazma a teorie pro vyhodnocování sondové diagnostiky plazmatu.

V praktické části je popsáno užití měřicí aparatury včetně možností uplatnění různých počítačových programů pro získání hledaných parametrů popisujících plazma. V poslední kapitole této části jsou analyzovány získané hodnoty těchto parametrů s jejich časovým vývojem, kde jsou zároveň diskutovány v závislosti na nastavených podmínkách depozice.

Studentka se seznámila s využitím nízkoteplotního plazmatu a s problematikou jeho diagnostiky. Zkonstruovala vlastní Langmuirovu sondu, připojila ji ke komerčnímu systému ALP a uvedla tuto jednotku ALP System<sup>TH</sup> do provozu. Dále provedla měření parametrů popisujících plazma, jako jsou elektronová hustota, teplota elektronů, potenciál plazmatu v časově rozlišeném módu, pro různé hodnoty tlaku v depoziční komoře, množství N<sub>2</sub> v pracovní atmosféře a různé hodnoty středního proudu HiPIMS zdroje. Pro různé depoziční podmínky byla také měřena pravděpodobnostní funkce energie elektronů. Autorka práce tak zpracovala velké množství dat a vytvořila 23 grafů, pomocí nichž diagnostikovala daný depoziční systém. Splnila tak všechny cíle, které byly definovány v zadání diplomové práce.

Po formální stránce je zpracování na výborné úrovni. Text je dobře čitelný, obrázky jsou kvalitní a grafy přehledné s popiskami. Po odborné stránce považuji práci za velmi rozsáhlou a přínosnou. Oceňuji především, že studentka zkonstruovala vlastní Langmuirovu sondu, se kterou úspěšně provedla sondovou diagnostiku na unikátním depozičním systému. Doporučuji uznat předloženou práci jako diplomovou s hodnocením výborně.

## **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

- V kapitole 2.1 popisujete, že důvodem konstrukce nové Langmuirovy sondy je to, že komerční sonda dodaná k systému ALP má příliš velký povrch. Můžete uvést rozměry této komerční sondy? Byla provedena pro srovnání také sondová diagnostika pomocí komerční sondy?
- V závěru práce uvádíte, že vliv množství dusíku v pracovní atmosféře nemá prakticky žádný dopad na hustotu elektronů. Případné odchylky jsou v rámci předpokládaných chyb měření. V práci se však téměř neuvádějí, jaké hodnoty dosahují chyby měření jednotlivých parametrů plazmatu. S jakou chybou jsou parametry zkoumaného výboje naměřené?
- Z grafů č. 12 a 17 vyplývá, že tvar pravděpodobnostní funkce v době, kdy je HiPIMS pulz napětí již vypnutý, prakticky vůbec nezávisí na tlaku ve vakuové komoře, ani na množství dusíku v pracovní atmosféře. Jaké další měření a zkoumání hybridního RF + HiPIMS zdroje plazmatu navrhuje, aby bylo možno tento jev vysvětlit?

**Práci**

☒ doporučuji

☐ nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:**

☒ výborně ☐ velmi dobře ☐ dobře ☐ neprospěl/a

Místo, datum a podpis oponenta:

*Pole*

V Českých Budějovicích, 8.1.2018