

Pārejas metālu oksīdu nanodaļiņu elektrisko īpašību izpēte un to pielietojamība ReRAM ierīcēs

Projekta numurs: SJZ/2017/11

Ivita Bite

Cietvielu radiācijas fizikas laboratorija

www.lum.lv

Hafnija dioksīds (HfO_2) tiek aizvien plašāk pētīts un industriāli izmantots pateicoties savu labo īpašību dēļ: augsta dielektriska konstante (pusvadītāju ierīču ražošanā), augsta $I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$ attiecība (ReRAM ierīču ražošanā), augsta kušanas temperatūra (termopāru ražošanā).

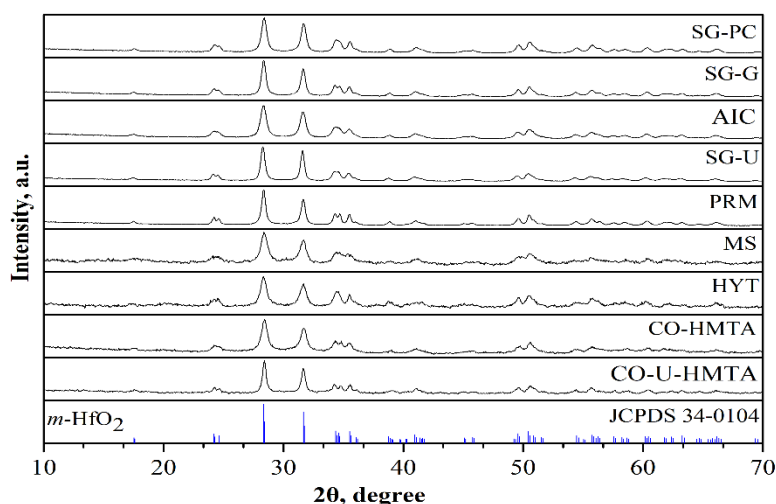
Zinātniskajā literatūrā ir pieejama plaša informācija par dažādām ķīmisko sintēžu metodēm HfO_2 nanodaļiņu iegūšanai: sola-gēla (SG), pašaiždegšanās (CO), izgulsnēšanās (PRM), hidrotermālā (HYT), mikroviļņu asistētā (MW) un kausēto sāļu (MS) metode.

Šajos literatūras avotos HfO_2 nanomateriālu fizikālās īpašības (optiskās, elektriskās, morfoloģija u.c.) tiek analizētas vienas ķīmiskās sintēzes ietvaros. Savukārt, nav atrodama informācija par pētījumiem, kuros apskatīta HfO_2 nanomateriālu fizikālās īpašības atkarība no izvēlētās ķīmiskās sintēzes metodes. Šī likumsakarība ir ļoti būtiska rūpnieciskajā ražošanā, jo ne tikai HfO_2 , bet arī citi pārejas elementu oksīdu nanomateriāli tiek plaši izmantoti industriālām vajadzībām, piemēram, cirkonija dioksīda savienojumi tiek izmantoti keramikas ražošanā, skābekļa sensoros, degvielu šūnu membrānās, siltumizolācijas pārklājumos un citur.

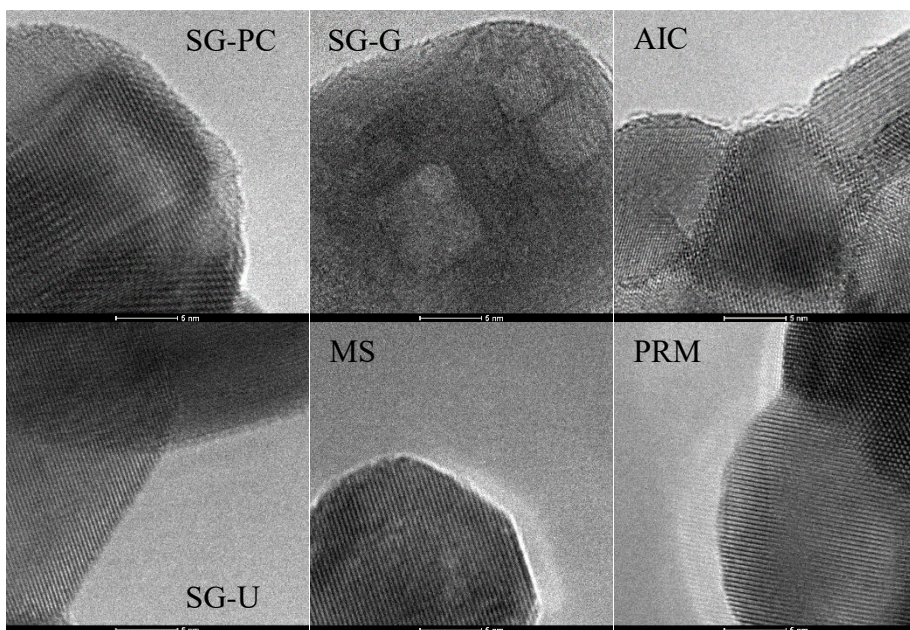
Šī projekta mērķis ir izpētīt HfO_2 nanomateriālu fizikālo īpašību atkarību no ķīmisko sintēžu metodēm. Projekta laikā tika sintezēti ar eiropiju (Eu) un niobiju (Nb) aktivēti un neaktivēti HfO_2 nanomateriāli ar sešām dažādām ķīmisko sintēžu metodēm (iepriekš tekstā uzskaitītām). Aktivatori ir elementi, kurus pievieno nelielā daudzumā vielas matricai, lai izveidotu lādiņu nesējcentrus. Sarežģītākais posms šajā projektā ir uzsintezēt HfO_2 nanomateriālus ar vienādu kristālisko struktūru un salīdzinoši vienādu graudu (daļiņu) lielumu, lai iegūtie rezultāti būtu savstarpēji salīdzināmi.

Iegūtie HfO_2 nanomateriāli tika pētīti, izmantojot pulvera rentgendifraktometru (XRD), lai noteiktu HfO_2 nanomateriālu kristālisko struktūru (skatīt 1. att.). Pēc XRD difraktogrammas ir redzams, ka visos gadījumos iegūto neaktivēto HfO_2 paraugu kristāliskās struktūras ir monoklīnas. Šādu pašu sakarību novēroja arī aktivētiem HfO_2 paraugiem.

Izmantojot transmisijas elektronu mikroskopu (TEM), tika noteikti graudu izmēri, kā arī izvērtēta HfO_2 nanomateriālu morfoloģija un virsmas defekti (skatīt 2. attēlu). Pēc TEM attēliem var novērot to, ka dažiem paraugiem ir dažādu kristālisko režģu orientācija (*coalescence* process), kas varētu ietekmēt, piem., optiskās īpašības. TEM rezultāti uzrāda arī to, ka dažos HfO_2 paraugos monoklīnajai fāzei ir arī amorfās fāzes piejaukumi.



1. att. XRD difraktogramma neaktivētiem HfO_2 paraugiem



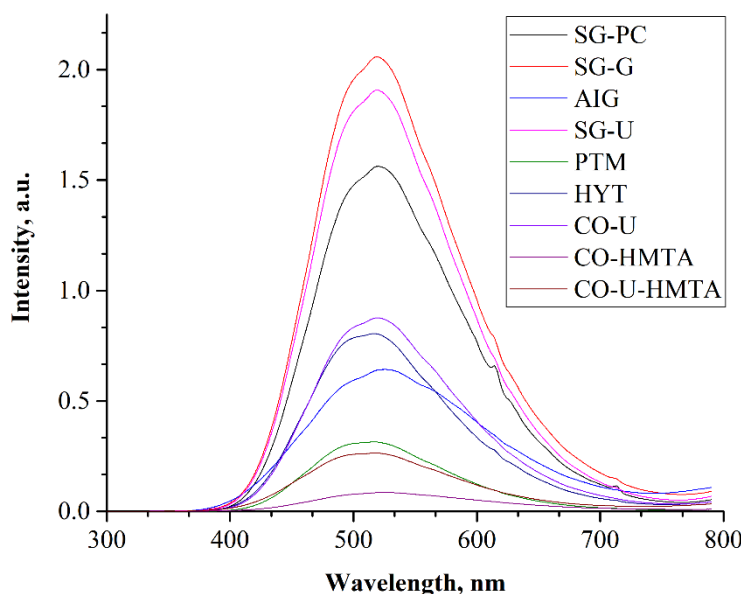
2. att. TEM attēli neaktivētiem HfO₂ paraugiem

Fotoluminiscences (PL) mērījumi (skatīt 3. att.) parāda, ka pašvielas fotoluminiscences intensitātes neaktivētiem HfO₂ paraugiem atšķiras atkarībā no ķīmisko sintēžu metodes. Šādu pašu sakarību var novērot ar Eu aktivētiem HfO₂ nanomateriālu paraugiem. To varētu skaidrot ar skābekļa vakaņču un aktivatora jonu novietojumu kristālrežģī un stehiometrisko attiecību pret Hf⁴⁺ joniem, kas veidojas sintēzes gaitā.

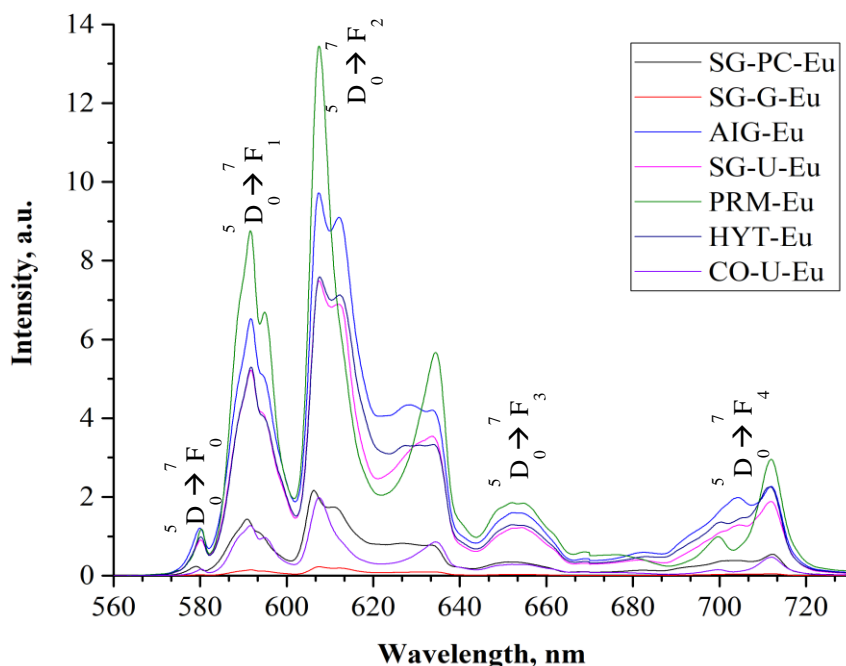
Apkopojot iegūtos eksperimentālos rezultātus, var secināt, ka izmantojot atšķirīgas ķīmisko sintēžu metodes, atšķiras arī iegūto nanomateriālu fizikālās īpašības.

Tiks veikti padziļināti pētījumi, lai iegūtu pārliecinošu skaidrību par

defektiem HfO₂ nanomateriālos. Izmantojot vakuuma atomspēka mikroskopu, tiks noteiktas elektriskās īpašības aktivētiem un neaktivētiem HfO₂ paraugiem. Tādējādi tiks iegūtas zināšanas par enerģijas pārnesei procesiem un defektu (morfoloģiju, struktūru utt.) ietekmi uz elektriskajām īpašībām.



3. att. PL spektri neaktivētiem HfO₂ paraugiem (UV=266 nm)



4. att. PL spektri aktivētiem HfO₂ paraugiem (UV=266 nm)