

Prototipa apraksts

„Vadāma Brega reflektora ieraksta sistēma“ (CFI inventāra uzskaites nr.210116).

Izstrādāts Eiropas Savienības fondu līdzfinansētā projekta 2010/0275/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/124 „Materiālu un tehnoloģiju izstrāde un izpēte difraktīvo optisko elementu ražošanai” ietvaros

Prototipa izstrādes pamatojums

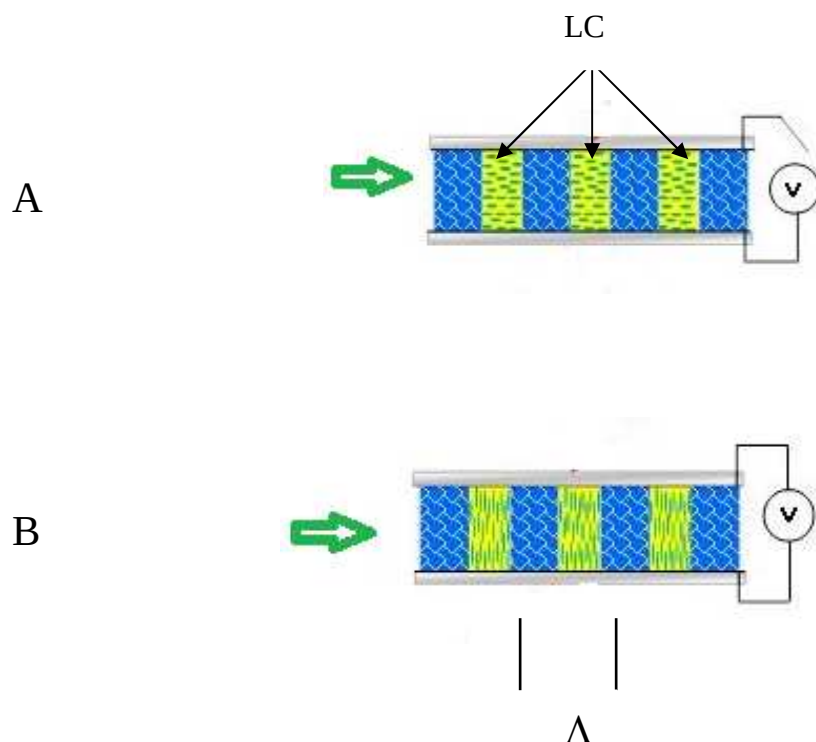
Svarīgu vietu optoelektronikā lietotajām optiskajām ierīcēm ieņem difraktīvie optiskie elementi (DOE), kuru uzdevums ir izdalīt optiskā starojuma šauru frekvenci, kas nosaka iekārtas izšķiršanas spēju. Šim nolūkam parasti tiek izmantoti transmisijas vai refleksijas DOE. Refleksijas hologrāfiskie režģi (Brega reflektori) ir ar augstāku izšķiršanas spēju nekā transmisijas režģi. Piemēram, optisko šķiedru sakaru sistēmās signālu ievadei (multiplexing) un izvadei (demultiplexing) lieto gaismas vadā ierakstītu reflektoru, kas spēj izdalīt optisko joslu ar pusplatumu ~ 0.3 nm. Tas atļauj optiskajā šķiedrā ap centrālo viļņu garumu $1.5\ \mu\text{m}$ vienlaicīgi izmantot līdz 60 kanālus ar atšķirīgām frekvencēm, tādējādi būtiski palielinot informācijas pārraides ātrumu. Tanī pašā laikā jāatzīmē sekojoši trūkumi šādiem gaismas vadu Brega reflektoriem:

1. Katrs reflektors strādā pie vienas fiksētas frekvences. Tas nozīmē, ka katrai nesējfrekvencei (katram kanālam) ir savs reflektors ar fiksētu viļņu garumu, ko nevar mainīt.
2. Gaismas vadu reflektora garums ir ~ 30 cm, kas rada problēmas to integrēt planārās struktūrās.

Tāpēc ļoti aktulāi ir izveidot DOE refleksijas režģus, kuru darba frekvenci var operatīvi mainīt. Tas ir svarīgi ne tikai optisko sakaru tehnoloģijās, bet arī sensoru izstrādē optiskajā diapazonā 200 nm – 1000 nm, kā arī tuvā un tālā infrasarkanajā spektra daļā ($1\ \mu\text{m}$ – $20\ \mu\text{m}$). Zinātnieki daudzās pasaules laboratorijās intensīvi strādā šinī virzienā. Viens no piedāvātajiem risinājumiem ir izmantot DOE leņķisko selektivitāti. Šāda pieeja problēmai atrisina iespēju mainīt viļņa garumu, bet elementu darbība ir lēna, jo saistīta ar elementu mehānisku kustību un ir problēmas ar integrēšanu planārās struktūrās.

Šā projekta ietvaros tiek piedāvāts oriģināls risinājums jauna tipa Brega reflektora izstrādē, kura optiskās īpašības var mainīt ar elektrisko lauku. Ar elektrisko lauku vadāmi ātrdarbīgi planārie Brega reflektori ir ļoti nepieciešami ne tikai optisko sakaru tehnoloģijās, bet UV, redzamajā un infrasarkanajā spektra diapazonā lietojamie difraktīvie optiskie elementi atrod savu pielietojamību gan portatīvu un efektīvu

sensoru izstrādē vides aizsardzības monitoringam, gan optisko datoru un mēriekārtu izstrādē.



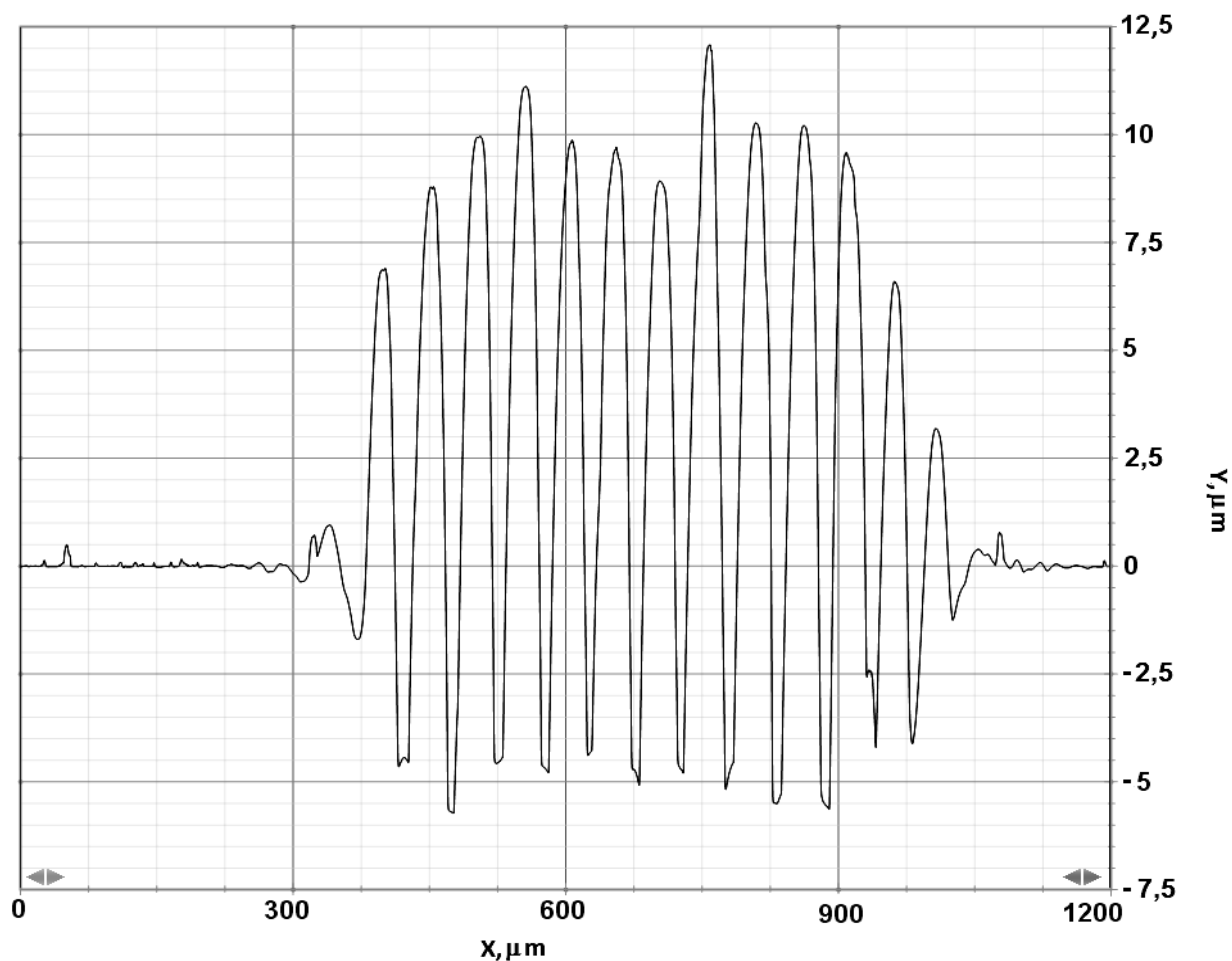
1. zīm. Ar elektrisko lauku maināma Brega reflektora principiālā shēma. LC – šķidrais kristāls, Λ - režģa periods.

Brega reflektora principiālā uzbūve parādīta 1.zīm. Virsmas reljefa režģis ar vajadzīgo periodu Λ (skatīt zilo krāsu) tiek aizpildīts ar šķidro kristālu (LC, dzeltenā krāsā). No abām pusēm režģis tiek ielikts starp stikliem ar elektro vadošu slāni. Pie kuriem tiek pievadīts spriegums V, kas izraisa LC molekulu orientāciju. Rezultatā gaismas virzienā (zaļā bultā) mainās vides efektīvais optiskais laušanas koeficients. Piemēram, ja sistēmā izmanto E7 šķidro kristālu, kura dubultlaušana ir $\Delta n=0.13$. tad var panākt, ka Brega reflektora darbības spektrāla apgabala izmaiņas var izdarīt par $\Delta\lambda \sim 150$ nm. Izejot no projektā uzstādītā uzdevuma nodrošināt Brega reflektora darbību spektra rajonā no $0.3 \mu m$ līdz $20 \mu m$ tika izvēlēti sekojoši fotohromie materiāli:

apgabalam $0.3 - 1.5 \mu m$ organiskie azosavienojumi, kuri dotajā spektra rajonā ir gaismas caurlaidīgi, bet infrasarkanajā apgabalā virs $1.5 \mu m$ amorfo halkogenīdu plēvītes ar labu optisko caurlaidību IS spektra daļā.

Būtiskākais šāda Brega reflektora izveidē ir iegūt virsmas reljefu ar vajadzīgo profilu un periodu. Izejot no Brega nosacījuma formulas $\Lambda = \lambda/2n$, tātad, lai izgatavotu Brega

reflektorus spektra rajonam $0.3\text{ }\mu\text{m}$ līdz $20\text{ }\mu\text{m}$, ir nepieciešami virsmas reljefa režģi ar periodu no $0.1\text{ }\mu\text{m}$ azosavienojumos līdz $4\text{ }\mu\text{m}$ amorfajos halkogenīdos. Šādu virsmas režģu iegūšanai tika izmantota tiešā ieraksta metodika, kad virsmas reljefs veidojas tieši optiskā ieraksta laikā paraugu gaismojot ar polarizācijas virziena modulētu optisko lauku. Pie ieraksta optiskā lauka polarizācijas virziena modulāciju parasti iegūst ar hologrāfisko metodi, t.i. ar divu staru interferences ainu. Projekta ieviešanas laikā Optiskā ieraksta laboratorijā tika izstrādāta oriģināla vienstara virsmas reljefa iegūšanas metodika, ar kuras palīdzību var iegūt režģus ar ļoti dziļu reljefu (līdz 35 mikroniem, skatīt 2.zīm.).

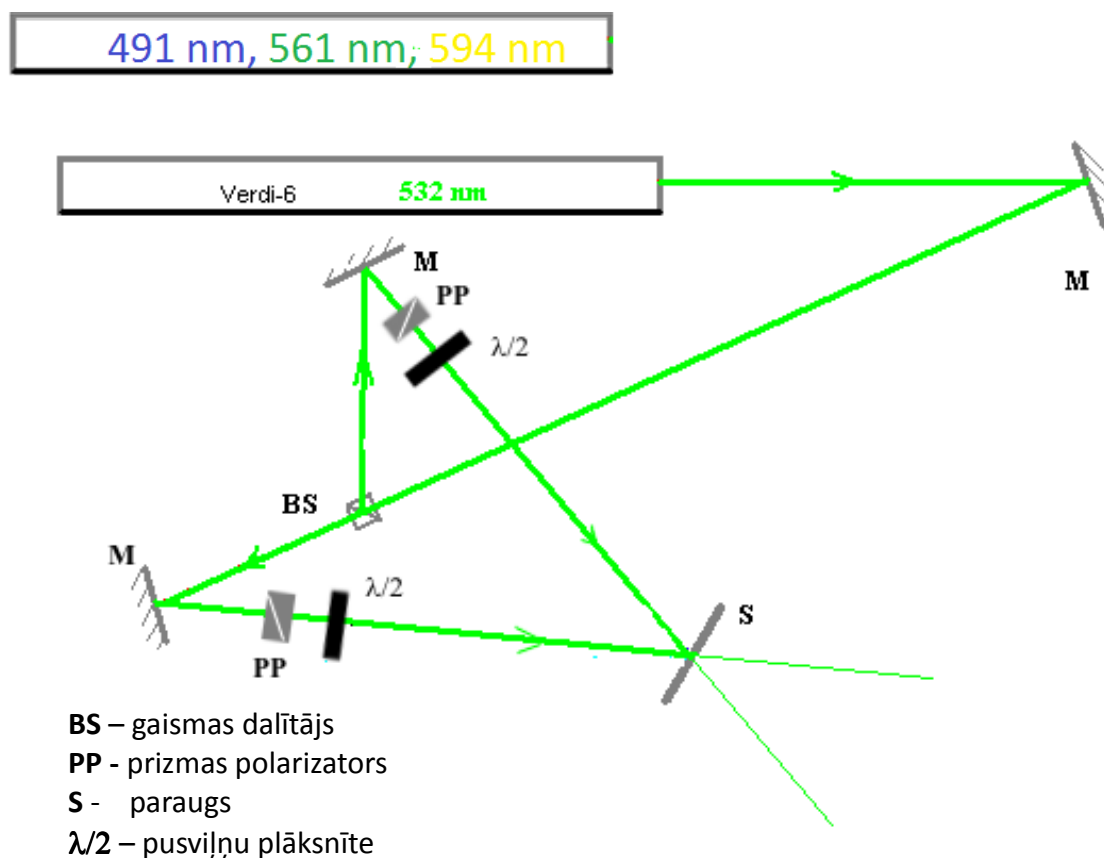


2. zīm. Virsmas reljefa ieraksts As_2S_3 5 mikronu biezā kārtiņā ar polarizācijas virzienu modulētu 532 nm lāzera staru.

Izstrādātā metodika un optiskā sistēma tika iesniegta kā Eiropas patenta pieteikums **METHOD AND OPTICAL SYSTEM FOR SURFACE STRUCTURING OF AMORPHOUS SUBSTANCES VIA THE POLARIZATION DIRECTION MODULATED LIGHT FIELD** (autori J.Teteris, K.Klismeta un E.Potaņina, *No EP13196565.9*, iesniegts 10.12.2013). Tomēr ar šo metodiku patreiz var ierakstīt režģus tikai ar periodu ~ 5 un vairāk mikroni. Mazāku periodu režģu ierakstam tiek izmantota hologrāfiskā metode un to ierakstam tika izveidots prototips.

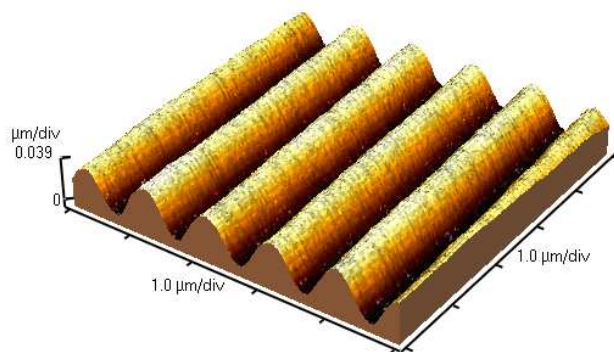
Prototipa uzbūve un darbība

Izstrādātās prototipa sistēmas refleksijas Brega režģu ierakstam darbība pamatojas uz tiešā virsmas režģu veidošanos amorfos fotohromos materiālos (azobenzola saturošos organiskos polimēros un halkogenīdos) tieši ieraksta laikā, ko izsauc polarizētas gaismas elektriskā lauka gradients. Gaismas polarizācijas virziena modulācija tiek panākta ar divi koherentu lāzera staru interferenci. Dotajā sistēmā tiek izmantota $+45^{\circ}/-45^{\circ}$ staru kopmbinācija, kas rezultātā dod gaismas lauku ar modulētu polarizāciju, kurā ir divas komponentes: viena paralēla un otrā perpendikulāra režģa vektoram. Izejot no ierakstam izmantojamo materiālu spektrālās jutības, izstrādātajā ieraksta sistēmā tika izmantoti 4 dažādi viļņu garumi (4 lāzeri): 491 nm, 532 nm, 561 nm un 594 nm. Ieraksta sistēmas principiālā shēma attēlota 3.zīm.



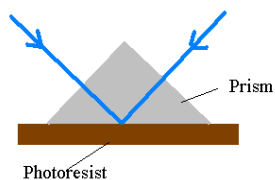
3. zīm. Hologrāfiskā iekārtas principiālā shēma virsmas reljefa režģu ierakstam.

Sistēmā izmanto 4 lāzerus ar dažādiem viļņu garumiem. Lāzeri ir apmaināmi. Vienlaicīgi tiek nomanītas arī pusviļņu plāksnītes $1/2$ attiecīgi izmantojamam ieraksta lāzera viļņu garumam, kuru uzdevums ir nodrošināt $+45^{\circ}/-45^{\circ}$ ierakstošo staru polarizācijas virziena kombināciju. Iegūtie virsmas reljefa režģi tiek kontrolēti ar AFM metodiku. 4.zīm. parādīta AFM bilde virsmas režģim ar periodu 1 mikrons.



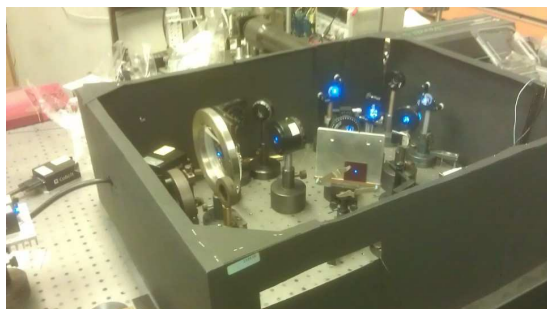
4. zīm. AFM attēls 1 mikrona režģim As_2S_3 amorfā plēvētē.

Lai iegūtu režģus ar dažādu periodu, tiek mainīts leņķis (α) starp ierakstošajiem stariem, jo režģa periods $\Lambda = \lambda / 2 \sin \alpha$, kur λ ir ierakstošā lāzera viļņu garums. Lai ierakstītu režģus ar periodu $0.1 - 0.5 \mu\text{m}$ pielieto tā saucamo imersijas hologrāfisko litogrāfiju, kuras būtība ir attēlota zīm.5.



5. zīm. Imersijas hologrāfiskā litogrāfija.

Tiek izmantota prizma ar lielu optisko laušanas koeficientu n un šinī gadījumā režģa periods tiek samazināts n reizes saskaņā ar formulu $\Lambda = \lambda / 2 n \sin \alpha$. Izgatavotā prototipa sistēma dabā ir redzama 6.zīmējumā.



6. zīm. Brega reflektora režģu ieraksta sistēma.

Prototipa „**Vadāma Brega reflektora ieraksta sistēma**“ galvenie parametri:

1. Izstrādātā sistēma nodrošina virsmas reljefa režģu ierakstu ar periodu no $0.1 \mu\text{m}$ līdz $4 \mu\text{m}$ amorfās azobenzola un halkogenīdu savienojumu kārtiņās, kas, izmantojot E7 šķidro kristālu, ļauj izgatavot vadāmus Brega reflektorus spektra diapazonam no $0.3 \mu\text{m}$ līdz $20 \mu\text{m}$ ar elektriskā lauka maināmās joslas platumu līdz 150 nm .

2. Ierakstam atkarībā no fotohromā materiāla tiek izmantoti 491 nm, 532 nm, 561nm un 594 nm viļņgarumu lāzeri.
3. Spektra izvēršanas laiks maināmajā diapazonā ($\Delta\lambda=150$ nm), ko nosaka šķidrā kristāla molekulu orientācijas ātrums elektriskajā laukā ir ap 10^{-7} sec.