

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

Projekta atskaite (16.05.2019. – 10.09.2020.)

**Jurģis Poriņš**

Vadošais pētnieks

**Jānis Braunfelds**

Pētnieks

10.09.2020.



**RTU**

**ELEKTRONIKAS UN  
TELEKOMUNIKĀCIJU  
FAKULTĀTE**

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

# 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)



## 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās(1/3)

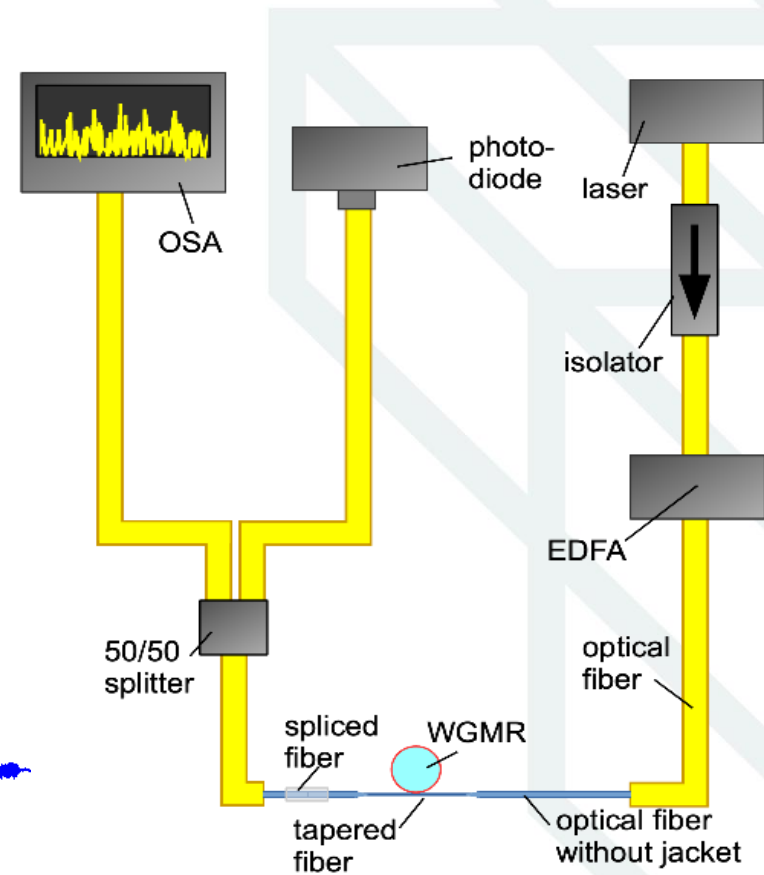
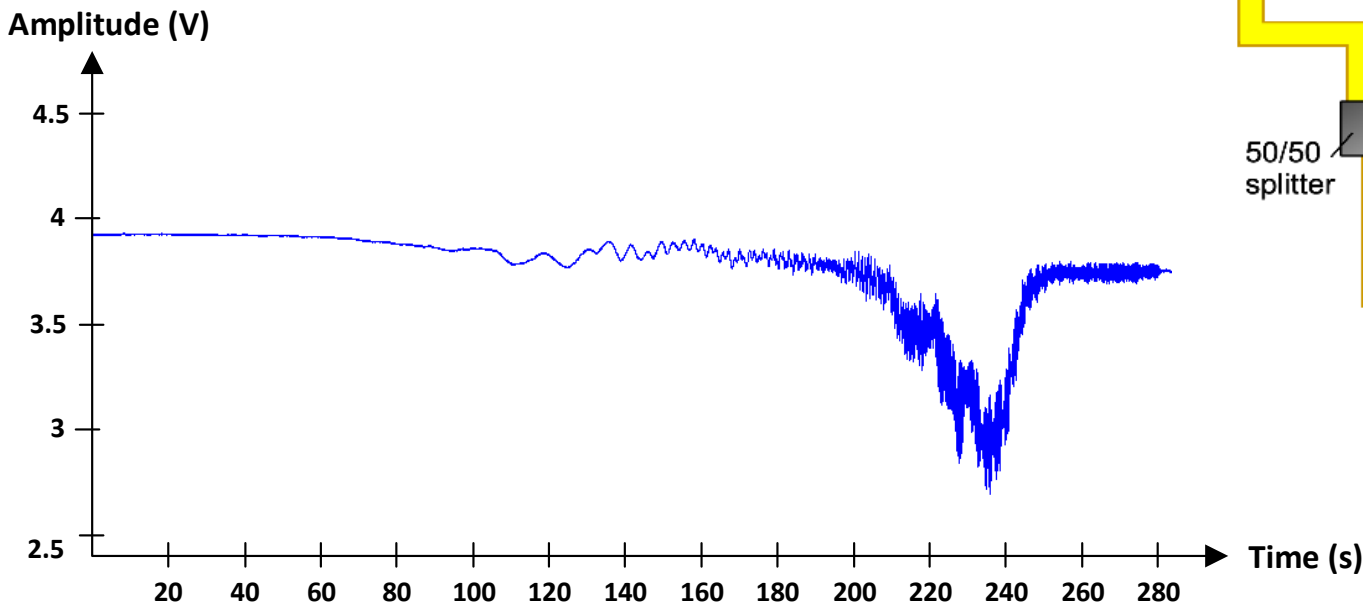
Darbības periods: 16.05.2019. – **15.08.2020.**

Izveidotais WCOMB atbildīs sekojošām prasībām:

- frekvenču ķemmi optiskajā C – joslā (1530-1565 nm);
- kanālu skaits atbildīs reālos ŠOPS risinājumos; izmantotajiem  $2^n$  ( $n$  – vesels skaitlis), kā piemēram, 8, 16 kanāli;
- 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)

## 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās(2/3)

- EDFA\_out: 20 dBm;
- WGMR diametrs: 270  $\mu\text{m}$  (Līvānu šķiedra);
- Stiepšanas ātrums: 80  $\mu\text{m/s}$ , stiepšanas garums: 21-23 mm;
- Vienmodas režīms: 280-285 s;
- Stiepšanas procesā saglabā 96% no sākotnējās signāla enerģijas.



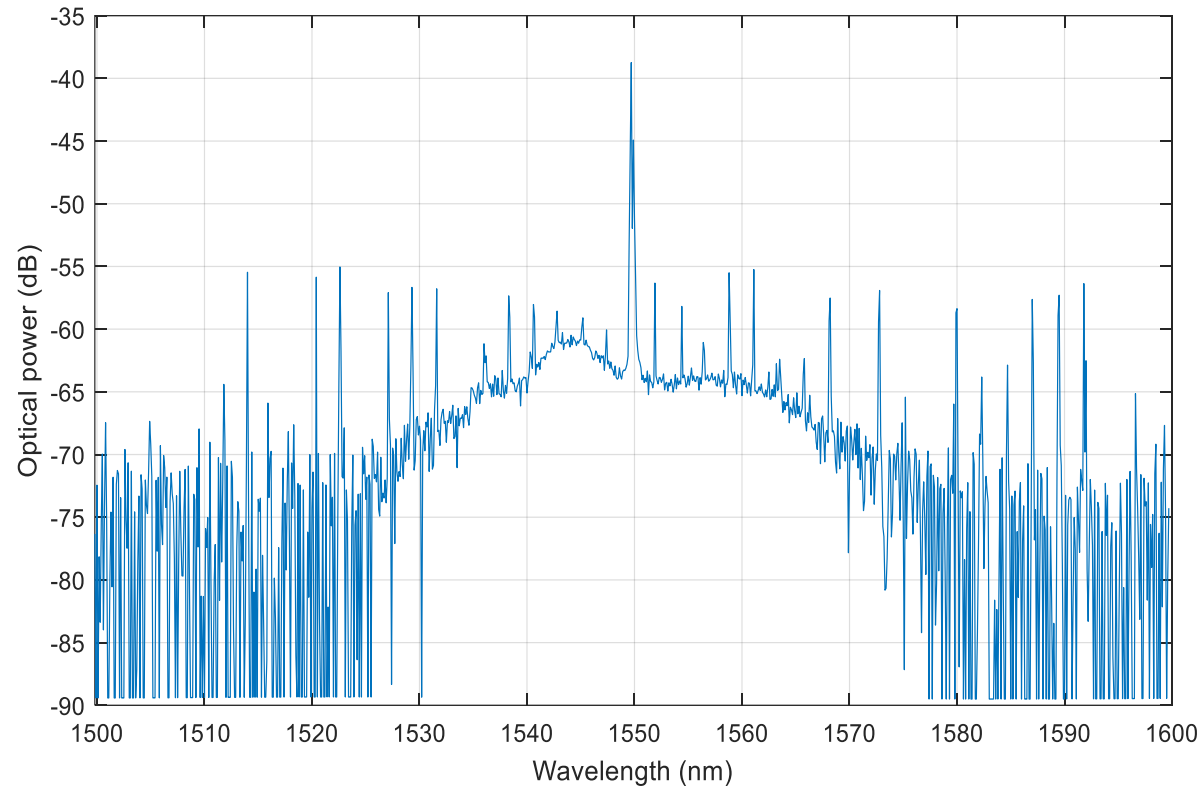
## 2.2. Portatīva WCOMB kā daudzviļņu gaismas avota izstrāde un izveide pielietojumiem šķiedru optisko sakaru sistēmās (3/3)

$$FSR_{WGM} = \frac{c}{2\pi a n_0} = 244 \text{ GHz}$$

$a=270 \text{ }\mu\text{m};$

$n_0=1,45;$

$FSR_{\text{exp}}= 257 \text{ GHz}.$



J. Braunfelds, R. Murnieks, T. Salgals, I. Brice, T. Sharashidze, I. Lyashuk, A. Ostrovskis, S. Spolitis, J. Alnis, J. Porins, V. Bobrovs. "Frequency Comb Generation in WGM Microsphere Based Generators for Telecommunication Applications" *Quantum Electronics*, pp. 1-12, 2020. (Apstiprināts publicēšanai) **žurnāls ar citēšanas indeksu vismaz 50% no nozares vidējā citēšanas indeksa**

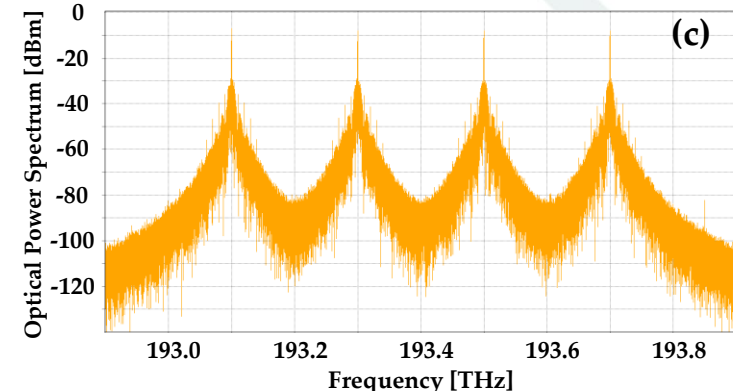
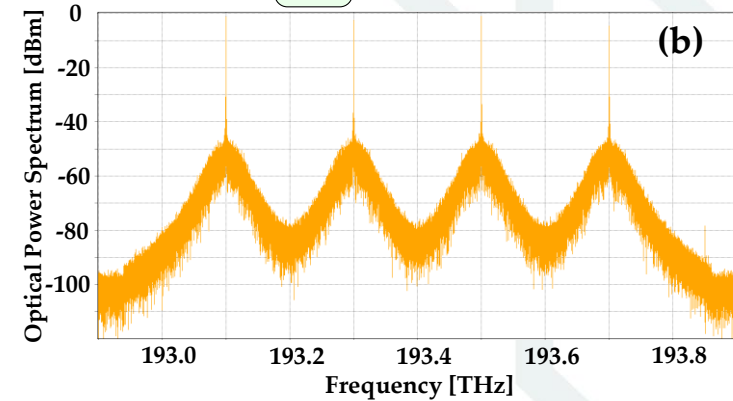
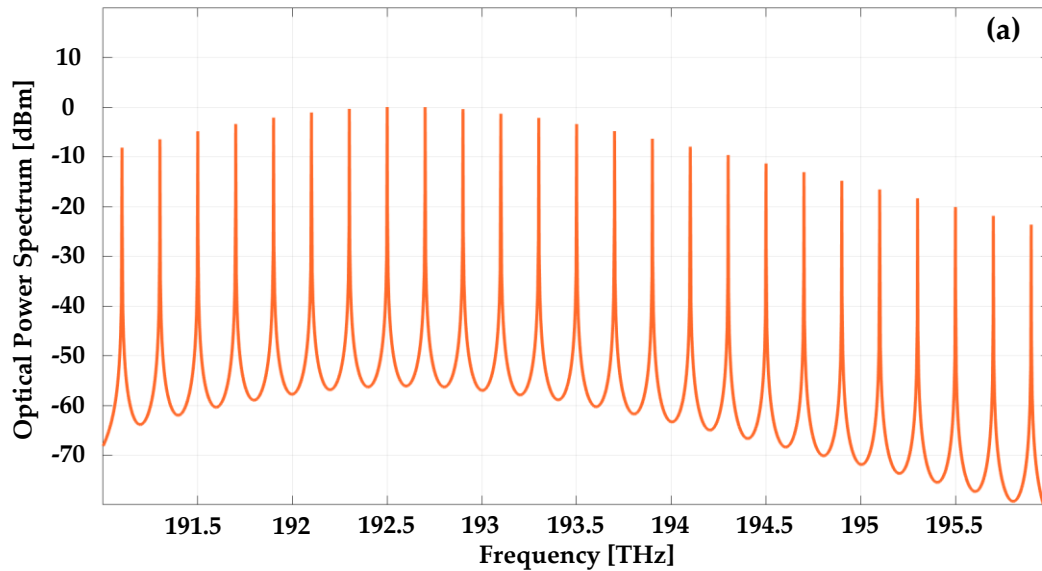
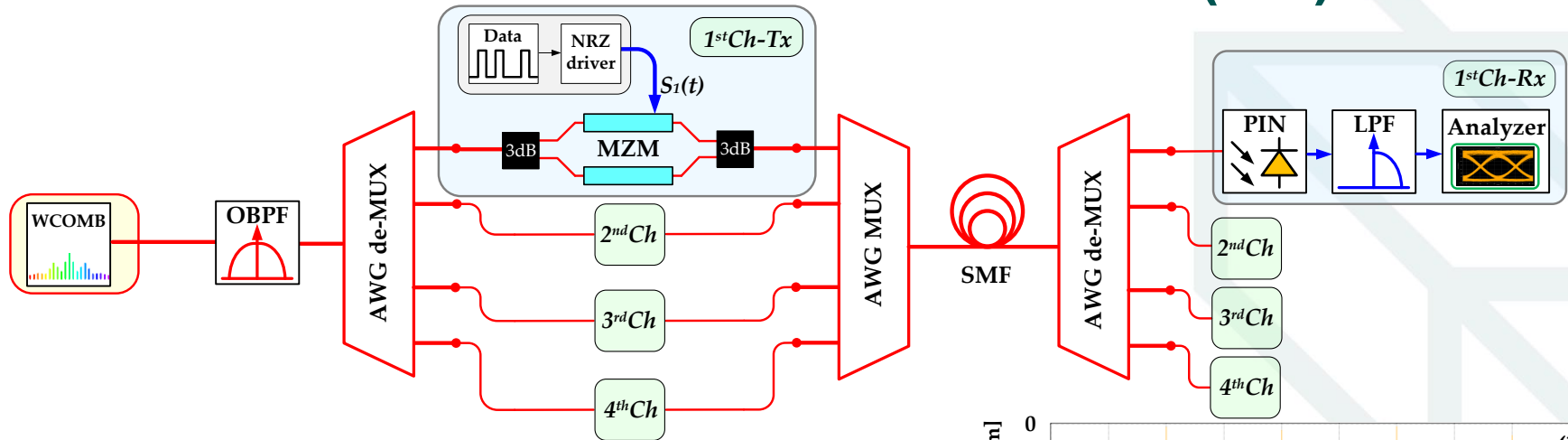
## 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana(1/3)

Šis **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.

### **Paveiktais:**

- Izstrādāts sakaru sistēmas modelis VPIphotonics vidē;
- Veikta modeļa testēšana;
- 2.2. aktivitātē iegūtais daudzviļņa avota spektrs tiks ielādēts simulācijas vidē.

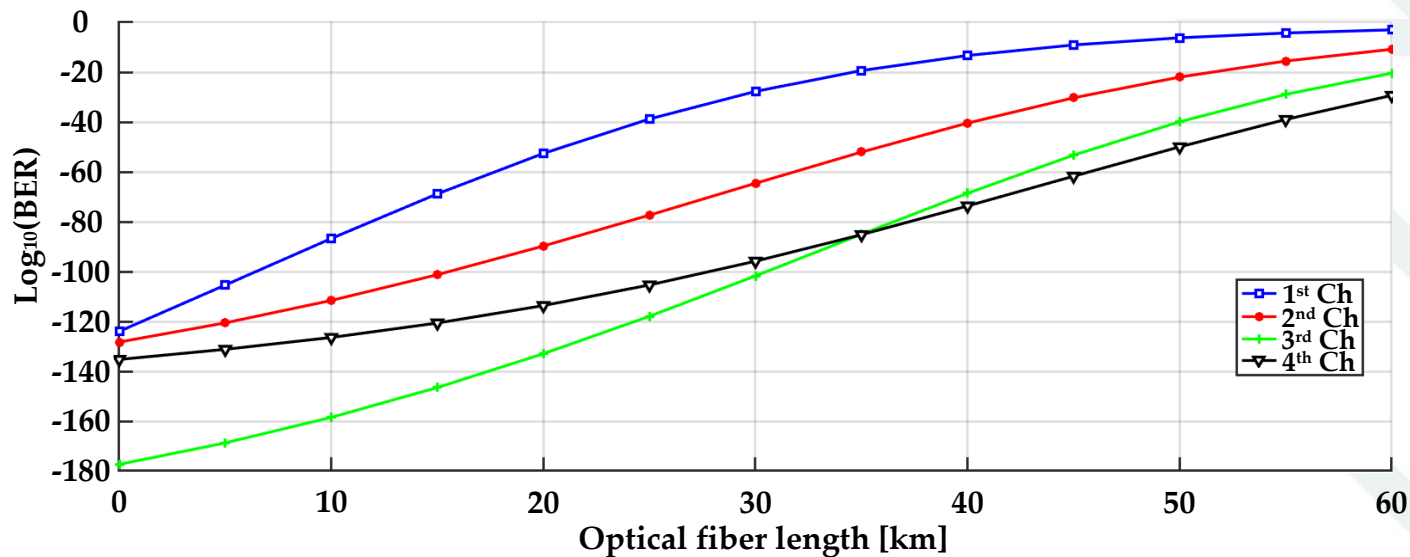
## 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana(2/3)



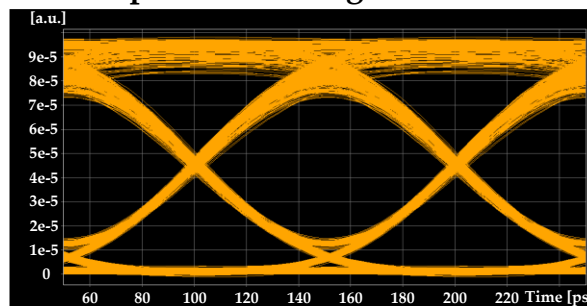
(a) lietotāja definēts spektrs; (b) spektrs pēc OBPF;  
 (c) spektrs pēc B2B pārraides IM / DD WDM-PON sistēmai (10 Gbit / s)



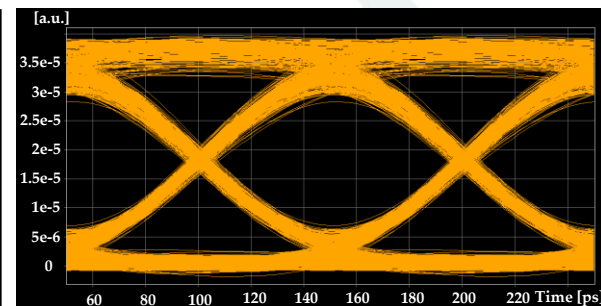
## 2.3. Uz WCOMB bāzes veidotas optisko sakaru sistēmas matemātiskā modelēšana(3/3)



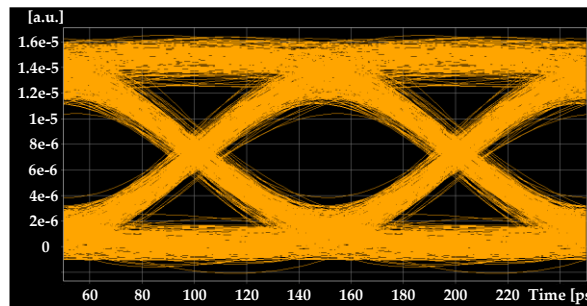
Uztvertā signāla acs diagrammas pēc (a) BTB; (b) 20 km; (c) 40 km; (d) 60 km pārraides pa SMF



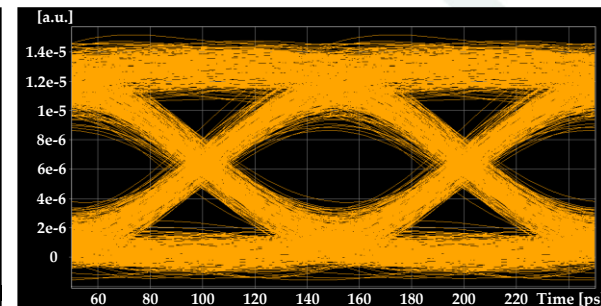
(a)



(b)



(c)



(d)

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

Šīs apakšdarbības ietvaros tiks veikta WCOMB testēšana ŠOPS laboratorijā šķiedru optiskajā sakaru sistēmā ar datu pārraides ātrumu līdz 32 Gbit/s kanālam ar NRZ-OOK modulācijas formātu kā arī kompleksākiem modulācijas formātiem (PAM-4, Duobinary modulācijas formāts).

Paveiktais:

- Noteiktas nepieciešamās komponentes eksperimentu veikšanai;
- Noteikti komponentešu optimālie parametri.

Pašlaik norit darbs pie sakaru sistēmas slēguma shēmas izstrādes laboratorijas vidē.

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

**Sasniedzamais rezultāts:** 5 publikācijas (no kurām 2 publicētas žurnālos ar citēšanas indeksu vismaz 50% no nozares vidējā citēšanas indeksa).

Žurnālos ar citēšanas indeksu vismaz 50% no nozares vidējā citēšanas indeksa):

J. Braunfelds, R. Murnieks, T. Salgals, I. Brice, T. Sharashidze, I. Lyashuk, A. Ostrovskis, S. Spolitis, J. Alnis, J. Porins, V. Bobrovs. "Frequency Comb Generation in WGM Microsphere Based Generators for Telecommunication Applications" *Quantum Electronics*, pp. 1-12, 2020. (Apstiprināts publicēšanai)

**Paldies!**