

**Projekta atskaite (16.05.2019. – 26.02.2020.)**

«Uz čukstošās galerijas modas mikrorezonatora bāzes  
veidota optisko frekvenču ķemmes ģenerators izstrāde  
un tā pielietojumi telekomunikācijās»  
(1.1.1.1/18/A/155)

**Jurģis Poriņš**  
Vadošais pētnieks  
RTU

**Toms Salgals**  
Elektronisko sakaru speciālists  
SIA "AFFOC Solutions"

**2020**

# Projekta mērķis

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

1.6.1. Iznākuma rādītāji							
Nr.	Rādītāja nosaukums	Sākotnējā vērtība		Plānotā vērtība			Mērvienība
		gads	vērtība	gads	starpvērtība	gala vērtība	
1	Jaunu pētnieku skaits atbalstītajās vienībās (pilnas slodzes ekvivalents)	2019	0	2021	1	1,72	Pilnslodzes ekvivalents
2	Zinātnisko rakstu skaits, kuru izstrādei un publicēšanai sniegts atbalsts projekta ietvaros	2019	0	2021	0	5	zinātnisko rakstu skaits
3	Orģināli zinātniskie raksti, kas publicēti žurnālos vai konferenču rakstu krājumos, kuru citēšanas indekss sasniedz vismaz 50 procentus no nozares vidējā citēšanas indeksa			2021	0	2	zinātnisko rakstu skaits
4	Orģināli zinātniskie raksti, kas publicēti Web of Science vai SCOPUS (A vai B) datubāzēs iekļautos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos			2022	0	5	zinātnisko rakstu skaits
5	Jaunu produktu un tehnoloģiju skaits, kas ir komercializējamas un kuru izstrādei sniegts atbalsts projekta ietvaros	2019	0	2021	0	1	Produktu un tehnoloģiju skaits
6	Jauna produkta vai jaunas tehnoloģijas prototips			2021	0	3	prototipu skaits
7	Jaunas ārstniecības un diagnostikas metodes (tai skaitā nekomercializējama metode)			2021	0	0	metožu skaits
8	Intelektuālā īpašuma licences lģgumi			2021	0	1	lģgumu skaits
9	Privātās investģcijas, kas papildģna valsts atbalstu inovģcijām vai pģtniecģbas un izstrģdes projektiem	2019	0	2021	15000	38880	EUR
10	Komersantu skaits, kurģ sadarģbojas ar pģtniecģbas organizģciju	2019	0	2021	1	1	komersanti
11	Citi pģtģjuma specifģkai atbģlģstoģi projekta rezultģti (tai skaitģ datģ)			2021	1	9	skaitģ
12	Tehnoloģģju tiesģbas - patenti			2021	0	1	patentu skaits
13	Tehnoloģģju tiesģbas - citģ nematerģliģle aktģvi			2021	0	3	nematerģliģlo aktģvu skaits

# Projekta realizācija

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



2.1. Eksistējošo WCOMB ģeneratoru veidu, risinājumu un realizāciju izpēte šķiedru optiskajās sakaru sistēmās (M6);



2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās (M15);



2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana (M18);



2.4. Šķiedru optiskajā sakaru sistēmā integrēta WCOMB testēšana laboratorijā (M24)

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

**Paveiktais:** Ir veikta starptautisku zinātnisko rakstu, tai skaitā konferenču pilna teksta zinātnisko rakstu, un žurnālu analīze un izpēte (kopumā 22 zinātniskās publikācijas), kas ļāva novērtēt ČGM rezonatoru pielietojumu telekomunikāciju risinājumos un uz ČGM rezonatoru bāzes veidotu optiskās frekvenču ķemmes ģenerators realizāciju. Izstrādāta detalizēta zinātniskā atskaite (M06) par pieejamajiem dažāda veida WCOMB ģenerators risinājumiem un to izmantošanu šķiedru optiskajās sakaru sistēmās.

2.1.	Eksistējošo WCOMB ģeneratoru veidu, risinājumu un realizāciju izpēte šķiedru optiskajās sakaru sistēmās	<p>Šajā <u>apakšdarbībā</u> tiks pētīti ČGM rezonatoru frekvenču ķemmes ģenerators realizācijas risinājumi telekomunikāciju pielietojumiem, attiecīgi optisko sakaru sistēmās.</p> <p>Lai to sasniegtu, tiks veiktas sekojošas darbības:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•izpētīti eksistējoši rezonatoru tipi, realizācijas, risinājumi;</li> <li>•novērtēti ČGM rezonatoru pielietojumi telekomunikāciju risinājumos;</li> <li>•izpētīta realizācija uz ČGM rezonatoru balstītam frekvenču ķemmes ģeneratoram (turpmāk - WCOMB).</li> </ul> <p><u>Apakšdarbības</u> gala rezultāts: 1 atskaite par pieejamajiem dažāda veida WCOMB ģenerators risinājumiem un to izmantošana šķiedru optiskajās sakaru sistēmās.</p> <p>Plānotais darbības ilgums ir no Cet1* līdz Cet2 (kopā 2 ceturkšņi). Rezultāti projekta <u>vidusposmā</u> (projekta 24. mēnesis): <u>apakšdarbība</u> ir beigusies un iegūti gala rezultāti.</p>	1 atskaite par pieejamajiem dažāda veida WCOMB ģenerators risinājumiem un to izmantošana šķiedru optiskajās sakaru sistēmās	1	atskaite
------	---	--	---	---	----------

Scopus®

IEEE  
Xplore®  
Digital Library

## 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās (1/4)

**Paveiktais:** Ir veikta uz čukstošās galeriju modu rezonatoru balstīta optiskā frekvenču ķemmes (WCOMB) ģeneratora sākotnējās slēguma shēmas modeļa izstrāde laboratorijas vidē. Šī uzdevuma realizācijai tika veikta vairāku nozarē atzītu žurnālu rakstu un publikāciju analīze par jaunākajiem WCOMB izstrādes risinājumiem.

2.2.	Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās	<p>Šīs apakšdarbības ietvaros eksperimentāli šķiedru optiskajās sakaru sistēmu (ŠOPS) laboratorijā tiks izstrādāts WCOMB, kas pielāgots izmantošanai ŠOPS kā daudzviļņu gaismas avota risinājums.</p> <p>Izveidotais WCOMB atbildīs sekojošām prasībām:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• nodrošinās frekvenču ķemmi optiskajā C – joslā (1530-1565 nm), kanālu skaits atbildīs reālos ŠOPS risinājumos izmantotajiem <math>2n</math> (<math>n</math> – vesels skaitlis), kā piemēram, 8, 16 kanāli;</li><li>• starpkanāla intervāls starp (ČGM) rezonatora frekvenču ķemmes maksimumiem atbildīs ŠOPS viļņgarumdales (WDM) risinājumos izmantotiem starpkanālu intervāliem starp pārraides datu kanāliem (ITU-T G.694.1), kā piemēram, 100 un 50 GHz.</li></ul> <p>Apakšdarbības gala rezultāts: atskaite par izveidoto portatīvo WCOMB ģeneratoru.</p> <p>Plānotais darbības ilgums ir no Cet1 līdz Cet5 (kopā 5 ceturkšņi).</p> <p>Rezultāti projekta vidusposmā (projekta 24. mēnesis): apakšdarbība ir beigusies un iegūti gala rezultāti.</p>	1 atskaite par izveidoto portatīvo WCOMB
------	--	---	--

## 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās (2/4)

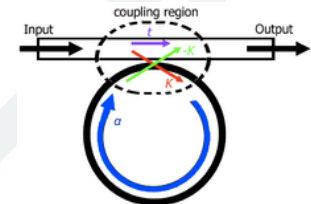
Šīs apakš darbības ietvaros eksperimentāli RTU TI šķiedru optiskajās sakaru sistēmu (ŠOPS) laboratorijā tiek izstrādāts riņķveida rezonators / WCOMB, kas pielāgots izmantošanai ŠOPS kā daudzviļņu gaismas avota risinājums.

Esošajā etapā ŠOPS laboratorijā izveidotais **riņķveida rezonators** (fiber loop resonator ) WCOMB atbilst sekojošām prasībām:

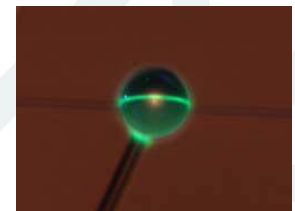
- ✓ Nodrošinās frekvenču ķemmi optiskajā C – joslas apgabalā,
- ✓ kanālu skaits atbildīs reālos ŠOPS risinājumos izmantotajiem  $2n$  ( $n$  – vesels skaitlis), kopumā vismaz 3 kanāli.

Nākošajā etapā ŠOPS laboratorijā tiks izmantots

**Monolītisks sfēras rezonators** (monolithic sphere resonator) WCOMB, kas pielāgots izmantošanai ŠOPS kā daudzviļņu gaismas avota risinājums.



Esošajā etapā

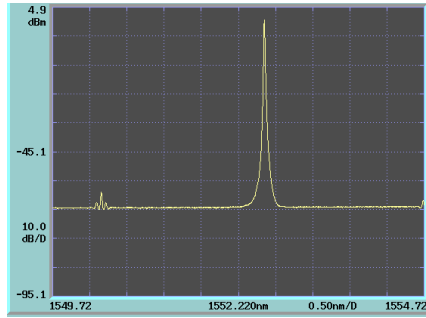


Nākošajā etapā

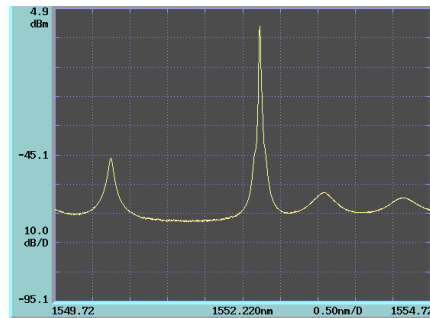


# 2.2. Portatīvā WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās (3/4)

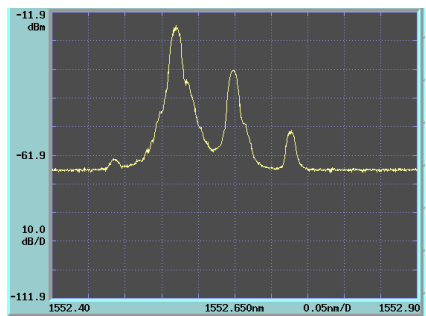
## Esošajā etapā ŠOPS laboratorijā izveidotais riņķveida rezonators



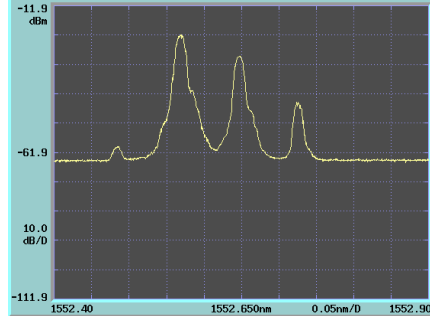
**Cobrite DX-4**



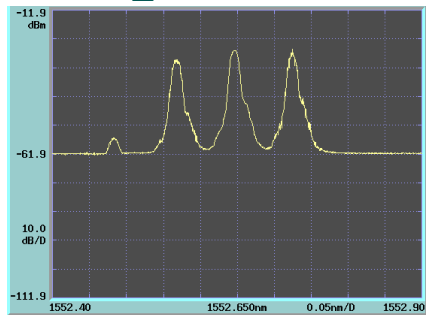
**IDIL**



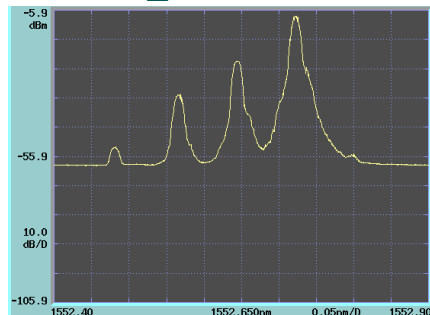
**EDFA\_out = 10 dBm**



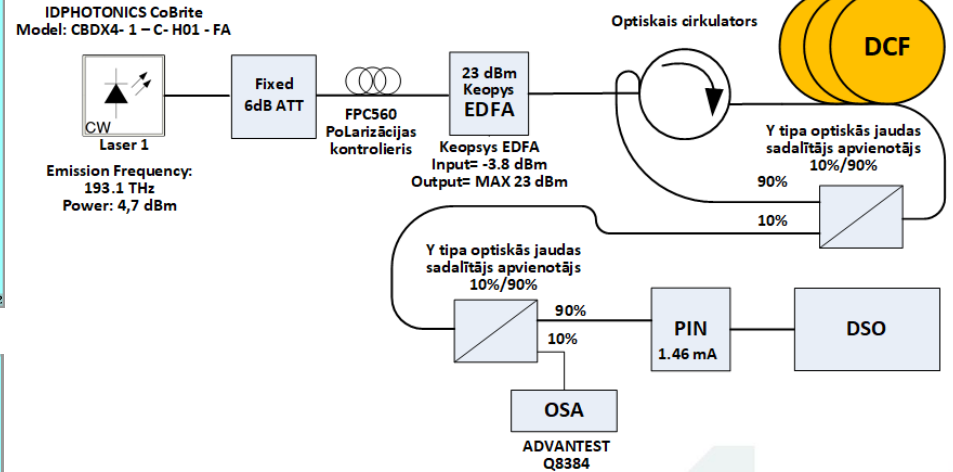
**EDFA\_out = 13 dBm**



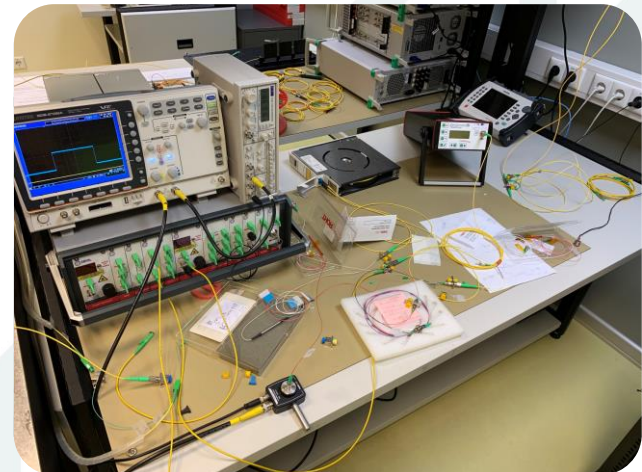
**EDFA\_out = 16 dBm**



**EDFA\_out = 19 dBm**

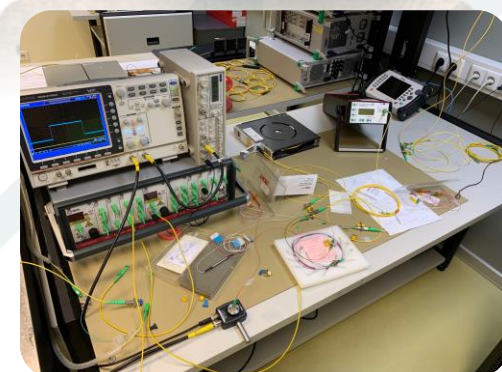
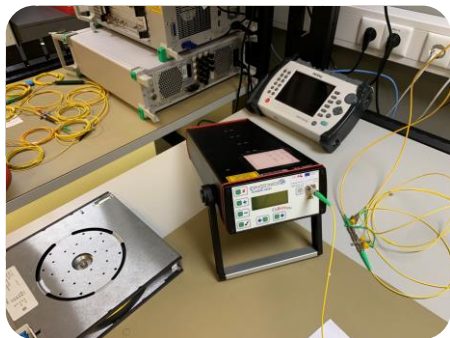


RTU TI ŠOPS laboratorijā izveidotā riņķveida rezonatora slēguma shēma.



## 2.2. Portatīva daudzviļņu izstrāde un pielietojumiem sakaru

## WCOMB kā gaismas avota izveide šķiedru optisko sistēmās (4/4)





## 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana (1/2).

*Paveiktais: Ir veikta daudzkanālu šķiedru optiskās pārraides sistēmas simulācijas modeļa izstrāde matemātiskās simulācijas programmatūrā. Izstrādātais simulācijas modelis ir balstīts uz NRZ-OOK nesējsignālu modulācijas formātu. Šī uzdevuma ietvaros uzsākts darbs pie daudzviļņu gaismas avota spektrālās raksturlīknes integrācijas matemātiskā simulācijas modelī.*

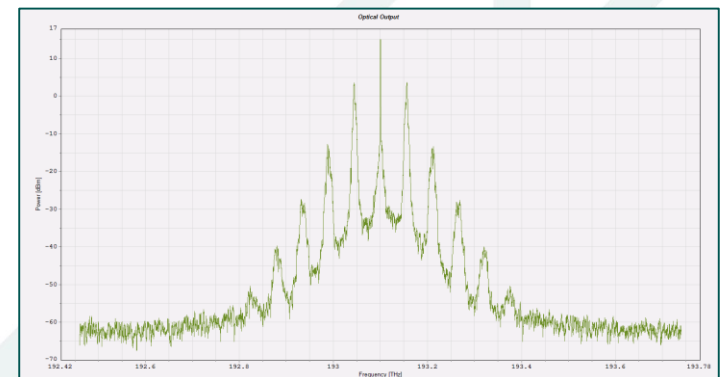
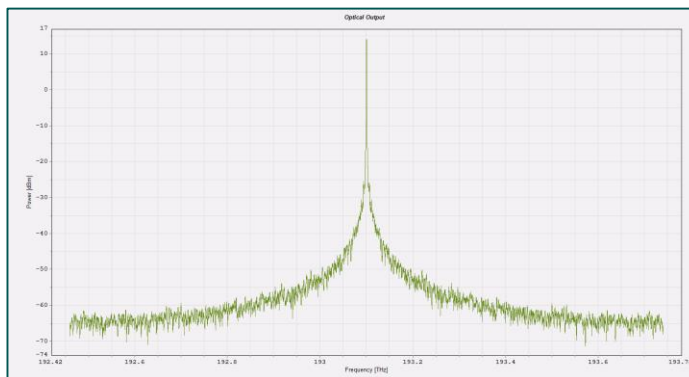
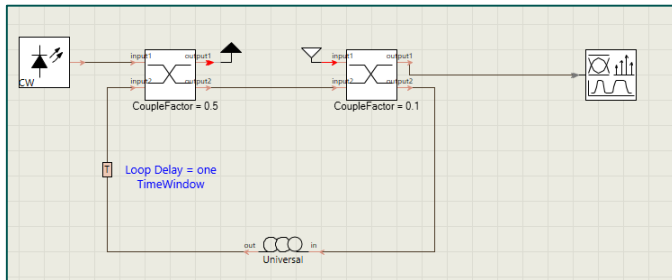
2.3.	Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana	<p>Šīs apakšdarbības mērķis ir optisko pārraides sistēmu simulācijas programmā (OptSim, VPIphotonics, Matlab vai līdzvērtīgā) novērtēt frekvenču ķemmes ģenerators pielietojumu šķiedru optiskajā sakaru sistēmā kā daudzviļņu gaismas avotu ar dažādiem nesējsignālu modulācijas formātiem, kā piemēram, NRZ-OOK, PAM-4, Duo- binary, u.c.</p> <p>Lai to sasniegtu, tiks veiktas sekojošas darbības:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• izstrādāts šķiedru optiskās sakaru sistēmas matemātiskās simulācijas modelis, kurā iespējams integrēt daudzviļņa gaismas avota elementu ar eksperimentāli nomērītām parametru raksturlīknēm;</li> <li>• laboratorijā nomērīti un matemātiskā simulācijas modelī ielādēti/integrēti WCOMB raksturojošie parametri, to raksturlīknes;</li> <li>• novērtēt sistēmas darbību pie tipiskiem metro-piekluves optiskā tīkla attālumiem un datu pārraides ātrumiem (piemēram, 2,5, 10, 25 Gbit/s; u.c.).</li> </ul> <p>Izveidotais matemātiskais simulācijas modelis atbilst tehnoloģiju gatavības līmenim – TRL 3, kas sevī ietver koncepcijas eksperimentālu pārbaudi pielietojot analītiskus pētījumus, lai apstiprinātu prognozes par tehnoloģijas komponentēm.</p> <p>Apakšdarbības gala rezultāts: viens matemātiskais simulācijas modelis</p> <p>Plānotais darbības ilgums ir no Cet2 līdz Cet6 (kopā 5 ceturkšņi). Rezultāti projekta vidusposmā (projekta 24. mēnesis): apakšdarbība ir beigusies un iegūti gala rezultāti.</p>	1 matemātiskais modelis	1	modelis
------	--	---	-------------------------	---	---------

## 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana (2/2).

*Plānotais: Izstrādāt sakaru sistēmas modeli VPIphotonics vidē:*

- 2.2. aktivitātē iegūtais daudzviļņa avota spektrs tiks ielādēts simulācijas vidē un veiktas atbilstošās simulācijas.

No simulācijas rezultātiem plānots izstrādāt Zinātnisko publikāciju.



**Paldies par uzmanību!**

