

Hibrīdu TiO₂/polimēra viļņvadu pētījumi

Edgars Nitišs

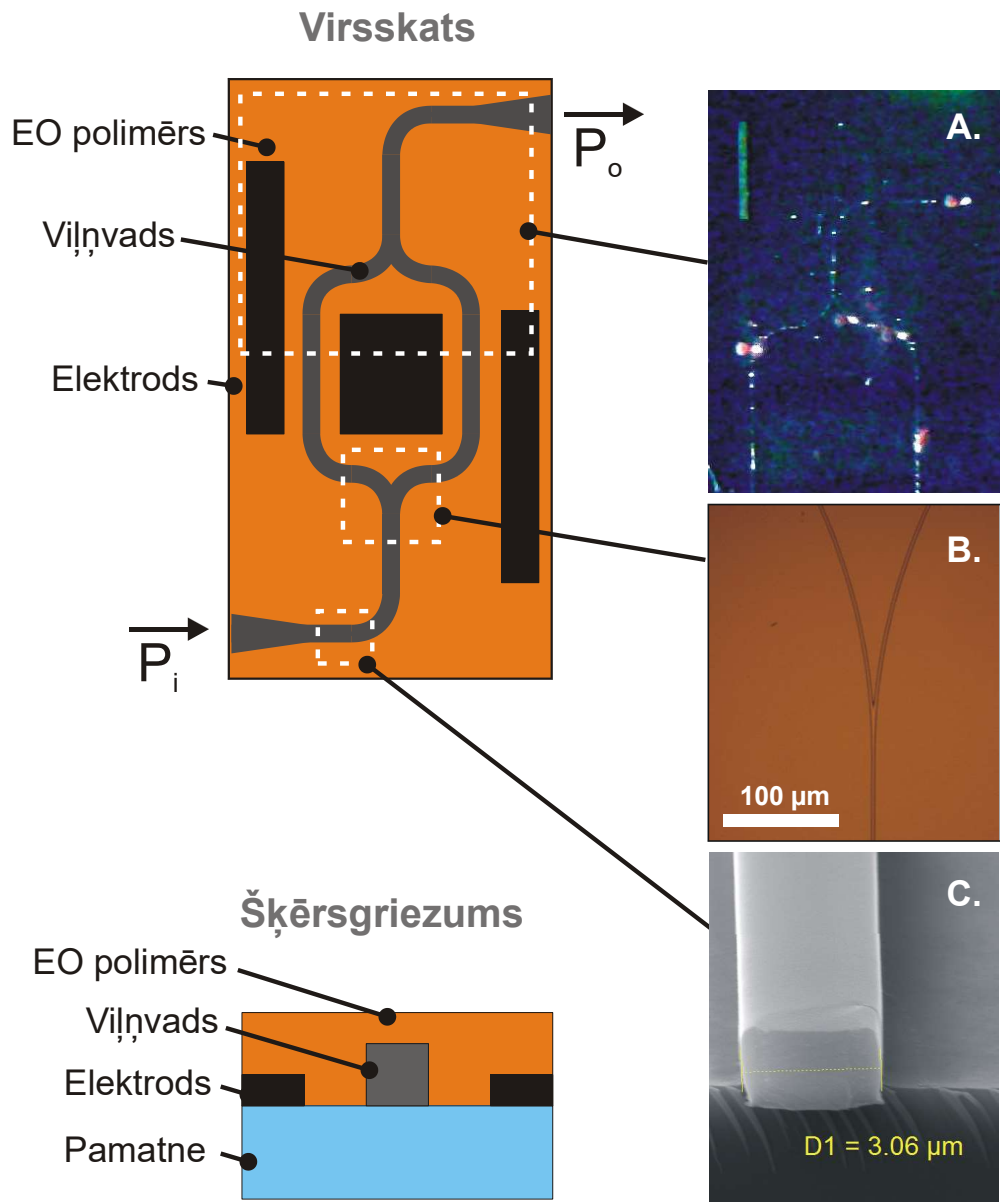
Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūtā tika realizēts projekts “*Hibrīdu TiO₂/polimēra viļņvadu pētījumi*” (SJZ2015/15), kura vadītājs bija Edgars Nitišs. Projekta vispārīgais mērķis bija iegūt praktiskas zināšanas par gaismas viļņvadu ierīču pagatavošanas un pārbaudes tehnoloģiju, kas kalpo par pamatu, lai veidotu gaismas viļņvadu ierīces un prototipus LU CFI.

Par gaismas viļņvadiem sauc optiskos elementus, ar kuru palīdzību var novadīt gaismas daļiņas – fotonus. Gaismas viļņvadus aizvien biežāk izmanto informācija aizvadīšanai, bet tāpat tos ir iespējams pielietot kā sensora elementus, gaismas viļņa garuma fitrus u.c. Gaismas viļņvadu šķērsriezums parasti ir salīdzināms ar gaismas viļņa garumu, un, atkarībā no pielietojuma, var būt no pārsimts nanometriem viļņvadu ierīcēs līdz pārsimts mikrometriem (aptuveni mata šķērsriezums) optiskajās kabeļos. Sakarā ar to, ka viļņvadu izmērs ierīcēs ir tik mazs, to pagatavošanai jālieto litogrāfija. Litogrāfija ir tehnoloģiju kopa, ar kuras palīdzību var veidot dažādas struktūras ar augstu izšķirtspēju līdz pat pāris nanometriem. Lai arī litogrāfija ir pazīstama un lietota sen, piemēram, elektronisko integrēto shēmu veidošanai, tieši šobrīd pasaulē norisinās visaktīvākā gaismas viļņvadu ierīču izstrāde un pētniecība. Ir cerības nākotnē elektriskās shēmas vismaz daļēji aizstāt ar optiskajām, kas būtiski palielinātu vairāku sadzīvē lietotu ierīču efektivitāti, ātrdarbību, kā arī pagatavošanas un darbības izmaksas. Viena no nozarēm, kas varētu gūt lielāko labumu no šādu ierīču izveidošanas, ir informāciju tehnoloģiju (IT) nozare. Sagaidāms, ka 2016. gadā kopējais datu apmaiņas apjoms sasniegs 1 zeta-baitu (10²¹ baitu) [1], turklāt tuvākajos gados tas augs vēl vairākas reizes. Šī brīža infrastruktūra nespēs šādu pieprasījumu augumu nodrošināt, tāpēc tiek aktīvi meklētas tādas ierīces, ar kuru palīdzību būtu iespējams būtiski palielinātu datu pārraides ātrumu tīklā. Viens no galvenajiem elementiem signālu pārraidē ir elektro-optiskais (EO) modulators. EO modulators ir ierīce, kurā ar elektriskā signāla palīdzību tiek modulēta gaismas intensitāte vai fāze. Izmantojot šādu efektu ir iespējams pārraidīt informāciju caur optiskajām šķiedrām komunikāciju tīklos. Šobrīd CFI ir pieejami dažādi materiāli, kas varētu tikt izmantoti kā aktīvie elementi EO modulatoros. Tāpēc minētajam projektam tika izvirzīts arī konkrētais mērķis: eksperimentāli demonstrēt Maha – Zendera (MZI) viļņvadu EO modulatoru, kas darbotos elektromagnētiskā spektra redzamajā diapazonā, konkrētāk – pirmajā komunikāciju logā. Mērķa sasniegšanai par pamatu kalpotu pētījumu rezultāti, kas iegūti SJZ2015/15 projekta gaitā.

Shematiski MZI viļņvadu modulators ilustrēts 1. attēlā (Virsskats), un tā darbības princips ir sekojošs. Gaisma P₁ tiek ievadīta viļņvadā, un ar Y-dalītāja palīdzību tiek ievadīta MZI „plecos”. Pēc tam gaisma tiek atkal apvienota un novadīta uz gaismas izvadu P₀, kur tiek novērota gaismas interference. Gaismas intensitāte izvadā ir atkarīga no fāzu starpības, ko gaisma ir ieguvusi MZI „plecos”. Gadījumā, ja gaismas viļņu fāzes ir pretējas, novēro destruktīvu interferenci (P₀=0), savukārt, ja gaismas viļņi ir vienā fāzē, novēro konstruktīvu interferenci (P₀=1). Gadījumā, ja tiek mainīta gaismas fāze kādā no MZI „pleciem”, piemēram, variējot materiāla gaismas laušanas koeficientu, izmainīsies arī gaismas intensitāte izejā. Materiāla gaismas laušanas koeficienta izmaiņa, ja tam uzliek elektrisko lauku, nosaka EO efekts. Elektriskā lauka uzlikšanai EO modulatorā līdz ar viļņvadiem ir jāizveido arī elektrodi.

Minētajā projektā ierīce tika veidota pēc hibrīdu sagatavošanas principa, kurā viļņvadu, kas var būt gan no organiska, gan neorganiska materiāla, pārklāj ar

organisku EO materiālu (skatīt 1. attēls Šķērsriezums). Projekta izpildes laikā ar skaitlisko simulāciju palīdzību noskaudroti viļņvadu ierīces parametri (izmēri, gaismas laušanas koeficienti u.c.), pie kuriem ierīcē iespējams novērot vislielāko darbības efektivitāti. Par iegūtajiem rezultātiem tika sagatavota un iesniegta zinātniska publikācija. Ierīces pasīvā daļa (polimēru viļņvadi un elektrodi ar pārklājumu) tika izstrādāta LU CFI izmantojot tiešā ieraksta litogrāfiju. Pasīvās daļas tika veidota no diviem materiāliem – gan no TiO_2 , gan no polimēra SU8 (1.C attēls), kur pēdējos novērota daudz augstāka gaismas ievadīšanas efektivitāte. Pēc gaismas ievadīšanas viļņvadā, tā tika dalīta ar Y-dalītāju (1.B attēls). Gaismas izplatīšanās ierīcē reģistrēta ar optiskā mikroskopa palīdzību (1. A attēls). Līdz šim diemžēl nav izdevies demonstrēt elektrooptisko modulāciju izveidotajās ierīces. Galvenā problēma ir lielle gaismas izplatīšanās zudumi, kas rodas ierīcēs pēc polimēru sagatavošanas (tieši orientēšanas) procesā. To izsauc metālu difūzija, ja izmanto zelta elektrodus, vai korozija, ja izmanto vara vai alumīnija elektrodus. Šo plānots pārvarēt ieviešot pasivācijas slāņus ierīcē, kā arī veicot padziļinātus EO polimēra orientēšanas pētījumus. Darbs pie viļņvadu EO modulatora tiek turpināts projekta LU CFI Jauno zinātnieku projekta nr. SJZ/2016/26 ietvaros.



1. attēls. MZI viļņvadu EO modulators izstrādes stadijā. Pa kreisi – dizaina virsskats un šķērsgriezums vienā no MZI pleciem. A. Gaismas izplatīšanās viļņvadā reģistrēta ar optisko mikroskopu. B. Y-dalitāja optiskās mikroskopijas bilde. C. Viļņvada šķērsriezuma attēls iegūts ar elektronu mikroskopu

Atsauce:

1. <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyperconnectivity-wp.html>