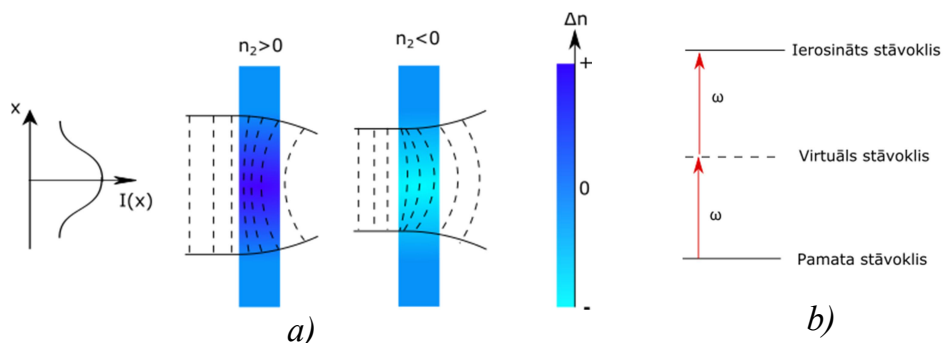


Organisko materiālu trešās kārtas dielektriskās caurlaidības noteikšana ar Z-scan metodi

Arturs Bundulis

Attīstoties nelineārās optikas (NLO) nozarei palielinās arī interese par tās pielietojumiem bio-medicīnā, lāzeru tehnoloģijās un telekomunikāciju sistēmās. Īpašu interesi par NLO tehnoloģijām ir izrādījuši datoru un telekomunikāciju tehnoloģiju entuziasti, kas cenšas izveidot iekārtas optisko datu pārraidei, saglabāšanai un apstrādei – opto-optiskās iekārtas. Kamēr pirmais no šiem procesiem ir veiksmīgi ieviests praksē, izmantojot optiskās šķiedras, atlikušie divi posmi vēl ir izaicinājums zinātniekiem. Laboratoriju ietvaros ir demonstrēta gan optisko datu ierakstīšana¹, gan optiskā tranzistora darbība², bet pagaidām šie koncepti aprobežojas ar akadēmisko zināšanu paplašināšanu. Kādēļ tā? Izveidoto iekārtu efektivitāte nav spējīga konkurēt ar esošajām telekomunikāciju sistēmām. Šīs problēmas sakne ir grūtības sintezēt atbilstošus NLO materiālus, ar kuriem varētu realizēt dažādus opto-optiskos procesus. Mūsdienās materiālu pētniecībā valda kvantitatīvās pētniecības dogmas – sintezē jaunu materiālu, izpēta to un secina vai tas ir perspektīvs opto-optisku iekārtu veidošanai. Lai gan šādas pētniecības stils ir nesis savus augļus, tā kvalitatīvie secinājumi balstās uz statistiskas dabas pierādījumiem. NLO materiālu atlasī krietni atvieglotu kvalitatīvu kritēriju definēšana, kas saista molekulu struktūru un noteiktas trešās kārtas NLO īpašības. Balstoties uz šīs domas, LU CFI Organisko Materiālu laboratorijā tika veikts pētījums “Organisko materiālu trešās kārtas dielektriskās caurlaidības noteikšana ar Z-scan metodi”, lai paplašinātu zināšanas par molekulas struktūras-NLO efektu saistībām. Lai labāk saprastu šī pētījuma principus un rezultātus, apskatīsim sīkāk par kādiem efektiem tiek runāts.

Opto-optisko iekārtu mērķis ir realizēt mijiedarbību starp diviem optiskajiem signāliem - viens optiskais signāls ietekmē NLO vidi tā, ka to var detektēt ar otru optisko signālu. Kā piemērus var minēt vides gaismas laušanas koeficienta vai absorbcijas lineāras izmaiņas atkarībā no optiskā starojuma intensitātes. Zinātniskajā literatūrā iepriekš minētās parādības apraksta ar sekojošiem efektiem – Kerra efekts gaismas laušanas koeficientam un divfotonu absorbcija atbilstoši absorbcijai³. Kerra efekta gadījumā, lāzera stars nevienmērīgi izmainīs vides gaismas laušanas koeficientu, kā rezultātā stars tiks vai nu fokusēts vai nu izvērsts (1a attēls). Divfotonu

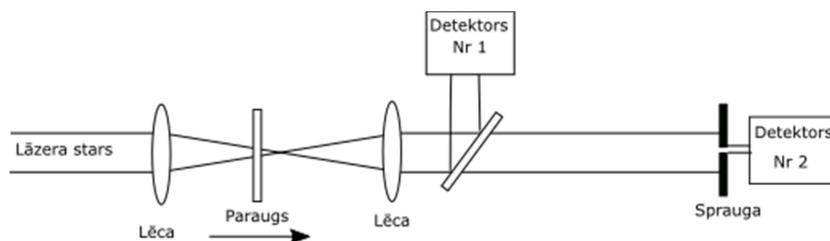


1. attēls: a - Kerra efekts. Lāzera staram ar attiecīgu intensitātes sadalījumu virzoties cauri NLO videi tā forma mainās, jo veidojās nevienmērīgas Δn izmaiņas. b – divfotonu absorbcijas process.

absorbcijas gadījumā mainoties optiskā starojuma intensitātei, palielinās absorbētā

starojuma daļa un samazinās cauri izgājušā starojuma jauda. Efekta nosaukums ir cēlies no tā, ka procesa laikā viela absorbē divus fotonus vienlaikus, lai ierosinātu elektronus molekulā uz augstāku līmeni (1b attēls). Viena no populārākajām metodēm šo efektu pētīšanai ir Z-scan metode, kuru apskatīsim nākamajā sadaļā.

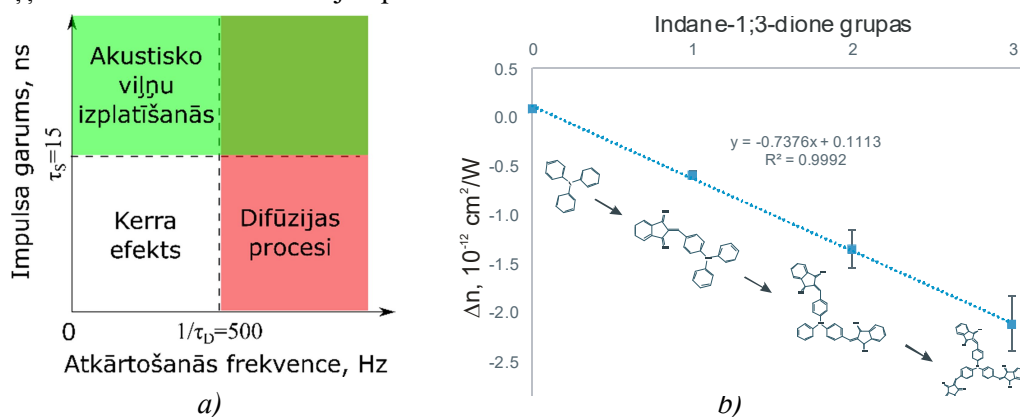
Materiālu gaismas laušanas un absorbcijas koeficientu atkarību pētīšanai no optiskā starojuma intensitātes lielu popularitāti ir ieguvusi Z-scan metode⁴ (2. attēls). Paraugam virzoties cauri fokusētam lāzera staram, mainās optiskā starojuma intensitāte, ar kādu tiek apstarots paraugs. Cauri izgājušais lāzera stars tiek mērīts ar diviem detektoriem – ar vienu detektē kopēju lāzera starojuma jaudas izmaiņu, kamēr ar otru detektē nelielu lāzera stara daļu caur spraugu. Divfotonu absorbcijas procesa ietekmē mainīsies kopējā cauri izgājušā lāzera stara jauda, ko uztvers pirmais detektors. Kerra efekta gadījumā mainīsies cauri izgājušā lāzera stara izmērs. Tā rezultātā mainīsies tā lāzera stara jaudas daļa, kas izies caur spraugu priekšā otrajam detektoram. Šīs metodes priekšrocības ir, ka abus šos efektus ir iespējams pētīt vienlaikus un eksperimentālā realizācija nav pārāk sarežģīta. Pētāmie paraugi var būt gan plānas kārtiņas, gan šķīdumi, kuros mazās koncentrācijās izšķīdināta NLO viela. Izmantojot šo metodi projekta ietvaros tika pētīti dažādi organiskie savienojumi, par



2. attēls: Z-scan metodes eksperimentālā shēma.

ko tiks runāts nākamajā sadaļā.

Projektā veikto darbu var sadalīt divās daļās. Pirmā daļa bija saistīta ar gaismas laušanas koeficienta izmaiņu pētīšanu pie dažādiem lāzera starojuma parametriem. Darba gaitā tika secināts, ka gaismas laušanas koeficienta izmaiņas NLO vidē var izraisīt ne tikai Kerra efekts, bet arī dažādi termālie efekti – akustisko viļņu ierosināšana un difūzijas procesi. Lai korekti novērtētu Kerra efekta izraisītās



3. attēls: a – gaismas laušanas koeficienta izmaiņu izraisīto procesu shēma. Papildus ir norādītas darbā iegūtās skaitliskās vērtības hloroformam. b – akceptoru grupu skaita ietekme uz gaismas laušanas koeficienta izmaiņu.

gaismas laušanas koeficienta izmaiņas, ir nepieciešams izvēlēties atbilstošus

eksperimentālos parametrus. Iegūtie rezultāti ļāva noteikt ar kādiem lāzera parametriem (impulsa garums un atkārtotās frekvence) netiks pārvērtēta Kerra efekta amplitūdu pētot vielas hloroformā (3a attēls). Līdzīgi pētījumi līdz šim nebija veikti hloroformam, kurā bieži šķīdina pētāmās vielas Z-scan mērījumiem. Otrā projekta daļa bija saistīta ar molekulu struktūras ietekmi uz apskatītajiem NLO efektiem. Lai to veiktu, tika apskatīti dažādi indandionu atvasinājumi ar atšķirīgām donoru grupām un dažādu akceptoru grupu skaitu. Pētījuma rezultātā tika secināts, ka donoru grupas ietekmē ne tikai gaismas laušanas koeficienta izmaiņu vērtību, bet arī zīmi. Papildus tam tika secināts, ka akceptoru grupu skaits lineāri ietekmē šī parametra vērtību (3b attēls).

Nobeigumā svarīgi uzsvērt, ka šis pētījums ir tikai pirmais solis, lai rastos plašāka izpratne par NLO efektiem un to saistību ar molekulu uzbūvi, bet projekta ietvaros iegūtie rezultāti ir pavēruši ceļu turpmākiem pētījumiem šajā lauciņā.

Atsauces:

- (1) Hu, D.; Hu, Y.; Huang, W.; Zhang, Q. Two-Photon Induced Data Storage in Hydrogen Bonded Supramolecular Azopolymers. *Opt. Commun.* **2012**, *285* (24), 4941–4945.
- (2) Ahadi, S.; Granpayeh, N. Femtosecond All-Optical Switching Based on Asymmetric Plasmonic Kerr Fabry–Perot Resonators. *Opt. Commun.* **2015**, *349*, 36–41.
- (3) R., B. W. *Nonlinear Optics*. 2003.
- (4) Bahae, M. S.; Said, a a; Wei, T. H.; Hagan, D. J.; Stryland, E. W. Van. Sensitive Measurements of Optical Nonlinearities Using a Single Beam. *IEEE J. Quantum Electron.* **1990**, *26* (4), 760–769.