

# Studentská Vědecká Konference 2010

## VYSOKOVÝKONOVÁ PULZNÍ MAGNETRONOVÁ DEPOZICE TENKÝCH VRSTEV $ZrO_2$

Tomáš KORANDA<sup>1</sup>, Jiří REZEK<sup>2</sup>

### 1 ÚVOD

Oxid zirkoničitý ( $ZrO_2$ ) je keramický materiál s mnoha užitečnými vlastnostmi, jako je chemická stabilita, vysoký bod tání, velká dielektrická konstanta, vysoká tvrdost, odolnost proti otěru, nízká tepelná vodivost, transparence a vysoký index lomu. Tyto vlastnosti jej předurčují k využití v optice, mikroelektronice, tepelných povlakových bariérách, kloubních a zubních implantátech apod. Při zvyšování teploty dochází v tomto materiálu k fázovým přeměnám nejprve z monoklinické krystalové struktury do tetragonální a poté z tetragonální do kubické. Pro aplikace jsou žádány především právě vysokoteplotní fáze.

Vysokovýkonové pulzní magnetronové naprašování (High-Power Pulsed Magnetron Sputtering - HPPMS) přináší oproti klasickému dc magnetronovému naprašování významné výhody, na což upozornil Kouznetsov et.al. (1999). Díky pulznímu dodávání energie je možno zatížit rozprašovaný terč mnohem vyššími okamžitými výkony (řádově až několik  $kW/cm^2$  oproti desítkám  $W/cm^2$  u dc naprašování), aniž by došlo k přehřátí a poškození magnetronu.

Základní obtíží při reaktivní magnetronové depozici oxidových vrstev je vznik nevodivých oblastí na terči, které se nabíjejí kladným nábojem, tzv. otrávení terče. Následné vybíjení nahromaděného náboje vede k mikroobloukům, které negativně působí na kvalitu vznikající vrstvy. Oxidové oblasti na terči jsou nežádoucí také proto, že rozprašovací výtěžek oxidu je výrazně nižší, čímž je, mnohdy drasticky, snížena depoziční rychlost oproti rozprašování kovového terče. V prezentované práci je podán popis řízení průtoku kyslíku tak, aby bylo dosaženo vysoké depoziční rychlosti v tzv. přechodovém módu reaktivního naprašování a zároveň potlačena tvorba mikrooblouků. Jako zpětnovazební signál pro řízení průtoku je využit výbojový proud.

V dosud publikované literatuře, např. Glocker et al. (2004) a Sproul et al. (2004), jsou uváděny HPPMS reaktivní depozice oxidů s průměrnou výkonovou hustotou v periodě pulzu do  $10 W/cm^2$ , v prezentované práci byla použita průměrná výkonová hustota až  $100 W/cm^2$ .

### 2 VÝSLEDKY

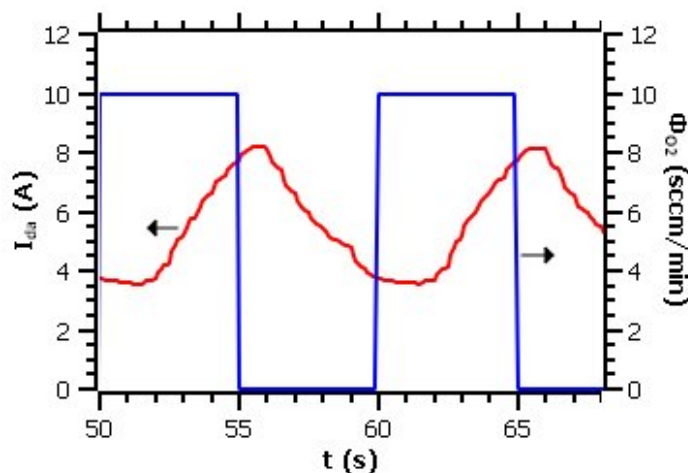
Obr. 1 ukazuje časový průběh průtoku kyslíku a střední hodnoty výbojového proudu za dobu periody. Je-li napouštění kyslíku zapnuto, terč se postupně otravuje, což vede k nárůstu výbojového proudu. Když proud přesáhne nastavenou mez, dojde k vypnutí průtoku kyslíku.

---

<sup>1</sup> Bc. Tomáš Koranda, student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná fyzika a fyzikální inženýrství, specializace Fyzika technologických procesů, e-mail: korandat@students.zcu.cz

<sup>2</sup> Ing. Jiří Rezek, student doktorského studijního programu Fyzika plazmatu a tenkých vrstev, ZČU v Plzni, FAV, Katedra fyziky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, e-mail: jrezek@kfy.zcu.cz (vedoucí práce)

Z povrchu terče se pak odprašuje oxidová vrstva a proud klesá, až dosáhne minimální meze, kdy je znovu zapnuto napouštění kyslíku.



**Obr. 1:** Řízení průtoku kyslíku střední hodnotou výbojového proudu

Výkon byl do plazmatu dodáván z vysokovýkonového pulzního zdroje Huettinger HMP2/1\_P20 Generator. Opakovací frekvence pulzů byla 500 Hz, celkový tlak v depoziční komoře byl 2 Pa. Rozprašován byl kruhový zirkoniový terč o průměru 100 mm. Při různých hodnotách výkonové hustoty ( $5 - 100 \text{ W/cm}^2$ ), střídy (0,025 – 0,1) a mezi výbojového proudu pro vypnutí a zapnutí napouštění kyslíku bylo dosaženo depozičních rychlostí v rozsahu 12 – 96 nm/min. Transparence vrstev se také liší podle depozičních podmínek. Protože vrstvy měly různou tloušťku, danou depoziční rychlostí, je přesnější posuzovat namísto transparence extinkční koeficient vrstev  $k$ . Jako nejlepší se jeví kombinace depoziční rychlosti  $a_D = 70 \text{ nm/min}$  a transparence 89 % ( $k = 0,008$ ) ( $50 \text{ W/cm}^2$ , střída 0,05) nebo  $a_D = 96 \text{ nm/min}$  a transparence 81 % ( $k = 0,011$ ) ( $100 \text{ W/cm}^2$ , střída 0,1). Rentgenovou difrakcí byla ve vrstvách detekována směs monoklinické a tetragonální fáze, přičemž zrna tetragonální fáze nepřesáhla 20 nm a byla systematicky menší, než zrna monoklinické fáze.

### 3 ZÁVĚR

Byl popsán systém řízení průtoku kyslíku při reaktivní vysokovýkonové pulzní magnetronové depoziční, umožňující nanášet transparentní vrstvy  $\text{ZrO}_2$  v přechodovém módu s depoziční rychlostí až 96 nm/min bez větších obtíží s mikrooblouky.

### LITERATURA

D.A. Glocker, M.M. Romach, D.J. Christie, W.D. Sproul, *47st Annual Technical Conference Proceedings of the Society of Vacuum Coaters* (2004)

V. Kouznetsov, K. Macák, J. M. Schneider, U. Helmersson, I. Petrov, *Surface and Coatings Technology* 122 (1999) 290–293

W.D. Sproul, D.J. Christie, D.C. Carter, *47st Annual Technical Conference Proceedings of the Society of Vacuum Coaters* (2004)