

Tenké vrstvy

N. H. Hoang

Gymnázium a SOŠ dr. Václava Šmejkala, Stavbařů 2857/5, Ústí nad Labem

hoangjosef@gmail.com

18. června 2019

Abstrakt

Tenké vrstvy o mikrometrové tloušťce našly uplatnění v různých oborech – elektronice, energetice, ale i v běžném životě. Tato práce se zabývá tvorbou tenké vrstvy relativně novou metodou nanášení *Ionised Jet Deposition (IDJ)* – přenesením materiálu pomocí elektrického výboje. Vzniklá tenká vrstva je následně charakterizována s využitím rentgenové difrakce pro určení krystalické struktury a tloušťky vrstvy.

1 Úvod

Velké množství materiálů často vyžaduje různé povrchové úpravy pomocí tenkých vrstev. Tyto úpravy mohou sloužit jako ochrana (v případě ochranného povrchu železných tyčí v jaderném reaktoru), poskytovat nové, případně vylepšené vlastnosti (antireflexní vrstvy na sklech brýlí nebo vodivý povrch displejů dotykových zařízení) nebo mohou mít čistě dekorativní účel (zejména vrstvy zlatavé barvy). Tenké vrstvy v nich použité mají tloušťku nejčastěji v řádu mikrometrů. Mohou být nanášeny různými způsoby, od nejjednoduššího nástřiku přes galvanické pokovení a elektroforézu až ke složitějším přístrojovým depozicím. V našem projektu se zabýváme tenkou vrstvou nitridu titanu – nanesením metodou *Ionised Jet Deposition (IJD)* používající přenos materiálu pomocí elektrického výboje a následnou analýzou krystalické struktury a tloušťky vrstvy, kde se využívá rentgenové difrakce.

2 Příprava vrstvy

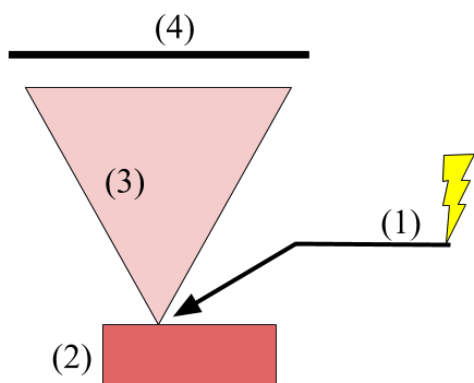
Nitrid titanu

Nitrid titanu TiN je tmavý hnědý prášek, nejčastěji se však využívá v hladkých vrstvách, ve kterých má zlatavou barvu. Kromě jeho dekorativní barvy se využívá i jeho odolnosti a tvrdosti, například v ochranných površích chirurgických nástrojů, medicínských implantátů a strojních součástí, například vrtáků. [3]

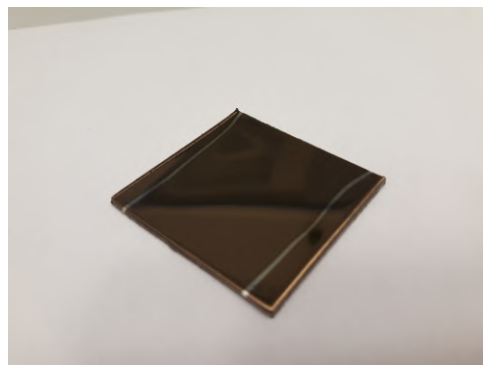
Metoda Ionised Jet Deposition

Metoda nanášení Ionised Jet Deposition spočívá ve vytvoření elektrického výboje (1), kterým ostřelujeme terčik (2) z materiálu, který chceme nanést. V našem případě se

jedná o kovový titan (v průběhu depozice se sloučí s dusíkem přítomným v komoře za vzniku nitridu titanu). Po zasažení dochází k povrchové explozi materiálu a jeho emisi do okolí (3) ve formě plazmy. Ta se pak uchycuje na žádaný substrát (4) a vzniká tenká vrstva o složení shodném s terčíkem, nebo kombinovaném s přítomným pracovním plynem (v našem případě tedy dusíkem).



(a) Schéma procesu



(b) Vzniklá vrstva TiN (zlatavá barva) na ocelovém podkladu (stříbrolesklý)



(c) Přístroj na IJD, celkový pohled

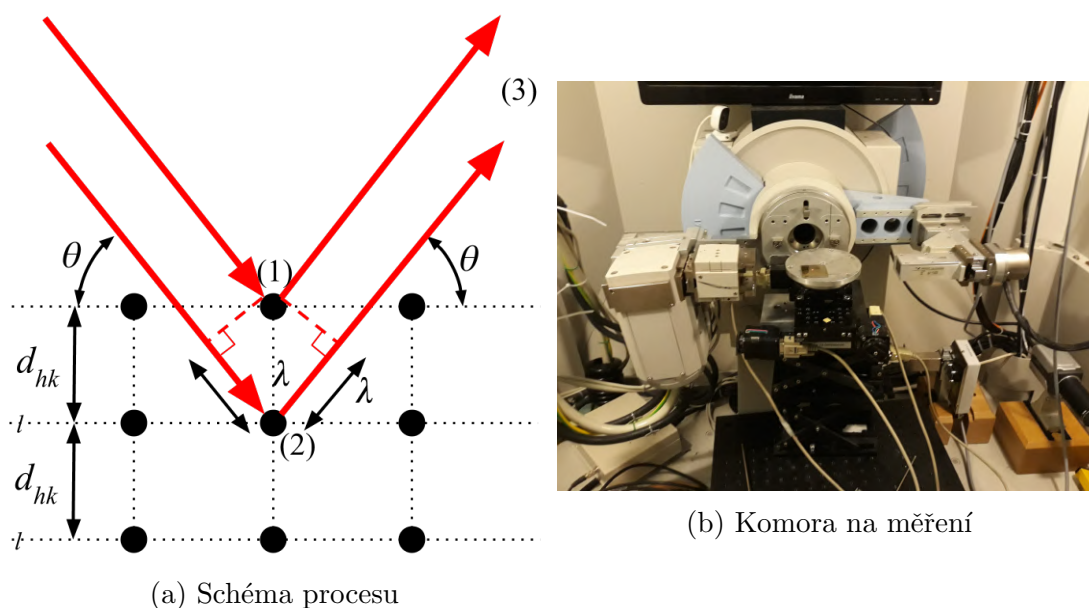
Obrázek 1: Ionised Jet Deposition

3 Rentgenová difrakce

K analýze vytvořené tenké vrstvy se využívá rentgenové difrakce dle obr. 2a. Příchozí koherentní rentgenové záření se rozptyluje na částicích v různých rovinách (označených obecně Millerovými indexy hkl krystalické mřížky (1 a 2), jejich dráhy jsou ale různé a po rozptylu spolu budou interferovat/difraktovat (3). Z geometrie pak můžeme zjistit vzdálenost mezi těmito rovinami na základě známé vlnové délky a úhlu θ , na kterých

došlo ke konstruktivní interferenci dle Braggovy rovnice:

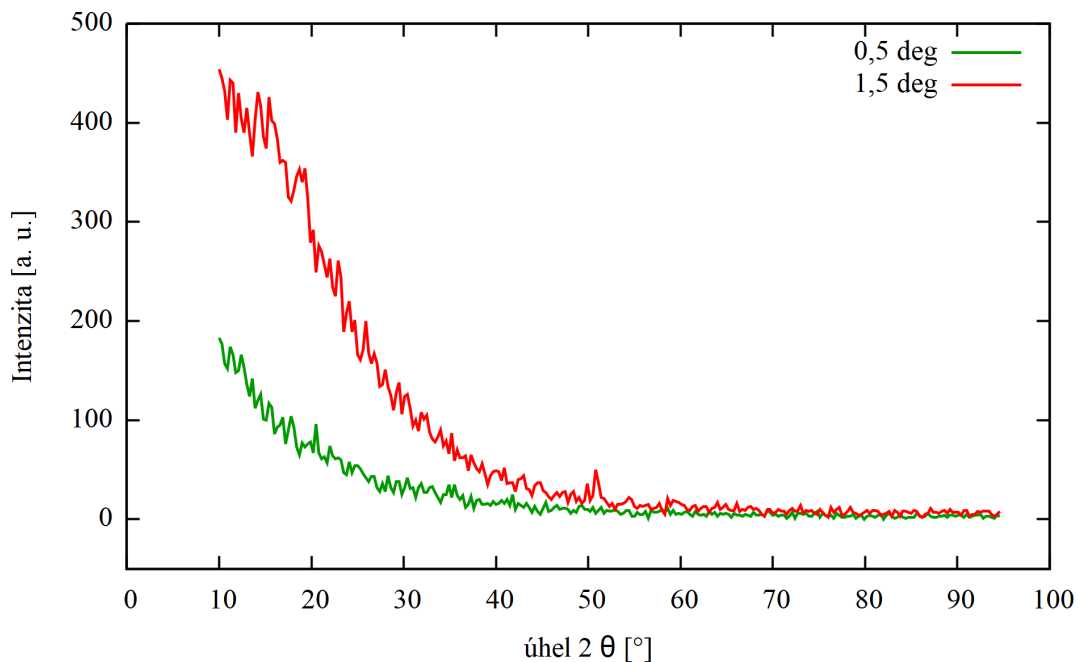
$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta$$



Obrázek 2: Rentgenová difrakce

U rentgenové difrakce máme dva různé způsoby: symetrickou a asymetrickou. U symetrické se pohybují zdroj rentgenového záření i detektor a používá se obecně na zkoumání krystalické struktury ve větší hloubce (jednotky až desítky μm), také měří pouze roviny v krystalech, které jsou rovnoběžné se zkoumaným povrchem. Asymetrický způsob spočívá v pohybu pouze detektoru, zdroj záření zůstává pod nízkým úhlem (jednotky stupňů) a umožňuje měřit všechny roviny v krystalech nezávisle na jejich orientaci. Také neproniká tak hluboko (řádově pouze stovky nanometrů), tento způsob je narozdíl od symetrického schopen zaznamenat i takto tenké vrstvy. [2]

Při měření krystalické struktury vytvořené tenké vrstvy jsme použili asymetrickou metodu, kde úhel zdroje záření byl $0,5$ a $1,5^\circ$ a detektor se pohyboval v úhlech $-$. Změřená intenzita rentgenového záření v závislosti na úhlu θ je na grafu na obr. 3. Vzhledem k absenci zřetelných difrakčních peaků lze usoudit, že TiN ve vrstvě je amorfního charakteru. Lze předpokládat, že toto bylo způsobeno příliš rychlým ochlazením materiálu, tedy nedošlo k vytvoření dostatečně velkých měřitelných krystalů. Dále jsme měřili tloušťku tenké vrstvy. Rentgenové záření se při průchodu vrstvou exponenciálně zeslabuje. Je tedy možné změřit intenzitu rentgenového záření na podložce bez nanosené vrstvy a s ní, a na základě rozdílu mezi intenzitami pak dopočítat tloušťku vrstvy. Tímto výpočtem jsme určili tloušťku vytvořené tenké vrstvy na $0,5 \mu\text{m}$ (dle [1] je chyba určení touto metodou přibližně 20 %).



Obrázek 3: Závislost intenzity difraktovaných RTG paprsků na úhlu při měření asymetrické rentgenové difrakce

4 Shrnutí

V rámci projektu byla vytvořena tenká vrstva TiN metodou Ionised Jet Deposition využívající přenos materiálu ve formě plazmatu generovaného elektrickým výbojem. U vzniklé vrstvy byla následně charakterizována struktura a tloušťka vrstvy použitím asymetrické a symetrické rentgenové difrakce. Krystalická struktura nebyla naměřena, tedy předpokládáme vzhledem k procesu vzniku amorfni charakter. Tloušťka vrstvy byla měřena pomocí poklesu intenzity difraktovaných paprsků a byla určena na $(0,5 \pm 20\% \mu\text{m})$

Poděkování

Chtěl bych poděkovat lektorům projektu, Ing. Jiřímu Černému a Štěpánu Nekvindovi a Katedře inženýrství pevných látek za možnost zpracovávat toto velmi zajímavé téma. Dále bych chtěl poděkovat Týdnu vědy na Jaderce, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. a Ing. Kateřině Jirákové za pořádání této velmi zajímavé přínosné akce.

Odkazy

- [1] Kraus, Ivo. *Úvod do strukturní rentgenografie*. Academia, 1985.
- [2] Pecharsky, Vitalij K. a Zavalij, Peter Y. *Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials*. 2. vyd. Springer, 2009. ISBN: 978-0-387-09578-3.
- [3] Wikipedia contributors. *Titanium nitride* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 18-June-2019]. 2019. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Titanium_nitride&oldid=900058937.