

Vliv teploty substrátu na vlastnosti tenkých YBCO vrstev připravených metodou IJD

Jakub Skočdopole¹

¹Department of Solid State Engineering, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University in Prague
jakub.skocdopole@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Příprava tenkých vrstev vysokoteplotních supravodičů je velmi aktuální problematika, protože se v současné době vysokoteplotní supravodiče stále častěji uplatňují v praxi a je potřeba optimalizovat jejich výrobu ve všech formách. Metoda Ionized Jet Deposition (IJD) by mohla být vhodný způsob jak tyto vrstvy připravovat v průmyslovém měřítku. V současnosti je vyvíjen postup jak tyto vrstvy pomocí IJD připravit. Studium vlivu teploty substrátu během depozice je zásadní parametr, který ovlivňuje fázové složení připravené vrstvy vysokoteplotních supravodičů na bázi YBCO.

Keywords: Ionized Jet Deposition; Vysokoteplotní supravodiče; Rentgenová difrakce.

Úvod

Všechny vysokoteplotní supravodivé materiály, které se používají v praxi, jsou keramiky. Keramiky nejsou vhodné pro přípravu vodičů ve formě drátů, důsledkem jejich mechanických vlastností, a proto je nutné tyto materiály připravovat ve formě tenkých vrstev. Technologický pokrok umožnil ekonomicky výhodné použití supravodivých kabelů chlazených kapalným dusíkem. Použití supravodivých kabelů je možné zejména na krátké vzdálenosti a nižší napětí, kde jsou elektrické ztráty největší. Tyto kabely také zabírají výrazně méně místa než klasické měděné vodiče. Kombinace těchto vlastností dělá ze supravodivých kabelů ideální volbu pro páteřní podzemní elektrické sítě ve městech nebo na krátké vzdálenosti mezi elektrárnami a energeticky náročnými provozy. Vysokoteplotní supravodivé kabely lze použít i v elektromagnetech s možností vytvoření extrémně silného magnetického pole [1]. Tato silná magnetická pole jsou nezbytná např. pro technologie fúzních elektráren, jako je ITER.

Na přípravu tenkých vrstev vysokoteplotních supravodičů se jeví jako vhodný kandidát metoda Ionized Jet Deposition (IJD), která byla vyvinuta v posledních letech týmem italské společnosti Noivion srl. IJD je fyzikální metoda napařování, která využívá pulzní elektronový svazek k ablaci terčíku. Teplota substrátu během depozice je klíčová pro úspěšnou přípravu supravodivých tenkých vrstev, protože významně ovlivňuje růst supravodivé fáze $Y_1Ba_2Cu_3$.

Experiment

Byla připravena serie vzorků při různých teplotách substrátu za účelem nalezení vhodné teploty pro přípravy supravodivé fáze $Y_1Ba_2Cu_3$. Teploty substrátů byly zvoleny na základě předchozích zkušeností s depozicí a na základě studia literatury [2]. Vzorky byly připraveny za teplot R.T., $700^\circ C$, $730^\circ C$, $750^\circ C$, $770^\circ C$ a $830^\circ C$. Jako pracovní plyn byl použit kyslík a zbývající depoziční parametry jsou uvedeny v tabulce 1.

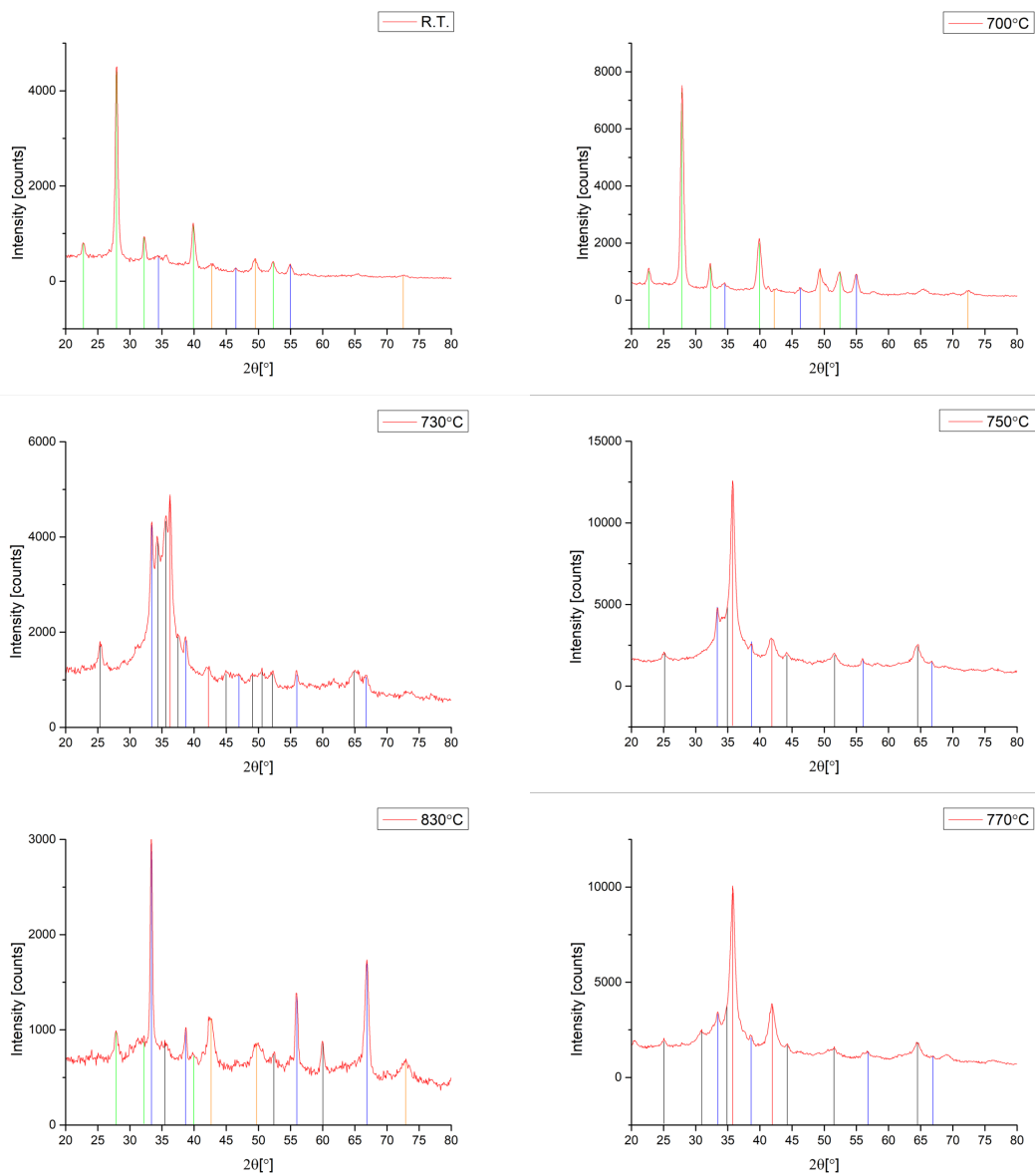
Tabulka 1: Depoziční parametry metody IJD pro serii vzorků

Název	YBCO(R.T.-830)
Vzdálenost [mm]	120
Urychlující napětí [kV]	14
Doba depozice [min]	20
Frekvence [Hz]	20
Substrát	Bruker tape
Teplota substrátu [$^\circ C$]	R.T.-830

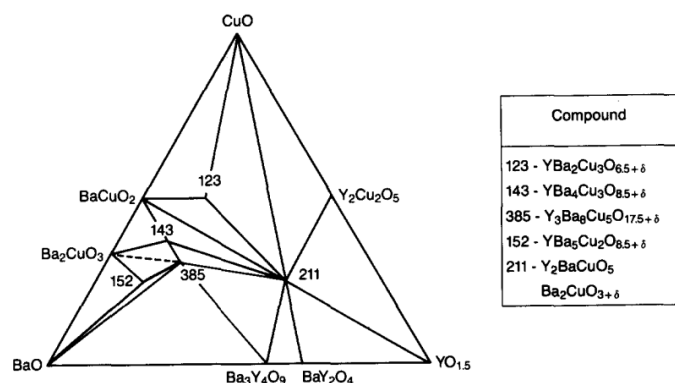
Všechna měření vzorků tenkých vrstev byla provedena difraktometrem X'Pert PRO MPD (PANalytical) vybaveným detektorem X'Cellerator. Byla použita rentgenka $CoK\alpha$ ($\alpha = 0,179026 \text{ nm}$), nastavená do geometrie tečného svazku. Úhel mezi primárním zdrojem a rovinou filmu byl 3° .

Výsledky a Diskuze

Fázové složení vzorků deponovaných při pokojové teplotě a při teplotě $700^\circ C$ se téměř neliší. Tyto vrstvy se rozpadají na jednotlivé prekurzory a to na $BaCO_3$, Cu_2O a Y_2O_3 . Z difrakčního záznamu vzorku připraveného při teplotě $730^\circ C$ je možné pozorovat začátek tvorby víceprvkových fází oproti fázím jednotlivých prekurzorů. Ideální teplota pro přípravu vzorků se zdá být mezi $750^\circ C$ a $770^\circ C$. Vzorky připravené při těchto teplotách se příliš neliší ve svém fázovém složení, což koresponduje s ternárním diagramem Obr. 2. V rozmezí těchto teplot by se mohla vytvářet hledaná fáze $Y_1Ba_2Cu_3$. Data získaná z [3] naznačují, že připravené vrstvy mají vyšší obsah yttria a nižší obsah barya, než je požadovaný poměr nutný pro růst supravodivé fáze. Poslední vzorek, připravený při teplotě $830^\circ C$, je opět částečně rozložen na jednotlivé prekurzorové fáze, ale zároveň obsahuje fázi $Y_2Ba_1Cu_1$. Toto je nejspíše důsledek příliš vysoké teploty během depozice, která ve výsledku vede k rozkladu ternárních fází.



Obrázek 1: Difrakční záznamy připravených vrstev. Zeleně označená maxima odpovídají $BaCO_3$. Oranžově označená maxima odpovídají Cu_2O a CuO . Modře označená maxima odpovídají Y_2O_3 . Černě označená maxima odpovídají $Y_2Ba_1Cu_1$. Červeně označená maxima odpovídají $CuYO_2$.



Obrázek 2: Ternární diagram systému YBaCuO[4]

Závěr

Pro přípravu supravodivých vrstev pomocí IJD se zdá být nejvhodnější teplota substrátu okolo $780^\circ C$. Celkově bude pravděpodobně nutné upravit především chemické složení filmů, které přesně neodpovídá požadované $Y_1Ba_2Cu_3$ fázi. Tuto úpravu lze provést dvěma způsoby. První je úprava chemického složení terčů tak, aby výsledný film měl požadované složení. Druhým způsobem, jak dosáhnout požadovaného chemického složení vrstev, je zvýšení urychlovacího napětí a tím zvýšení energie elektronového paprsku a zajištění stechiometricky přesného přenosu materiálu mezi terčem a vrstvou.

Reference

- [1] P. Zhao et. al. Fabrication of ybco film patterns and their properties. *Superconductor. Science and Technology* **21**(12): 1-4, 2008.
- [2] V. I. Dediu, et. al. Deposition of $MBa_2Cu_3O_{7-x}$ thin films by channelspark Method. *Supercond. Sci. Technol.* **8**(1): 160-164, 1995.
- [3] J. Skocdopole et. al. Transport coefficients in Y-Ba-Cu-O system for ionized jet deposition method *IEEE Transactions on Applied Superconductivity* **31**(5): 1-3, 2021.
- [4] D.M. De Leeuw et. al. TCompounds and phase compatibilities in the system Y_2O_3 -BaO-CuO at $950^\circ C$ *Physica C: Superconductivity* **152**(1): 39-49, 1988.

Acknowledgement

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/183/OHK4/3T/14.