

Organiskā cietvielu lāzera ar zemu ierosmes enerģiju izveide

Aivars Vembris

Organisko krāsvielu lāzери, kur organiskā viela ir izšķīdināta šķīdumā, jau sen ir zināmi (pirmo reizi tika atklāti 1966. gadā [1,2]) un plaši tiek pielietoti zinātnē un medicīnā. To galvenās priekšrocības attiecībā pret neorganiskiem lāzериem bija lāzera impulsa garums un pārskāņojams viļņa garums, kas ir nepieciešams vielu spektroskopiskiem pētījumiem. Mūsdienās jau ir izveidotas lāzera sistēmas uz neorganisko materiālu bāzes, kurām piemīt tādās pašās vai pat labākas īpašības. Tomēr organiskie savienojumi kā lāzera aktīvā viela netika aizmirsti un līdz pat šim brīdim notiek intensīvi pētījumi. Tie ir saistīti ar organisko cietvielu lāzera izveidi, kuru pirmie mēģinājumi ir datēti jau ar 1967. gadu [3]. Cietvielu lāzera aktīvā vide ir viesu-saimnieka sistēma, polimērs vai dendrimērs [4,5].

Organiskie cietvielu lāzери paver jaunus pielietojumus jo tie ir maza izmēra, zemas ražošanas izmaksas un savietojamības ar mikroelektroniku. Šādus lāzerus būtu iespējams pielietot komunikācijā, sensoros, medicīnā u.c. [6].

Viena no galvenajām lāzeraktīvo molekulu problēmām ir to lielā starpmolekulārā mijiedarbība. Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes (RTU MLKF) ķīmiķi šo problēmu atrisināja, lāzera aktīvai molekulai pievienojot telpisku grupu, kas samazina starpmolekulāro mijiedarbību un uzlabo sistēmas optiskās īpašības. 4-dicianometilēn-2-metil-6-(4-N,N-dimetilaminostiril)-4H pirānu (DCM) tika izmantota par pamatvielu, kam pievienota telpiska tritiloksietila grupa. Galvenokārt uzsvars tika likts uz 4-dicianometilēn-2-tercbutil-6-(4-N,N-ditritiloksietilamino)-stiril-4H-pirāns (DWK-1TB) (skat 1. attēls) savienojumu.

Projekta mērķis bija noskaidrot labāko viesu-saimnieka sistēmu, kur par matricu tika izvēlēti dažādi polimēri ar lielu laušanas koeficientu. Projekta beigu fāzē bija jānodemonstrē organiskais cietvielu lāzers no labākās sistēmas.

Gaismas pastiprināšanas īpašības tika noteiktas sistēmām ar trīs dažādiem polimēriem : polivinilkarbozols (PVK), polisulfons un polistirols. Dažādu koncentrāciju pētāmās vielas tika iejauktas polimērā matricā. Koncentrāciju diapazons bija no 1 līdz 100 svara procentiem (sv%). Kur 100 sv% ir sistēma, kura sastāv tikai no lāzeraktīvām molekulām.

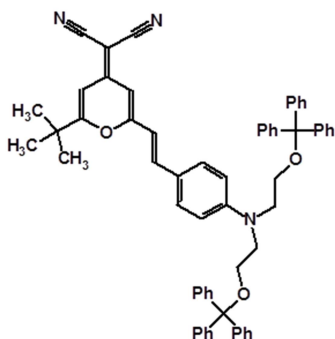
Visu polimēru gadījumā tika novērots cietvielu solvatācijas efekts, kur palielinot lāzerkrāsvielu koncentrāciju matricā, luminescences un pastiprinātas spontānās emisijas spektrs novirzījās uz sarkano viļņa garuma pusi. Šāds efekts dod iespēju veikt emisijas spektrālo pārbīdi izmantojot tikai vienu savienojumu.

Visszemākās sliekšņa vērtības tika novērotas sistēmām, kur par matricu tika izmantots polivinilkarbozols ($n=1,69$). Labākais savienojums ir DWK-1TB. Šādām sistēmām visszemākā ierosmes sliekšņa vērtība ($\sim 20 \text{ J/cm}^2$) bija 10 un 20 sv% paraugiem. Pie augstākām koncentrācijām sliekšņa vērtība pieauga un pie 50 sv% tas sasniedza 46 J/cm^2 , kas tik un tā ir salīdzinoši maza. Šajā koncentrāciju diapazonā pastiprinātas spontānās emisijas spektru ir iespējams mainīt no 600 līdz 640 nm.

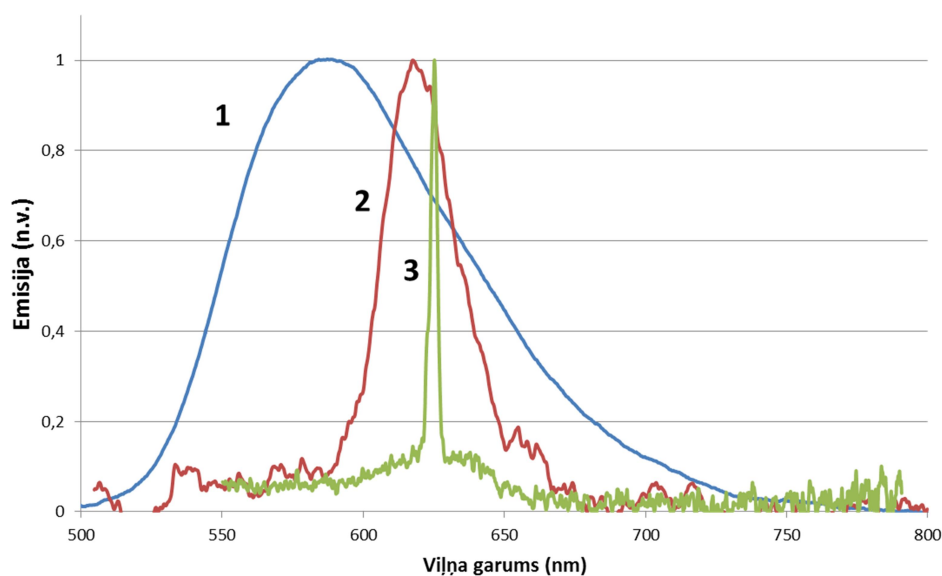
Tālākā projekta gaitā tika izstrādāta metode lāzera rezonatora, kas balstīta uz Brega režģi, paramatru aprēķināšanai.

Projekta beigu fāzē tika izveidots optisks Brega difrakcijas režģis 10sv% DWK-1Tb:PVK sistēmā, kur režģa funkcijas pildīja gaisma, kas ierosināja lāzera. Kā gaismas avots tika izmantots 532 nm lāzers ar impulsa garumu 10 ns. 10 sv% DWK-1TB:PVK sistēmai tika novērots lāzerēšanas efekts ar emisijas viļņa garumu 625 nm un pusplatumu 2 nm (skat. 2.attēla 3. līkni). Salīdzināšanai ir parādīts šīs sistēmas

fotoluminescences (skat. 2.attēla 1. līkni) un pastiprinātās spontānās emisijas (skat. 2.attēla 2. līkni) spektrs.



1. Attēls. 4-dicianometilēn-2-tercbutil-6-(4-N,N-ditritiloksietilamino)-stiril-4H—pirāns struktūrformula.



2. Attēls. Fotoluminescences (1.līkne), pastiprinātās spontānās emisijas (2.līkne) un lāzera emisijas (3.līkne) spektri.

Atsauces:

- [1] P. P. Sorokin and J. R. Lankard, "Stimulated emission observed from an organic dye, chloro-aluminum phtalocyanine", IBM J. Res. Dev. 10, 162 (1966),
- [2] F. P. Schäfer et al., "Organic dye solution laser", Appl. Phys. Lett. 9 (8), 306 (1966),
- [3] B. H. Soffer; B. B. McFarland, "Continuously Tunable, Narrow-Band Organic Dye Lasers", Applied Physics Letters 10 (10), 266 (1967),
- [4] Y. Dwivedi, S.B. Rai, S.N. Thakur, „Optical properties of Rh 6G dye in liquid and solid polymer”, Spectrochimica Acta Part A 69, 789 (2008),
- [5] N.Tessler G. J.Denton R. H. Friend, „Lasing from conjugated-polymer microcavities” Nature 382, 695 (1996),
- [6] C. Grivas and M. Pollnau, „Organic solid-state integrated amplifiers and lasers”, Laser Photonics Rev. 6(4), 419 (2012),