

Kapitola 9

Praktická cvičení v laboratoři

9.1 Depozice vrstev magnetronovým naprašováním

9.1.1 Popis experimentální aparatury

Experiment bude probíhat s využitím průmyslového magnetronu Alcatel SCM 650. Pracovní komora má tvar válce o průměru 65 cm a výšce 35 cm. Obsahuje chlazený držák substrátu a čtyři vodou chlazené terče o průměru 200 mm. Čerpání komory zajišťuje turbomolekulární pumpa předčerpávaná rootsovou vývěvou. Při depozici může být čerpací rychlost snížena pomocí škrcení pumpy. Pracovní plyny jsou do komory přiváděny přes regulovatelné průtokoměry, celkový tlak je měřen baratronem.

Dále k zařízení přísluší tři kontrolní skříně. Skříň s jedním ss. generátorem o max. výkonu 3,5 kW a jedním vf. generátorem o max. výkonu 1,2 kW. Skříň se dvěma vf. generátory (jedním o výkonu max. 1,2 kW a jedním o max. výkonu 0,5 kW) a kontrolní skříň, která obsahuje řídicí prvky a výstupy měřících prvků zařízení. Vysokofrekvenční generátor o max. výkonu 500 W se používá pro přivádění výkonu na držák substrátu, ostatní generátory jsou připojeny k terčům.

Zařízení je napájeno střídavým o frekvenci 50 Hz a napětí 400 V. Chlazení je uzavřeným

chladícím systémem vodou o teplotě 11-15 °C při tlaku 3 bary.

Alcatel SCM 650 je poloautomatický s řadou bezpečnostních jistění. Veškeré ovládání je vyvedeno na kontrolní panel. Terče jsou připevněny na podstavci, ve kterém je umístě vodou chlazený magnet o průměru 190 mm.

Mezi terčem a držákem substrátu se nachází 3/4 clona, která je otevřena pouze na 1/4 plochy, a tedy za statického režimu může být deponován materiál pouze z jednoho terče. Depozice může probíhat i v režimu rotace držáku substrátu, ve kterém držák substrátu rotuje rychlostí 30 otáček za minutu. V tomto režimu mohou být deponovány multivrstvy (vrstvy složené z několika vrstev z různých materiálů). Pokud používáme rotaci substrátu při depozici z jednoho terče, získáme tak za cenu nižší (v našem případě přibližně čtvrtinové) depoziční rychlosti homogennější vrstvy.

Napětí je na terč přiváděno přes přizpůsobovací člen. Protože je obtížné vyrobit cívku s proměnnou indukčností, je v praxi volena konfigurace s pevnou indukčností a měnitelnou kapacitou. Napětí je možné také přivádět přímo na držák substrátu, které způsobí, že vzroste tok iontů na substrát a střední energie iontů.

9.1.2 Dílčí úlohy laboratorního cvičení:

1. Vložení substrátu do komory a zapnutí čerpacího systému, zdokumentování experimentálního uspořádání do protokolu k praktiku (textem a fotografiemi)
2. Snížení čerpací rychlosti a připouštění argonu tak aby byl tlak v komoře 1 Pa - zdokumentování postupu a nalezené hodnoty do protokolu
3. Čištění terče - zdokumentování postupu a důvodů proč provádíme tento krok
4. Čištění substrátu - zdokumentování postupu a důvodů proč provádíme tento krok
5. Depozice vrstvy - zdokumentování postupu
6. ukončení depozice, vytažení vzorku

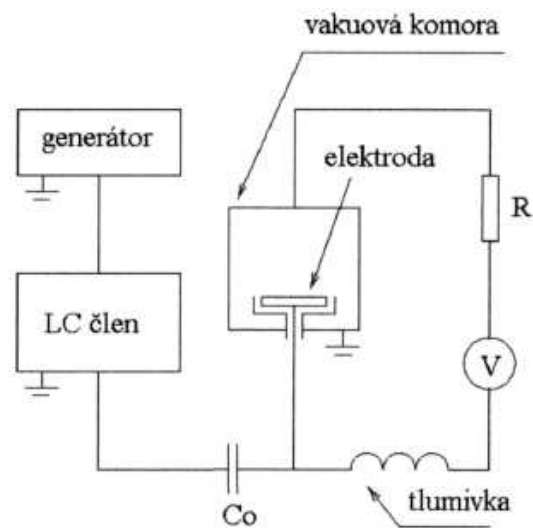
9.2 Depozice vrstev plazmochemickou metodou (PECVD)

9.2.1 Popis experimentální aparatury

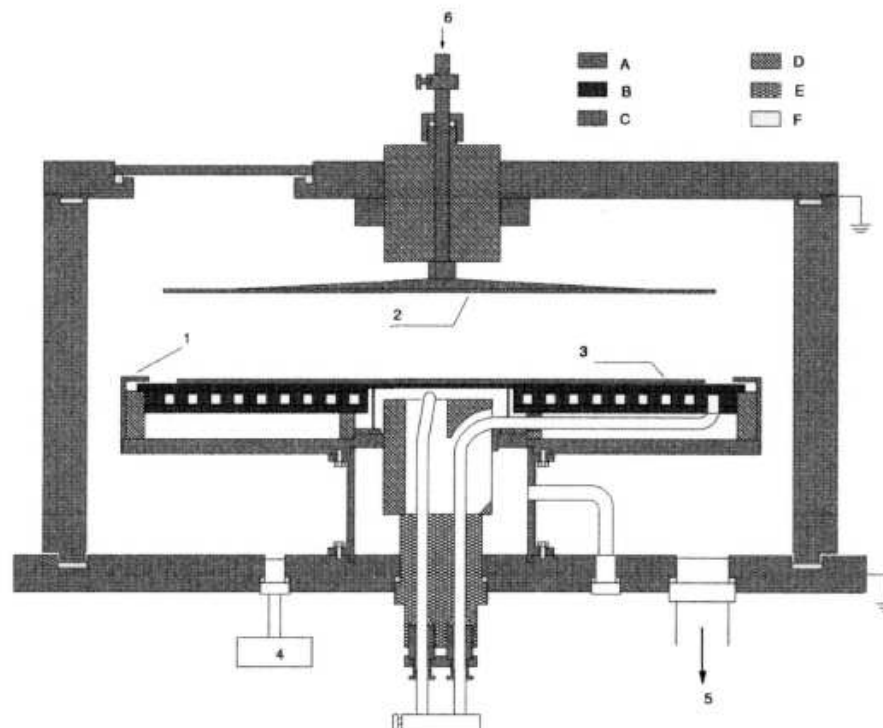
Pro depozici bude použit válcový reaktor planárního typu, se dvěma rovnoběžnými vnitřními elektrodami. Výboj je buzen vysokofrekvenčním generátorem cesar pracujícím na frekvenci 13.56 MHz s maximálním výkonem 300 W. Výkon dodávaný do plazmatu je během depozice měřen wattmetrem generátoru. Vysokofrekvenční signál je ze zdroje veden přes přizpůsobovací LC člen a oddělovací kondenzátor C0. Stejnosměrného předpětí měří elektronika generátoru. Elektrické schéma je na obrázku 9.1. Horní elektroda reaktoru o průměru 38 cm je pohyblivá. Její vzdálenost od dolní elektrody je možné měnit v rozmezí 1.0 až 6.5 cm. V našem případě bude vždy použita maximální vzdálenost 6.5 cm. Elektroda je zemněná. Spodní buzená elektroda o průměru 40 cm je měděná a slouží zároveň jako nosič substrátu. Reakční komora je čerpána systémem turbomolekulární a rotační vývěvy. Mezní tlak dosažitelný v komoře je řádově 10^{-2} Pa. Tlak byl měřen kapacitronem DM 22. Tlak během depozic se pohybuje od 1 Pa do 32 Pa. Průtoky užívaných plynů jsou řízeny elektronickými regulátory průtoku Hastings HFC. Páry HMDSO jsou získávány odpařováním kapalného organosilikonu ze skleněné baňky ponořené do vodní lázně termostatu. Průtok monomeru je regulován jehlovým ventilem a vypočítáván z nárůstu tlaku p za čas t po uzavření čerpacího otvoru. Výsledný průtok je dán vztahem

$$Q = \frac{\Delta p}{\Delta t} \frac{V}{p_{atm}}, \quad (9.1)$$

kde V je objem komory a p_{atm} je atmosférický tlak. Jestliže je tlak vyjádřen v Pa, objem v cm^3 a čas v minutách, pak je jednotkou průtoku standardní kubický centimetr sccm. Plyny jsou směřovány a promíchávány mimo reaktor ve směšovači a do reakční komory jsou vedeny přes otvory horní elektrody. Otvory jsou v elektrodě rozloženy středově symetricky v kruhu o průměru 18 cm. Celé experimentální uspořádání je na obrázku 9.2.



Obrázek 9.1: Schéma zapojení depoziční aparatury



Obrázek 9.2: Depoziční aparatura. A - ocel, B - měď, C - mosaz, D - teflon, E - flexon, F - těsnění. 1 - stínění, 2 - horní elektroda se sprchovou hlavou, 3 - spodní elektroda - držák substrátu, 4 - kapacitron, 5 - čerpání, 6 - přívod plynů.

9.2.2 Dílčí úlohy laboratorního cvičení

1. zapnutí čerpacího systému, porozumění funkci ventilů (čerpání přes odbočku a vymrazovačku nebo přímo vakuovou linií) - zdokumentování experimentálního

uspořádání do protokolu k praktiku (textem a fotografiemi)

2. stanovení nulové hodnoty kapacitronu - zdokumentování postupu a nalezené hodnoty do protokolu
3. stanovení natékání do aparatury - zdokumentování postupu a nalezené hodnoty do protokolu
4. nastavení průtoku kyslíku pomocí elektronického průtokoměru - zjištění tlaku v aparatuře pro několik různých hodnot průtoku (5 až 45 sccm)
5. nastavení průtoku par hexametyldisiloxanu přes jehlový ventil (průtok přibližně 4sccm) - zdokumentování postupu do protokolu zaznamenání tlaku
6. připravení 10% směsi hexametyldisiloxanu v kyslíku - zdokumentování postupu
7. zapálení vf výboje, manuální přizpůsobení výboje, testování různých výkonů (50 až 250 W) - zaznamenání samopředpětí pro různé výkony
8. ukončení depozice, vytažení vzorku