

Vylepšení transparentní keramiky: Kombinace experimentu a teorie odhaluje nové možnosti

7.3.2025 - | Grantová agentura ČR

Cihly, soška Věstonické venuše nebo nádobí. Výroba keramických předmětů je známa již od pravěku a provází lidstvo celým vývojem civilizace. Minulé století bylo ve znamení přechodu od přírodních keramických surovin k vysoce čistým syntetickým keramickým materiálům s výjimečnými vlastnostmi. Před padesáti lety jsme se tak mohli dočíst například o japonském keramickém automobilovém motoru, který snášel velmi vysoké pracovní teploty a přitom nepotřeboval chlazení.

Devadesátá léta 20. století byla obdobím intenzivního výzkumu konstrukčních a pevných keramik, které bylo možné využít při vysokých teplotách či ve velmi korozivním prostředí. Počátek 21. století je obdobím neméně intenzivního výzkumu přípravy a unikátních vlastností keramik v oblasti optických aplikací.

Keramické materiály se vyrábí metodami práškové metalurgie tak, že se jemné keramické prášky nejdříve za studena zhutní na hodnotu kolem 60 % teoretické hustoty a pak se za vysoké teploty spékají, přičemž vzniká kompaktní materiál. Tvar předmětu zůstává přibližně stejný, úměrně se ale zmenší jeho rozměry. Konečné vlastnosti keramiky lze ovlivnit nejen výběrem keramického materiálu a vhodnými parametry zpracování, ale také použitím stopových příměsí – dopantů. Dopanty lze výrazně měnit i elektrické nebo optické funkční vlastnosti.

Hlavním cílem projektu financovaného GA ČR bylo připravit a charakterizovat transparentní oxid hlinitý a dopovat ho prvky vzácných zemin a přechodových kovů tak, aby došlo k vyvolání fotoluminiscenčních efektů. Transparentní keramika pro optické a optoelektronické aplikace dnes představuje velmi dynamicky se rozvíjející trh. Víme, že průhlednost keramiky je podmíněna plnou hustotou (je tedy zcela eliminovaná porozita), vysokou homogenitou a ultrajemnozrnnou mikrostrukturou (velikost zrn nesmí přesáhnout vlnovou délku světla). Cílené dopování se využívá nejen pro zjemnění mikrostruktury transparentního oxidu hlinitého, ale i k vyvolání luminiscenčních vlastností. K tomu je nezbytné, aby byl dopant v keramice rozptýlen co nejhomogenněji.

Demonstrace průhlednosti vzorku spinelové keramiky $MgAl_2O_4$

Homogenní rozptýlení dopantu ale není zdaleka triviální problém, neboť oxidy vzácných zemin se do systému vnášejí ve formě nanooxidů homogenně přimíchaných do vstupního prášku oxidu hlinitého. Ionty dopantů se naštěstí v matici oxidu hlinitého špatně rozpouštějí a segregují na hranicích zrn slinované keramiky, což vede k poměrně rychlému rozptýlení způsobenému vysokou difuzivitou podél hranic zrn. Pokud je ale optimální koncentrace dopantu překročena nebo není homogenizace dostatečná, dopant zčásti zůstane ve formě původních oxidů a požadované optické vlastnosti se výrazně zhorší.

„Hlavním přínosem naší práce na projektu bylo zvládnutí náročné technologie přípravy transparentní dopované či dokonce kodopované Al_2O_3 keramiky s luminiscenčními vlastnostmi. Připravit takový materiál je složité nejen kvůli optické dvojlomosti Al_2O_3 keramiky, ale také kvůli extrémně nízké rozpustnosti dopantů v matici. Naopak výhodami tohoto materiálu jsou vysoká tvrdost a pevnost v

tlaku, excelentní chemická stabilita a v neposlední řadě vysoká tepelná vodivost důležitá pro stabilitu vysokovýkonových součástí, jako jsou například pevnofázové lasery. Mezi další aplikační oblasti patří dozimetry, scintilátory, LED svítidla s vysokým jasnem, optická vlákna atd.,“ říká prof. Karel Maca. „Kromě Al_2O_3 keramiky jsme připravili také transparentní luminiscenční MgAl_2O_4 a c- ZrO_2 dopovanou keramiku. Dalším důležitým přínosem naší práce pak bylo vytvoření teoretických modelů pro rozpouštění dopantů v matici a následná experimentální verifikace těchto modelů,“ uzavírá řešitel projektu.

<https://gacr.cz/vylepseni-transparentni-keramiky-kombinace-experimentu-a-teorie-odhaluje-nove-moznosti>