

Vyjádření školitele k disertační práci

Structural study of nanocrystalline titanium oxide films and their temperature stability

Autorka: Lea Chlanová

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Oxid titaničitý je dlouho známá a intenzivně využívaná látka. Známa je např. titanová běloba. V rozměrech částic řádově stovky nanometrů představuje na světovém trhu významnou komoditu jako pigment pro výrobu barev, široké uplatnění nachází v potravinářské výrobě i v dalších odvětvích. Posledních cca 15 let se kromě práškové formy začaly hojně připravovat a využívat tenké vrstvy a také např. nanotrubičky. Bylo zjištěno, že vrstvy mohou vykazovat velmi dobré fotokatalytické vlastnosti a také vysokou smáčivost vody, která zabraňuje tvorbě kapek. K tomuto dochází až po ozáření, a pro čistý TiO₂ je třeba použít UV záření. Tyto vlastnosti ale výrazně závisí také na fázovém složení a mikrostruktuře vrstev a nejlepší jsou obvykle pro nanokrystalické vrstvy. Vrstvy lze připravit různými metodami. Velmi často jsou po přípravě amorfni, což není z hlediska uvedených metod optimální.

Práce byla zaměřena jednak na studium možností připravit nanokrystalické vrstvy žiháním amorfni vrstev, na studium depozičních podmínek, za kterých lze připravit přímo nanokrystalické vrstvy a následně studium jejich fázového složení a teplotní stability mikrostruktury. Pro studium byly zvoleny zejména magnetronově naprášené vrstvy, které jsou obvykle dostatečně homogenní. Studium těchto vrstev bylo prováděno ve spolupráci s katedrou fyziky, Fakulty aplikovaných věd, ZČU v Plzni, která patří ke špičce v oblasti plazmatického nanášení vrstev.

Rtg difrakce může poskytnout celou škálu informací o materiálu (parametry jako fázové složení, struktura, mikrostruktura, napětí atd.). Ukázalo se, že pro uvedené vrstvy hrají prakticky všechny tyto parametry určitou roli a lze je dobře studovat. Proto byla tato práce zaměřena na využití této metody.

V průběhu práce byla získána řada zajímavých výsledků, které byly většinou i publikovány. Na druhou stranu zdaleka ne všechny experimentální výsledky zahrnula doktorandka do práce. Ta by totiž ztratila na přehlednosti a často se také jednalo o řadu dílčích výsledků na cestě hledání optimálních depozičních podmínek. Byly také studovány oxynitridy a v jiné sérii různé substráty.

Nejzajímavější výsledky ale v práci jsou. U vrstev, které se podařilo připravit jako nanokrystalické se jednak projevil gradient složení, který odhalilo hloubkové profilování rtg difrakcí a ukázalo se, že nanokrystalická struktura je stabilní až do teplot nad 400 °C. Velká pozornost byla věnována krystalizaci amorfni vrstev a její závislosti na tloušťce vrstvy. Tam již byla indikace závislosti rychlosti krystalizace na tloušťce z dřívější práce. Tato závislost se prokázala. Podrobná nejen teplotní ale i časová studia krystalizace ukázala, že při ní vznikají tahová napětí, která jsou vyšší pro tenčí vrstvy. Tato napětí pak působí proti další krystalizaci a vedou tak k její tloušťkové závislosti ve smyslu pomalé krystalizace pro velmi tenké vrstvy. Zároveň se ukázalo, že při krystalizaci amorfni vrstev krystality vcelku rychle rostou nad 100 nm (při teplotách výrazně nižších než jsou stabilní výše uvedené nanokrystalické vrstvy) a prakticky tímto způsobem nelze připravit nanokrystalické vrstvy. Tento výsledek byl potvrzen i měřeními na dalších vrstvách připravených jinými metodami tzv. fyzikální depozice. Chování sol-

gel vrstev je ale odlišné a bližší práškům (krystalizace probíhá od velmi malých krystalitů pomalu rostoucích s teplotou resp. časem).

Za velmi přínosnou považuji těsnou spolupráci doktorandky s dalším mým doktorandem Zdeňkem Matějem, zejména při studiu textur a napětí, což vyústilo k významnému rozšíření softwaru pro celkové zpracování difrakčního záznamu, který Zdeněk Matěj vyvíjel.

Publikováno bylo vcelku 11 různě dlouhých příspěvků. Považuji za svoji chybu, že jsem si rezervoval první místo mezi autory, zejména na dvou nejrozsáhlejších člancích. Důvodem bylo to, že tyto články byly spojeny s mými zvanými přednáškami na dvou mezinárodních konferencích. Naproti tomu doktorandka prezentovala výsledky také v přednáškách na prestižních mezinárodních konferencích a to zejména na Evropském krystalografickém kongresu ECM-25 v Istanbulu a na evropské konferenci EPDIC ve Varšavě, kdy pouze druhá vedla k recenzované publikaci. Ve formě posterů pak měla prezentace ještě na dalších mezinárodních akcích, např. ECM v Maroku. Účastnila se dále konferencí Struktura pořádaných pravidelně Krystalografickou společností a v jejím rámci i přehlídky studentských prací. V průběhu studia získala víceletý grant UK (GaUK) související s disertační prací, který úspěšně řešila.

V závěrečné fázi práce, kdy jsme chtěli ještě ověřit získané výsledky na některých dalších vrstvách, nastoupila doktorandka na mateřskou dovolenou a nakonec se z toho vyvinula více než šestiletá pauza, kdy práce na tomto tématu prakticky vůbec nepokračovala. To se samozřejmě projevuje v aktuálnosti disertace, ale nikoli v kvalitě. Důsledkem delšího odstupu je naopak nárůst počtu citací na tyto práce, kterých je nyní bez autocitací 88 a vede to k h-indexu doktorandky o hodnotě 7. Dovedl bych si představit větší samostatnou aktivitu doktorandky zejména např. při spolupráci s partnerským pracovištěm a získání dalších charakteristik vrstev, ale musím konstatovat, že prokázala schopnost vědecké práce, pílí i zodpovědnost a jsem přesvědčen, že práce splňuje požadavky kladené na disertační práci, doporučuji ji k obhajobě a stejně tak doporučuji doktorandce udělit titul Ph.D.

V Praze 9. 2. 2018

prof. RNDr. Radomír Kužel, CSc.

školitel