

# Superkristalizacija tirpale apspinduliuotame rentgeno spinduliais

## Supercrystallization in solution irradiated by X-rays

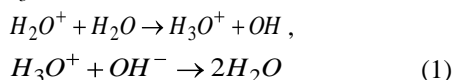
A. J. Janavičius<sup>1</sup>, R. Rinkūnas<sup>2</sup>, R. Purlys<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Šiaulių universitetas, Vilniaus g. 88, LT-76285, Šiauliai

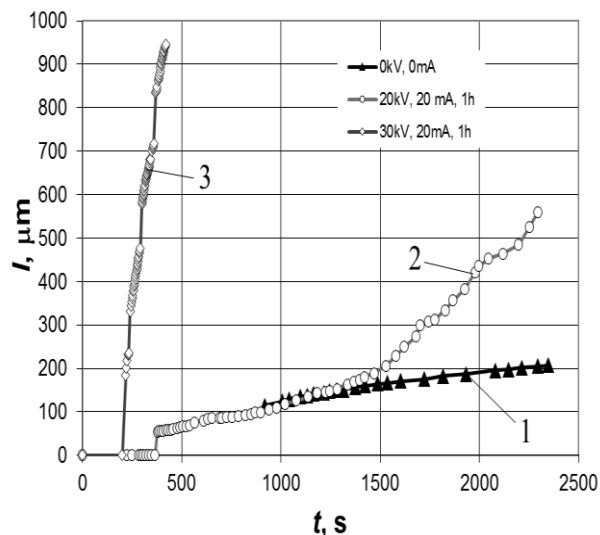
<sup>2</sup>Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius

[AYanavy@gmail.com](mailto:AYanavy@gmail.com)

Vario sulfato pentahidratas ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ) tirpinamas destiliuotame vandenyje tol, kol yra gaunamos medžiagos nuosėdos ant dugno. Tokiu būdu gauname išotintą tirpalą vandenyje susidedantį iš dvigubo teigiamo krūvio  $\text{Cu}^{2+}$  ir dvigubo neigiamo krūvio  $\text{SO}_4^{2-}$  jonų. Tirpalas yra švitinamas rentgeno spinduliais naudojant rentgeno spindulių difraktometrą DRON-3M su Cu anodu, pasirenkant reikalingą įtampą ir srovės stiprumą. Tai turi didelę įtaką kristalizacijos procesams [1]. Tirpalo jonizacija minkštais rentgeno spinduliais vandenyje sukuria jonus ir metastabilius radikalus [2]  $\text{H}_3\text{O}^+$



surenkančius neigiamus jonus  $\text{SO}_4^{2-}$  ir todėl 4 kartus paankstinančius kristalizacijos pradžią prisodrinto  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  tirpalo laše, esant spinduliuotės režimui 30 kV, 20 mA ir tirpalo apspinduliuotės trukmei 1 h. Dėl Ožė efekto vario  $\text{Cu}^{2+}$  jonas tampa triskart teigiamai užkrautas, kas padidina kristalizacijos greitį apytiksliai iki 10 kartų. Dėl minėtų priežasčių, NaCl ir KCl kristalizacijos prisodrintame apspinduliuotame vandens tirpale tūrinis greitis padidėja atitinkamai [1] milijoną ir [2] tūkstantį kartų gaunant mūsų atrastą superkristalizacijos [1] reiškinį. Rentgeno spinduliai generuoja Ožė efektą Cu atomuose ir jonuose esant fotonų energijai didesnei negu 8986 eV. Todėl naudojant pakankamas rentgeno difraktometro anodo įtampas bus efektyviau generuojamas Ožė efektas Cu jonuose kai jos bus didesnės už 9 kV. Tą rodo 1 pav. pavaizduota augančių kristalų vidutinių dydžių laikinė priklausomybė nuo rentgeno vamzdžio apspinduliuojančio tirpalo anodo įtampų ir srovės stiprumo. Ožė efektas vyksta rentgeno spindulių fotonui pašalinant iš artimiausio branduoliui K sluoksnio elektroną sukeltiant išorinių sluoksnių elektrono perėjimą į atsilaisvinsią kvantinę būseną ir antrinio fono išspinduliuojimą ko rezultate atomas arba jonas kristale perstumiamas į tarpmazgį sukuriant vakansiją. Tokiu būdu kristalizacija vyksta ne tik kristalo paviršiuje bet ir visame tūryje. Ožė efektas sieros atome arba jone vyksta esant rentgeno spinduliuotės fotonų energijai didesnei už 2476 eV. Todėl kristalizacijos greitis ir kristalo struktūra labai priklauso nuo rentgeno spinduliuotės fotonų energijos. Įpav. matosi kristalėlių dydžio kitimo priklausomybė nuo laiko ir lašų tirpalų švitinimo parametrų. Tirpalo lašams ant stiklo garuojant auga vario sulfato pentahidratas, kurio kristalinė struktūra yra triklininė gardelė ( $a=0,5986$ ,  $b=0,6141$ ,  $c=1,0736$ ) nm. Todėl c ašies kryptimi kristalas auga greičiausiai. 1 pav. atrinkome nufotografuotus kristalėlius, kurie augo greičiausiai – kristalėlių augimas vyko c ašies kryptimi.



1 pav.  $\text{CuSO}_4$  kristalėlių dydžio kitimas tirpalui garuojant iš lašo. Pavyzdžiai: 1 – nešvitintas, 2 ir 3 – švitinti 1 h esant anodo įtampai 20 kV ir 30 kV ir srovei rentgenovamzdyje 20 mA.

Nešvitintame laše kristalėliai pradeda susidaryti po 800 s (1 pav., 1 kreivė) ir pradinio momentu pasiekiamas didžiausias kristalėlio augimo greitis  $0,2 \mu\text{m/s}$  vėliau sumažėjantis iki  $0,05 \mu\text{m/s}$ . Apšvitintuose tirpaluose (režimai 20 kV, 30 kV ir 20 mA, 1 h.) kristalėliai pradeda augti atitinkamai po 400 s ir 200 s (1 pav., kreivės 2 ir 3) o pradiniai greičiai padidėjo iki  $0,8 \mu\text{m/s}$  ir  $10 \mu\text{m/s}$ .

*Reikšminiai žodžiai: metastabilūs radikalai, Ožė efektas, vakansijos, superkristalizacija.*

### Literatūra

- [1] A.J. Janavičius, R. Purlys and R. Rinkūnas., Acta Phys. Pol. A **123**, 777 (2013).
- [2] A.J. Janavičius, R. Rinkūnas and R. Purlys, Europhys. Lett. **116**, 27001 (2016).