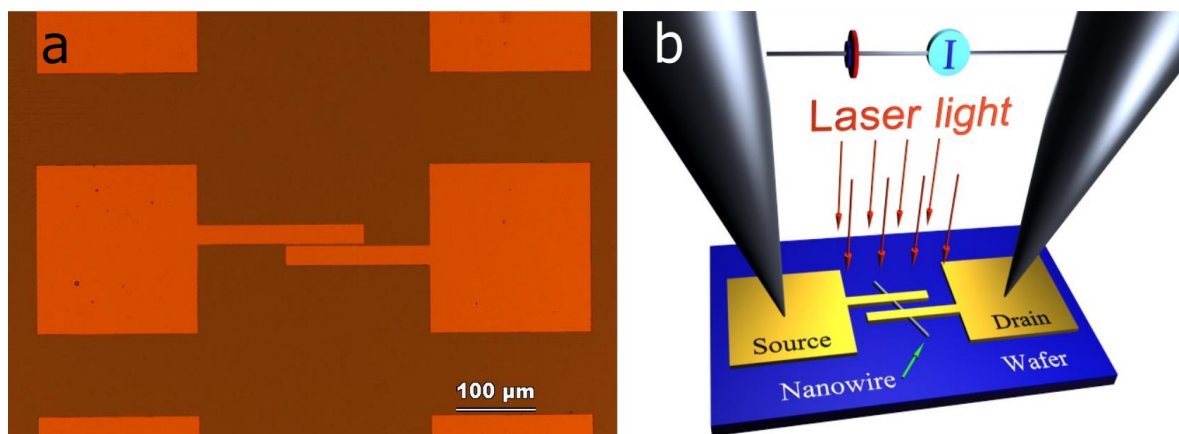


Pārejas metālu halkogenīdu hibrīdu nanostruktūru fotodetektoru izstrāde

Edgars Butanovs

Pēdējos gados zinātnieki ir parādījuši, ka nanovadiem piemīt augsta fotojutība, tādējādi šādiem materiāliem piemīt potenciāls pielietojums optoelektronikā. Tā kā vēl joprojām tiek meklēti dažādi risinājumi kā izgatavot efektīvākus nanoizmēra fotodetektorus, šajā projektā tika piedāvāts izgatavot dažādu perspektīvu materiālu nanovadu un nanovadu *kodola-apvalka* heterostruktūru fotorezistorus un izpētīt to fotoelektriskās īpašības. Pārejas metālu halkogenīdu (PMH), piemēram WS_2 un MoS_2 , hetero- nanostruktūras ir mūsdienīgs hibrīdu nanomateriālu veids, kurās PMH tiek apvienoti ar citiem materiāliem (t.i. oksīdiem, sulfīdiem vai citiem PMH), lai iegūtu jaunus funkcionālus materiālus ar uzlabotām optiskajām un elektriskajām īpašībām. Gan pašu PMH monoslāņu audzēšanas, gan funkcionālu hetero- nanostruktūru ierīču veidošanas metodika ir tikai attīstības sākuma stadijā, tāpēc ir nepieciešami vēl pētījumi par šādu nanomateriālu sintēzi un funkcionālu ierīču prototipu izstrādi, kas potenciāli pavēru ceļu to izmantošanai dažādos specifiskos, praktiskos pielietojumos.

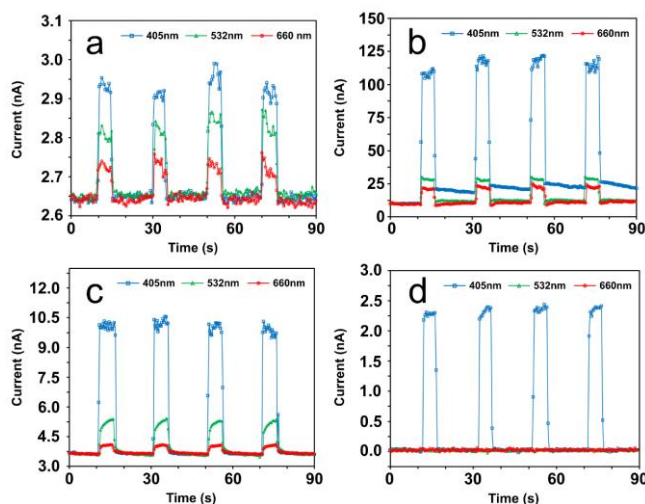
Projekta sākumposmā tika izstrādāta metodika nanovadu fotorezistoru izgatavošanai un to fotoelektrisko īpašību noteikšanai. Pirmajā solī tika izgatavoti zelta mikroelektrodi uz oksidētas silīcija pamatnes (skat. 1a attēls), izmantojot optisko litogrāfiju un standarta *lift-off* procedūru, un tika izstrādāta metodika izaudzēto nanovadu novietošanai uz tiem, veicot *in situ* nanomanipulācijas SEM-FIB iekārtā. Otrajā solī tika izveidota eksperimentālā iekārta ar mikroadatām divkontakta elektriskajiem mērījumiem, sprieguma avotu un pikoampērmetru, un 405 nm, 532 nm, 660 nm lāzeriem šādu nanovadu fotorezistoru fotoelektrisko īpašību pētīšanai (skat. 1b attēlu).



1. attēls. Ar optisko mikroskopu uzņemts zelta elektrodu attēls (a), un nanovada fotoelektrisko īpašību pētīšanas eksperimentālās iekārtas shematisks attēlojums (b).

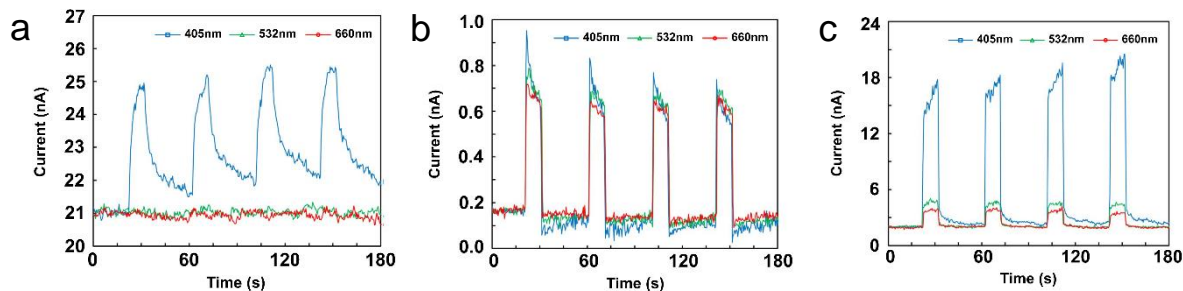
Projekta pirmajā pētniecības daļā tika izgatavoti dažādu aizliegto zonu platuma pusvadītāju (PbS , In_2S_3 , CdS un $ZnSe$) nanovadu fotorezistori, un pētīta to pielietojamība krāsu-jūtīgiem fotodetektoriem. Nanovadi tika izaudzēti ar *vapour-liquid-solid* audzēšanas mehānismu, to struktūra un morfoloģija raksturota ar skenējošo un transmisijas elektronu mikroskopiem (SEM un TEM) un rentgenstaru difrakciju (XRD). Izgatavotajiem

fotorezistoriem tika uzņemtas voltampēru raksturlīknes un noteiktas fotoreakcijas (*photoresponse*) vērtības pie dažādiem viļņa garumiem (405 nm, 532 nm un 660 nm) no *on-off* grafikiem (skat. 2. att.). Materiāliem tika novērota atšķirīga jutība uz dažādu viļņa garumu gaismu, kas bija sagaidāms, taču vairākiem materiāliem arī tika novērota jutība pret *virscut-off* viļņa garuma gaismu, kuru būtu nepieciešams novērst, pasivējot defektus, lai šādus fotorezistorus potenciāli varētu pielietot krāsu-jūtīgos gaismas detektoros. Par šo pētījumu ir sagatavots zinātnisks raksts: *E. Butanovs, J. Butikova, B. Polyakov. Towards metal chalcogenide nanowire-based colour-sensitive photodetectors.*



2. attēls. *On-off* fotoreakcijas mērījumi (a) PbS, (b) In₂S₃, (c) CdS un (d) ZnSe nanovadu fotorezistoriem pie 1V sprieguma un 405 nm, 532 nm un 660 nm gaismas apstarošanas ar 2 W/cm² intensitāti.

Projekta otrajā pētniecības daļā tika izgatavoti fotorezistori no ZnO-WS₂ heterostruktūrām [1], noteiktas to fotoelektriskās īpašības (skat. 3. att.) un salīdzinātas ar ZnO nanovadu un WS₂ mikrokristālu īpašībām. Šādu heterostruktūru fotorezistori raksturojas ar lielāku reaģētspēju (*responsivity* R_λ) nekā abu atsevišķo pētīto materiālu fotorezistori, kā arī tiem piemīt lielāka ātrdarbība nekā ZnO nanovadiem, tādējādi var secināt, ka apvienojot atsevišķus materiālus heterostruktūrās, var iegūt jaunu materiālu ar uzlabotām īpašībām. Par šo veikto pētījumu tiks sagatavota zinātniska publikācija.



3. attēls. *On-off* fotoreakcijas mērījumi (a) ZnO nanovadu (b) WS₂ mikrokristālu (c) ZnO-WS₂ heterostruktūru fotorezistoriem pie 1V sprieguma un 405 nm, 532 nm un 660 nm gaismas apstarošanas ar 0.5 W/cm² intensitāti.

[1] B. Polyakov, K. Smits, A. Kuzmin, J. Zideluns, **E. Butanovs**, J. Butikova, S. Vlassov, S. Piskunov, Y. Zhukovskii., Unexpected Epitaxial Growth of a Few WS₂ Layers on {1100} Facets of ZnO Nanowires, *J. Phys. Chem. C*, vol. 120, no. 38, pp. 21451–21459, 2016