



## Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 10.  
(16.08.2021. - 15.11.2021.)

**Projekts:** Nr. 1.1.1.1/18/A/155 “Uz čukstošās galerijas modas mikrorezonatora bāzes veidota optisko frekvenču ķemmes ģenerators izstrāde un tā pielietojumi telekomunikācijās”.

**Projekta realizētāji:** Latvijas Universitāte (vadošais partneris), Rīgas Tehniskā universitāte, SIA AFFOC Solutions.

**Projekta vispārējais mērķis:** Veikt pētniecību, kas veicina Latvijas viedās specializācijas stratēģijas mērķu sasniegšanu, cilvēkkapitāla attīstību zinātnē un tehnoloģijās un jaunu zināšanu radīšanu, lai uzlabotu konkurētspēju tautsaimniecībā.

**Projekta mērķis ir:** iegūt jaunas zināšanas par čukstošo galeriju modu rezonatoru optiskajām frekvenču ķemmēm (WCOMBs) un izstrādāt, konstruēt un testēt ķemmes ģenerators prototipu telekomunikāciju pielietojumiem.

*Projekta darbības un paveiktais pārskata periodā*

### **Darbība 1. WCOMB izstrāde, modelēšana, testēšana un optimizēšana**

#### **Darbība 1.1. Dažādu ČGM rezonatoru izstrāde un iegūšana**

Izgatavots stends mikrolodīšu kausēšanai un mikrostienīšu virpošanai ar CO<sub>2</sub> lāzeru. Tiek apkopoti un precizēti veiktie testa mērījumi, lai aprakstītu zinātību darbības 4.2.2 ietvaros.

#### **Darbība 1.2. WCOMB sistēmas, kur tiek izmantota prizma, izveide, testēšana un optimizēšana**

Mērījumu datu kopa apkopota. Līdztekus sagatavots pārskats par aktivitātes rezultātiem. Apkopotā informācija tiek precizēta un aprakstīta zinātības veidā darbības 4.2.2 ietvaros. Aktivitāte noslēgusies, visi plānotie rezultāti sasniegti.

#### **Darbība 1.3. WCOMB sistēmas, kur tiek izmantota izstieptā šķiedra, izveide, testēšana un optimizēšana**

Mērījumu datu kopa apkopota. Līdztekus sagatavo pārskats par aktivitātes rezultātiem. Apkopotā informācija tiek precizēta un aprakstīta zinātības veidā darbības 4.2.2 ietvaros. Aktivitāte noslēgusies, visi plānotie rezultāti sasniegti.

#### **Darbība 1.4. ČGM rezonatoru efektu un WCOMB sistēmas matemātiskā modelēšana**

Aktivitatē veiktas simulācijas *COMSOL Multiphysics* vidē, atrodot precīzas rezonanses frekvences. No simulāciju datiem aprēķināta rezonatoram raksturīgā krāsu dispersijas līkne dažādiem viļņu garumiem, un pēc vajadzības, tiek veikta dispersijas optimizēšana, izmainot rezonatora parametrus. Kad dispersija ir optimizēta, tiek veiktas Kerra frekvenču ķemmu simulācijas.

### **Darbība 1.5. Uzlabota WCOMB izveide, testēšana un optimizēšana universālam pielietojumam**

Darbība balstās uz darbību 1.2 un 1.3 rezultātiem. Līdz ar šo aktivitāšu pabeigšanu, mērījumu datu apkopošanu un pārskatu gatavošanu notiek ievadīšanas sistēmas, kas nodrošina vislabāko WCOMB veiktspēju, izvērtēšana (prizma vai trapecveida šķiedra).

### **Darbība 1.6. Zinātniskās vizītes**

Pārskata periodā zinātniskās vizītes ārvalstīs nav veiktas.

## **Darbība 2. Portatīva WCOMB izstrāde, izveide un testēšana pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās**

### **Darbība 2.1. Eksistējošo WCOMB ģeneratoru veidu, risinājumu un realizāciju izpēte šķiedru optiskajās sakaru sistēmās**

Darbība noslēgusies 2.atskaites periodā; pārskats iesniegts un pozitīvi vērtēts projekta vidusposma izvērtējumā.

### **Darbība 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās**

Darbība noslēgusies 8.atskaites periodā; pārskats iesniegts un pozitīvi vērtēts projekta vidusposma izvērtējumā.

### **Darbība 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana**

Darbība noslēgusies 8.atskaites periodā; pārskats iesniegts un pozitīvi vērtēts projekta vidusposma izvērtējumā.

### **Darbība 2.4. Šķiedru optiskajā sakaru sistēmā integrēta WCOMB testēšana laboratorijā**

Laboratorijas vidē šķiedru optiskās pārraides sistēmas modelī ar integrētu eksperimentāli izstrādātu WCOMB avotu, izmantojot dažāda garuma šķiedru optiskās pārraides līnijas posmus, ir realizēta datu pārraide pie dažādiem datu pārraides ātrumiem līdz 50 Gbit/s kanālā, pielietojot NRZ-OOK un PAM-4 nesējsignālu modulācijas formātus, nodrošinot telekomunikāciju sistēmām nepieciešamo datu saturošā pārraidāmā signāla kvalitātes sliekšni. Aktivitāte noslēgusies, visi plānotie rezultāti sasniegti.

## **Darbība 3. WCOMB prototipa pielāgošana un validēšana komerciālā šķiedru optisko sakaru sistēmā**

### **Darbība 3.1. Portatīva WCOMB prototipa pielāgošana lauka testa vajadzībām komerciālā šķiedru optisko sakaru sistēmas infrastruktūrā**

Darbības ietvaros ir izstrādāts WCOMB iekārtas prototips, kura mehāniskā izturība, kā arī ģenerēto harmoniku stabilitāte, atbilst lauka testa vajadzībām. Turpinās darbs pie iekārta prototipa izturības un darbības novērtēšanas, stabilitātes analīzes atkarībā no ārējās vides temperatūras, vibrāciju u.c. faktoru ietekmes.

### **Darbība 3.2. Portatīva WCOMB prototipa validēšana komerciālā šķiedru optisko sakaru sistēmā**

Darbības ietvaros ir uzsākta izstrādātā WCOMB prototipa validēšana komerciālā šķiedru optiskā sakaru tīkla infrastruktūrā. Turpinās darbs pie atbilstošas šķiedru optiskās līnijas posma atbilstības piemērošanas WCOMB prototipa validēšanai un validēšanas procedūras.

## Darbība 4. Projekta rezultātu izplatīšana

### Darbība 4.1. Zinātnisko rakstu un konferenču tēžu publicēšana *Web of Science* vai *SCOPUS* (A vai B) datubāzēs iekļautos žurnālos vai rakstu krājumos

Pārskata periodā nav iesniegti/publicēti raksti (iesniegtās tēzes sk. sadaļā 4.4).

### Darbība 4.2. Intelektuālā īpašuma tiesību pārvaldīšana

Tiek precizēta iespējamā tēma patentam - Iekapsulēts ķemmes modulis: Rezonatora *taper fiber* modulis ar 3D printētu mikro pozicionēšanu.

Tiek gatavots pirmais zinātnības apraksts par rezonatoru izgatavošanu un testēšanu, ietverot darbību 1.1, 1.2 un 1.3 rezultātus. Aprakstā tiek ietvertas sadaļas: ievaddaļa, mikrosfēru izgatavošana, citu rezonatora tipu izgatavošana, rezonatoru testēšanas metodes, testa iekārtas ar prizmas sapārošanu, tievās šķiedras stiepšana un sapārošana, mikrosfēru testēšana un *WCombs* ģenerēšana, mikrostieņu testēšana un *WCombs* ģenerēšana, citu rezonatora tipu testēšana, gala novērtējums.

### Darbība 4.3. Datu pārvaldības plāns

Darbība noslēgusies 1.ataskaites periodā; pārskats iesniegts un pozitīvi vērtēts projekta vidusposma izvērtējumā.

### Darbība 4.4. Projekta rezultātu izplatīšana konferencēs

Ziņojumi *International Symposium Topical Problems of Nonlinear Wave Physics* (NWP-2021), 2021.gada 19.-22.septembris, Nižņijnovgoroda, Krievija (<https://nwp2021.ipfran.ru>):

- Janis Alnis (LU) – *Kerr comb generation in silica WGM micro-resonators and application to telecommunications* (Orgkomitejas ielūgtais lektors);
- Toms Salgals (AFFOC), Janis Alnis (LU), Jurgis Porins (RTU), Sandis Spolitis (AFFOC), Vjaceslavs Bobrovs (RTU) - *Microsphere-based OFC-WGMR multi-wavelength source and its applications in telecommunications*;

Dalība *NanoInnovation 2021* konferencē (t.sk. *School on Nanotech*), 2022.gada 21.-24.septembris, Roma, Itālija (<https://www.nanoinnovation2021.eu/home>):

- Janis Alnis (LU) – bez ziņojuma, klausītājs

Iesniegtas tēzes dalībai *SPIE Photonics Europe 2022* konferencē, 2022.gada 3.-7.aprīlis, Strasbūra, Francija (<https://spie.org/conferences-and-exhibitions/photonics-europe>):

- A. Sedulis et. al - *Investigation of Silica-WGMRs based OFC for telecommunication applications* (paredzama publikācija *SPIE Proceedings*)

### Darbība 4.5. Publicitāte

Rīgas Tehniskajā universitātē rīkotās “RTU Informācijas un komunikācijas tehnoloģiju pētniecības platformas brokastis” 2021.gada 24.septembrī:

- Toms Salgals (AFFOC) un Jurgis Poriņš (RTU) – zināšanu pārnese un ziņojumi par projektā sasniegtajiem rezultātiem “Uz čukstošās galerijas modas mikrorezonatora bāzes veidotas optiskās frekvenču ķemmes pielietojums telekomunikācijās”

Projekta Padomes sēdes pārskata daļa 2021.gada 28.oktobrī – LU ASI atklātais seminārs, piedaloties visu trīs projekta partneru organizāciju dalībniekiem:

- Jānis Alnis (LU) – pārskats par paveikto 1. un 4.aktivitātē, t.sk. AFFOC Solutions ieguldījumu;
- Jurgis Poriņš (RTU) – pārskats par paveikto 2.,3. un 4.aktivitātē, t.sk. AFFOC Solutions ieguldījumu.

SPIE studentu nodaļas rīkotais studentu zinātniskais seminārs 2021.gada 8.novembrī:

- Inga Brice (LU) – pārskats par doktorantūrā paveikto “Čukstošās galerijas modas silīcija dioksīda mikrosfēras rezonatoru pielietojumi biosensoros un optisko frekvenču ķemmēs”.