

Jaunu čukstošās galerijasmodu mikrorezonatoru izstrāde
optisko frekvenču standartu un biosensoru
pielietojumiem, un to raksturošana ar femtosekunžu
optisko frekvenču ķemmi

Projekta 11. atskaite par paveikto periodā

01.09.2019.- 29.11.2019.

I. Brice
A. Atvars
R. Viter.
J. Alnis

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/16/A/259

Par projektu

- **Projekta nosaukums:** Jaunu čukstošās galerijas modu mikrorezonatoru izstrāde optisko frekvenču standartu un biosensoru pielietojumiem, un to raksturošana ar femtosekunžu optisko frekvenču ķemmi.
 - **Projekta numurs:** 1.1.1.1/16/A/259
 - **Projekta mērķis:** jaunu zināšanu-zinātības iegūšana CGM rezonatoru izstrādē, stabilizēšanā un modelēšanā, un rezonatoru izmantošanā biomolekulu detektēšanai, tādējādi atbalstot Latvijas Viedās specializācijas mērķu sasniegšanu, zinātnes un tehnoloģiju cilvēkkapitāla attīstību un jaunu zināšanu radīšanu tautsaimniecības konkurētspējas uzlabošanai.
- **Projekta vadītājs:** J. Alnis
 - **Projekta administratīvais vadītājs:** I. Brice
 - Projektu realizē LU ASI kvantu optikas laboratorija
 - **Plānotie projekta galvenie rezultāti:** 4 publikācijas, 3 zinātību apraksts, 1 licences līgums.
 - Paredzēti 9 konferenču apmeklējumi un 6 zinātniskās vizītes
 - **Projekta īstenošanas laiks:** 01.03.2017. - 29.02.2020.

Darbinieki

- Vadošie pētnieki
 - J. Alnis
 - A. Atvars
 - A. Raminavicius
 - R. Viter
- Zinātniskie asistenti
 - I. Brice
- Laboranti
 - K. Grundšteins
 - K. Draguns



Kvantu optikas laboratorijas kopbilde 2019. gada februāris.

Iepirkumi

- Comsol datorprogrammas iepirkums (izpildīts).
- Materiālu iegādes iepirkums 1 (izpildīts).
- Instrumentu nomas iepirkums (izpildīts).
- Materiālu iegādes iepirkums 2 (izpildīts):

Projekta budžets

Projekta kopējās izmaksas: 648 252,61 EUR, to skaitā ERAF finansējums (85%)
- 551 014,72 EUR.

- Izdevumi MP1 - 33 108.93 EUR
- Izdevumi MP2 - 46 967.37 EUR
- Izdevumi MP3 - 46 967.37 EUR
- Izdevumi MP4 - 19 164.77 EUR
- Izdevumu MP5 - 38 392.16 EUR
- Izdevumu MP6 - 84 367.70 EUR
- Izdevumi MP7 - 78 512.16 EUR
- Izdevumi MP8 - 34 725.76 EUR
- Izdevumi MP9 - 50 197.04 EUR
- Izdevumi MP10 - 79 500.27 EUR
- Izdevumi MP11 - 73 001.96 EUR
- Pēdējais MP12

Atlikuši 60 096.15 EUR
01.11.2019.-29.02.2020.

Sasniegtie rezultāti

Nr.	Rādītāja nosaukums	Plānotā vērtība	Sasniegtā vērtība	Mērvienība	Komentārs
2.	Zinātnisko rakstu skaits, kuru izstrādei un publicēšanai sniegts atbalsts projekta ietvaros	5	2	Zinātnisko rakstu skaits	2 publicēti 2 sagatavoti iesniegšanai žurnālos virs 50%
2.1.	Žurnālos vai konferenču rakstu krājumos, kuru citēšanas indekss sasniedz vismaz 50 procentus no nozares vidēja citēšanas indeksa	4	2	Zinātnisko rakstu skaits	2 sagatavoti iesniegšanai
3.1.	Jauna produkta vai tehnoloģijas prototips	3	1	Prototipu skaits	Vēl vienam prototipam sagatavots apraksts
4.	Tehnoloģiju tiesības	3	0	Skaits	
5.	Intelektuālā īpašuma licences līgumi	1	0	Skaits	
6.	Privātās investīcijas, kas papildina valsts atbalstu inovācijām vai pētniecības un izstrādes projektiem	32412.63	32 412.56	EUR	sasniegts 7 centu starpība
8.	Citi pētījuma specifiskai atbilstoši projekta rezultāti (t.sk. dati), kas papildina rezultātu rādītājos Nr. 2., 3.1., 4., 5. minētos rezultātus	42	38	Skaits	Vēl atlikušas: 2 trīsmēnešu atskaites 3 datu komplekti 2 ziņas LU mājaslapā

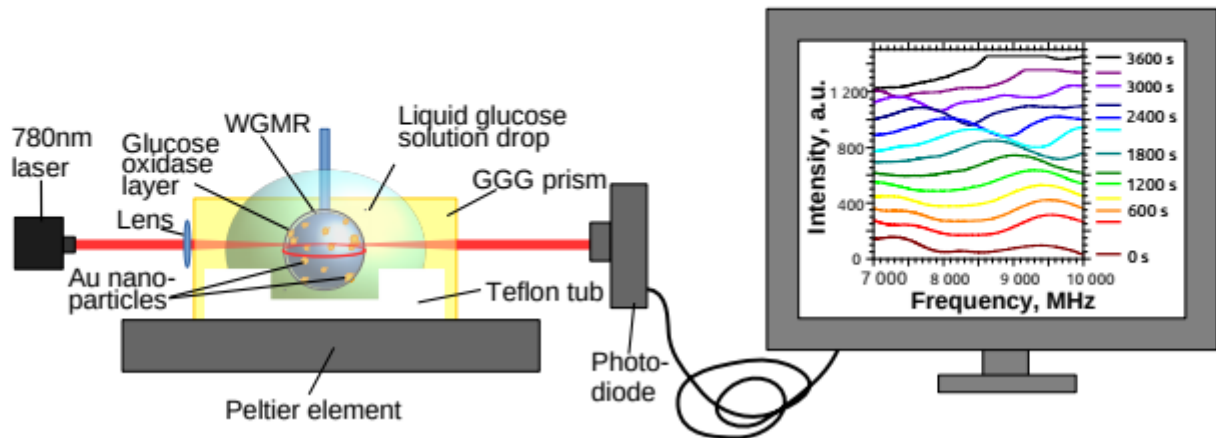
Vizīte

Apmeklējot konferenci "9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties 2019", Odesā, Ukrainā R. Vīter bija iespēja apspriest projekta rezultātus ar Prof. Katsuaki Suganuma no Osakas Universitātes un Prof. CheolGi Kim no Daegu Universitātes par lažeru stabilizēšanu, kā arī diskutēts par mikrorezonatoru virsmas modificēšanas metodēm un materiāliem. Ar Prof A. Ramanavicius tika apspriesta sadarbība un plānota kopīga publikācija par glikozes sensoriem.

Kopā ar A. Ramanavicius ir sagatavota publikācija “Whispering gallery mode resonator based glucose sensor”

Publikācija iesniegta žurnālā “Sensors and Actuators B”

Graphical Abstract



Whispering gallery mode resonator based glucose sensor

Abstract: A whispering gallery mode resonator (WGMR) based glucose sensor is proposed. The sensor consists of a WGMR coated with a thin layer of Au nanoparticles. The Au nanoparticles are used to excite the WGMR. The resonance frequency of the WGMR is measured by a photodiode. The resonance frequency of the WGMR is shifted due to the change in the refractive index of the liquid glucose solution drop. The shift in the resonance frequency is measured by a photodiode. The sensor is fabricated using a GGG prism and a Teflon tube. The sensor is cooled by a Peltier element. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution.

1. Introduction

Whispering gallery mode resonators (WGMRs) are a class of optical resonators that consist of a dielectric ring or disk. Light is confined to the perimeter of the ring or disk by total internal reflection. The resonance frequency of the WGMR is determined by the geometry of the resonator and the refractive index of the material. The resonance frequency of the WGMR is shifted due to the change in the refractive index of the liquid glucose solution drop. The shift in the resonance frequency is measured by a photodiode. The sensor is fabricated using a GGG prism and a Teflon tube. The sensor is cooled by a Peltier element. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution.

2. Materials and Methods

The sensor consists of a WGMR coated with a thin layer of Au nanoparticles. The Au nanoparticles are used to excite the WGMR. The resonance frequency of the WGMR is measured by a photodiode. The resonance frequency of the WGMR is shifted due to the change in the refractive index of the liquid glucose solution drop. The shift in the resonance frequency is measured by a photodiode. The sensor is fabricated using a GGG prism and a Teflon tube. The sensor is cooled by a Peltier element. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution.

3. Results and Discussion

The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution.

4. Conclusion

The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution. The sensor is used to measure the concentration of glucose in a liquid glucose solution.

5. Acknowledgments

The authors would like to thank the following organizations for their support: ...

6. References

1. ...

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. ...

8. ...

9. ...

10. ...

7. Appendix

7.1. ...

7.2. ...

7.3. ...

7.4. ...

7.5. ...

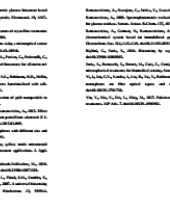
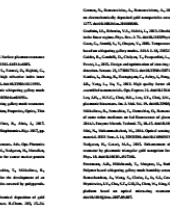
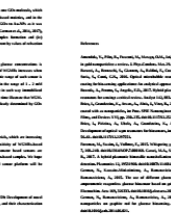
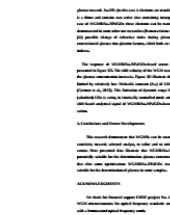
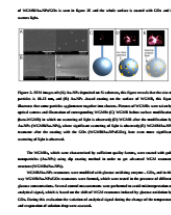
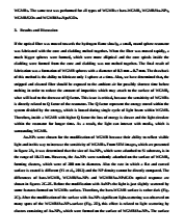
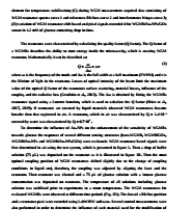
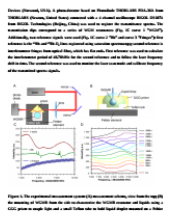
7.6. ...

7.7. ...

7.8. ...

7.9. ...

7.10. ...



9. Appendix

9.1. ...

9.2. ...

9.3. ...

9.4. ...

9.5. ...

9.6. ...

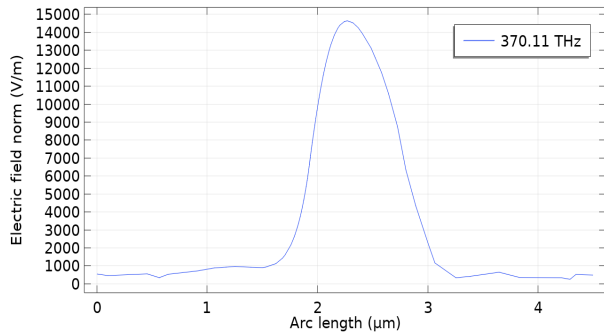
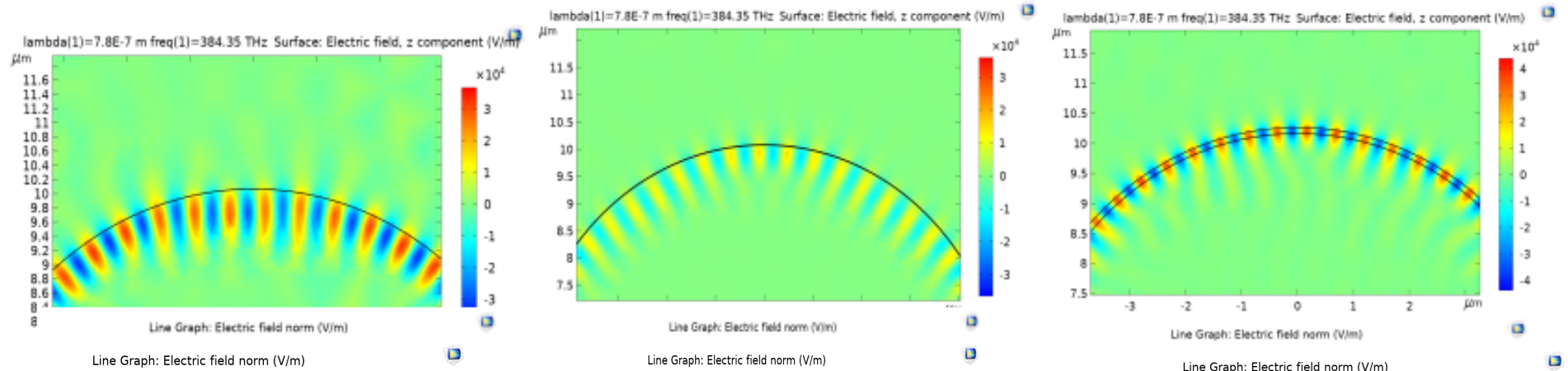
9.7. ...

9.8. ...

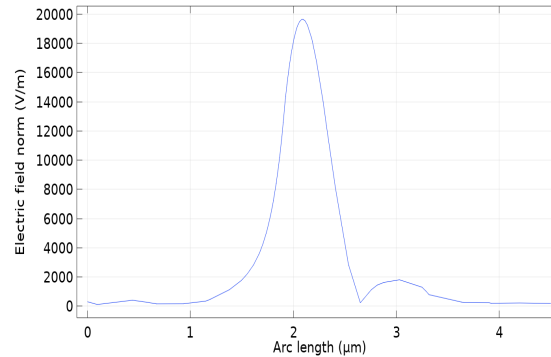
9.9. ...

9.10. ...

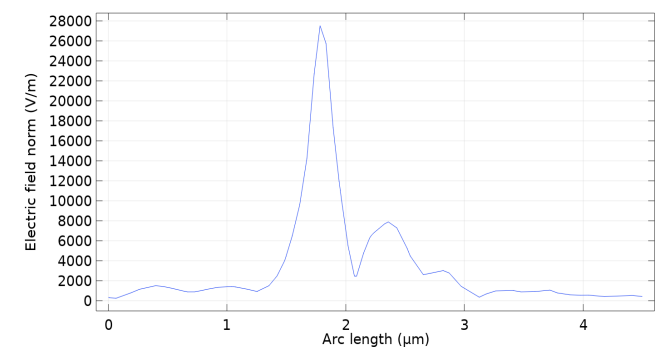
ZnO slāņa simulēšana



1nm

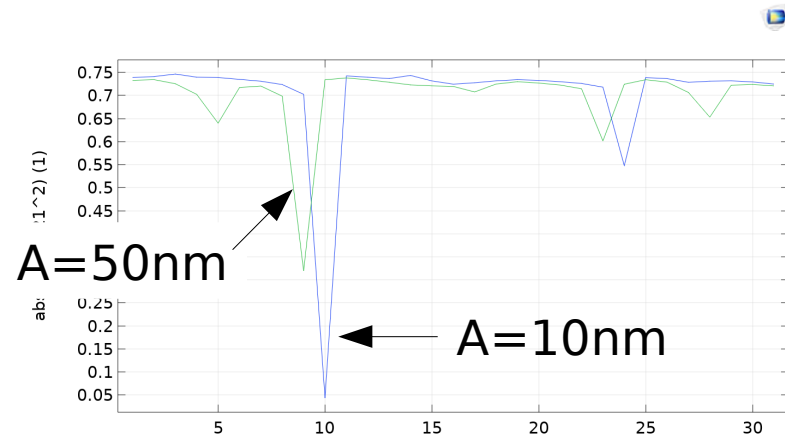
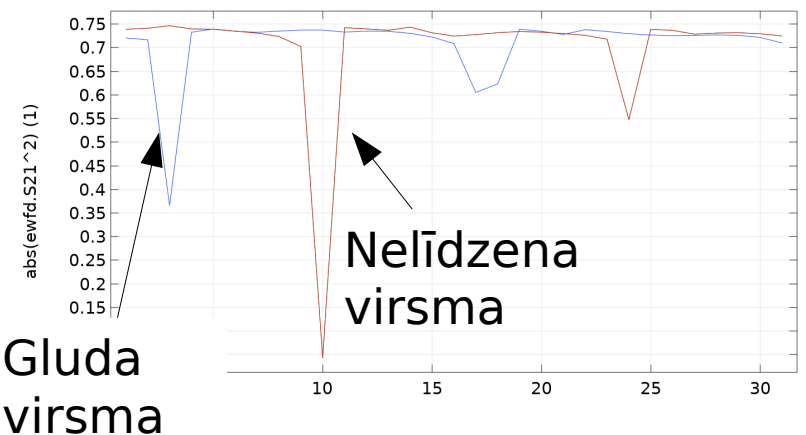
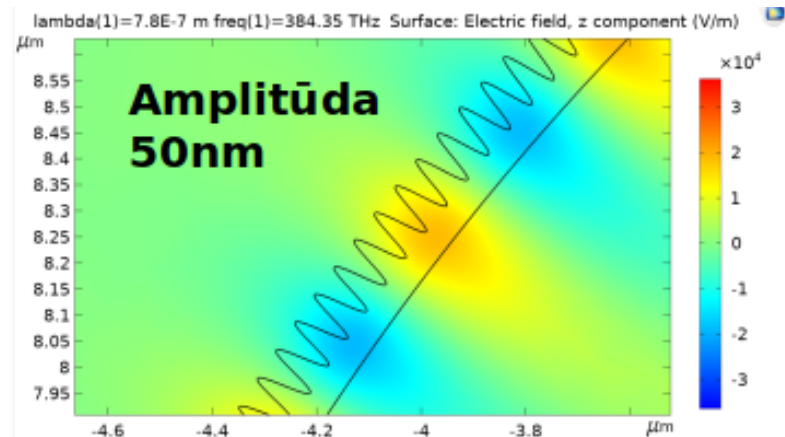
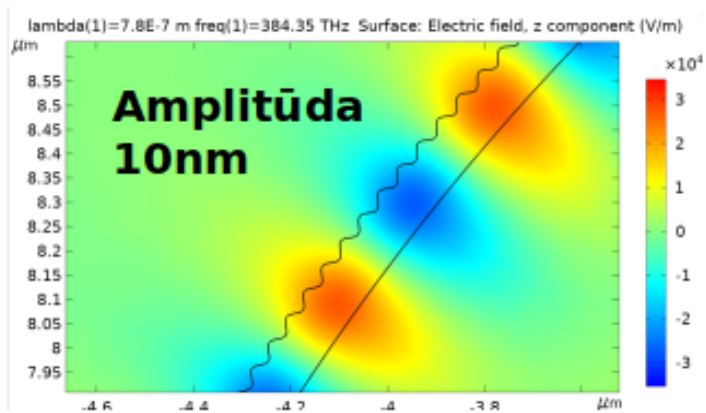


10nm



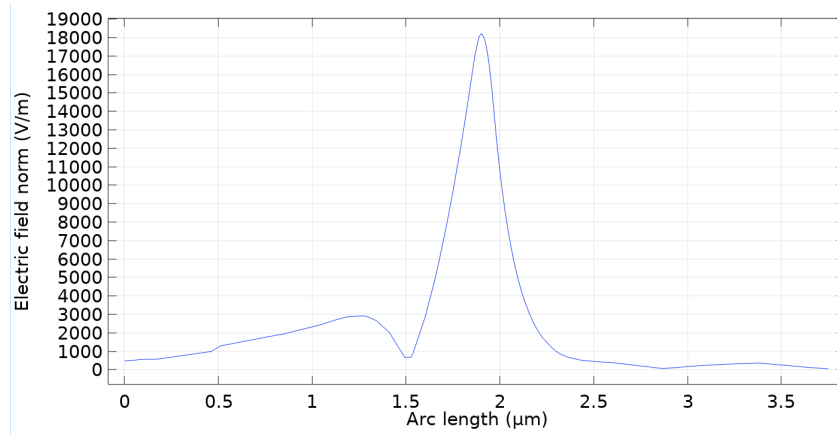
100nm

Nelīdzena virsma -periodiska struktūra

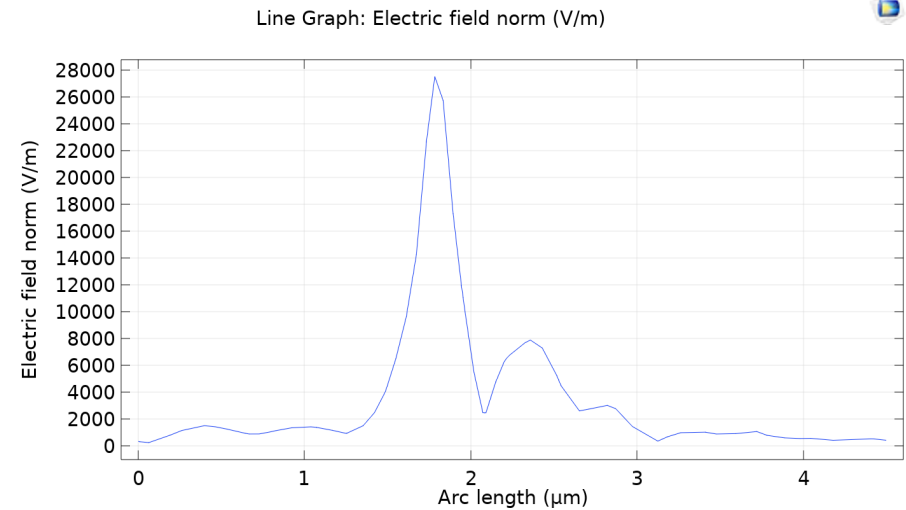


Intesitātes šķērsriezuma salīdzinājums

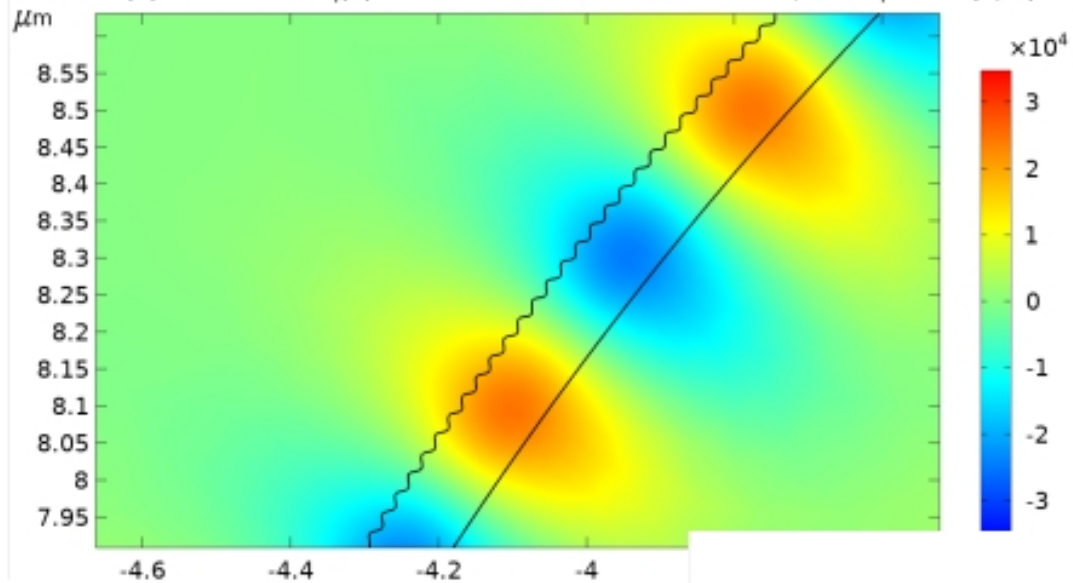
Gluda virsma



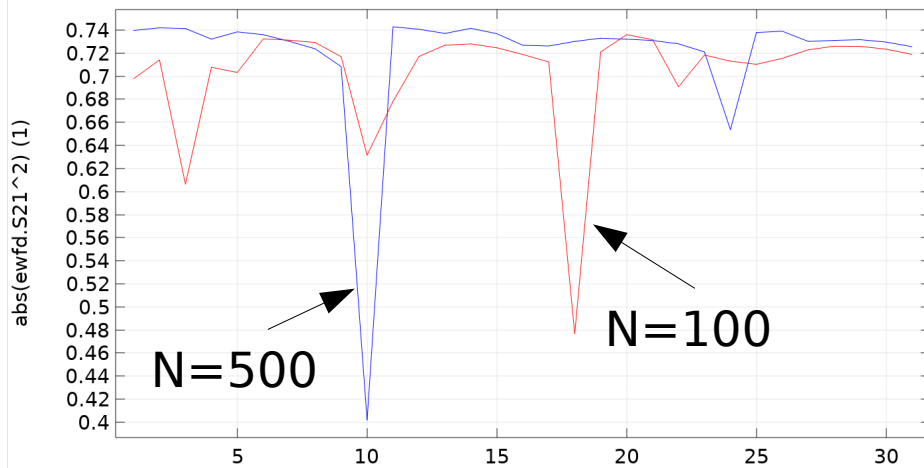
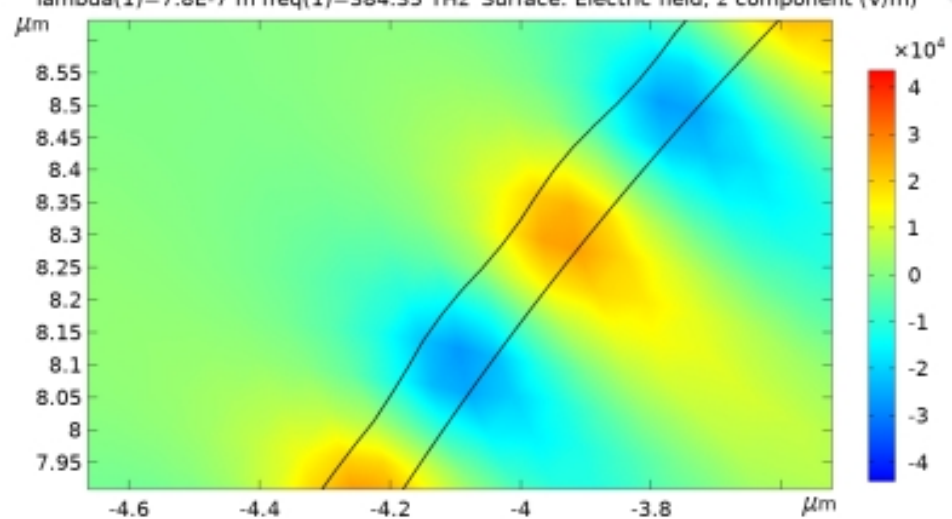
Nelīdzena virsmā



lambda(1)=7.8E-7 m freq(1)=384.35 THz Surface: Electric field, z component (V/m)



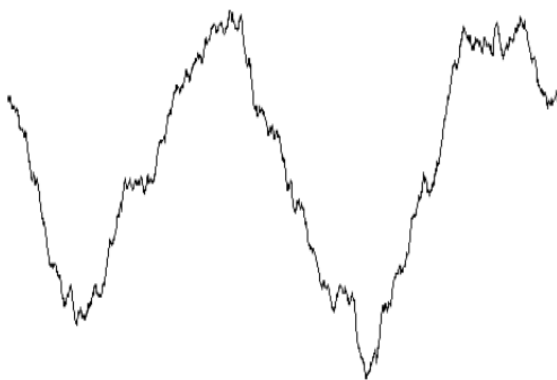
lambda(1)=7.8E-7 m freq(1)=384.35 THz Surface: Electric field, z component (V/m)



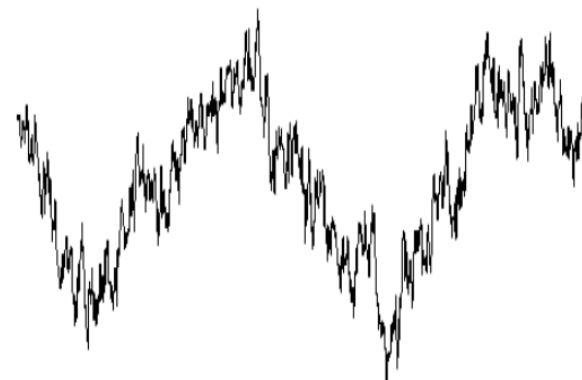
Gadījuma rakstura nelīdzenas virsmas modelēšana



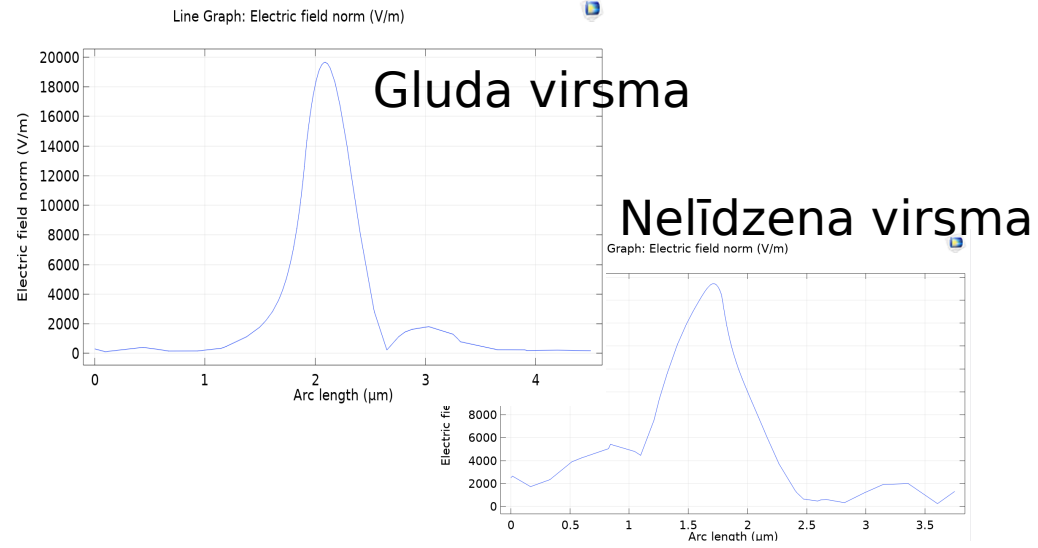
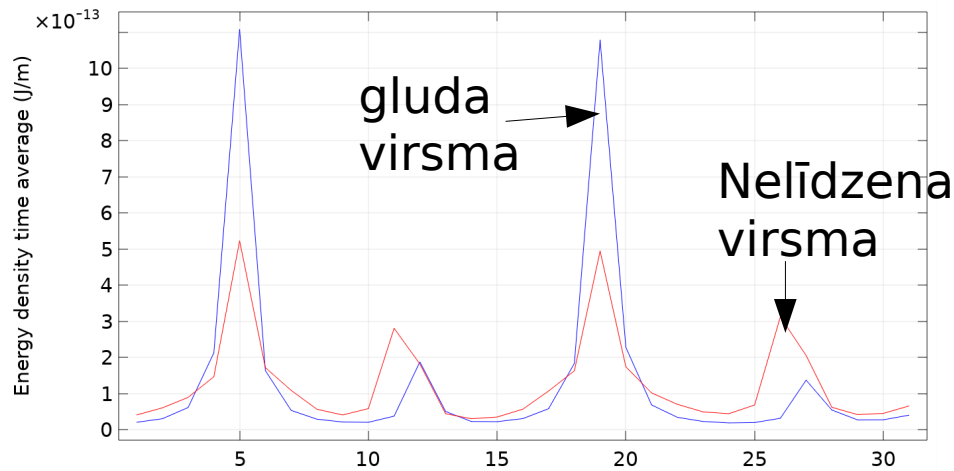
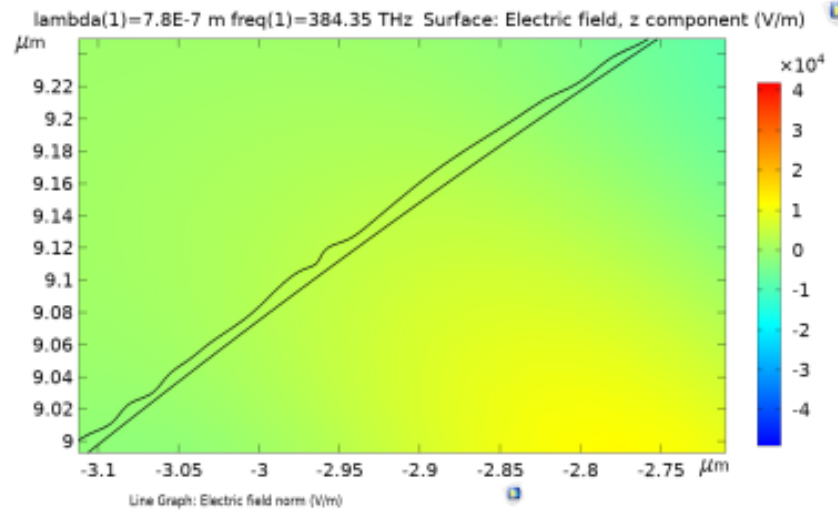
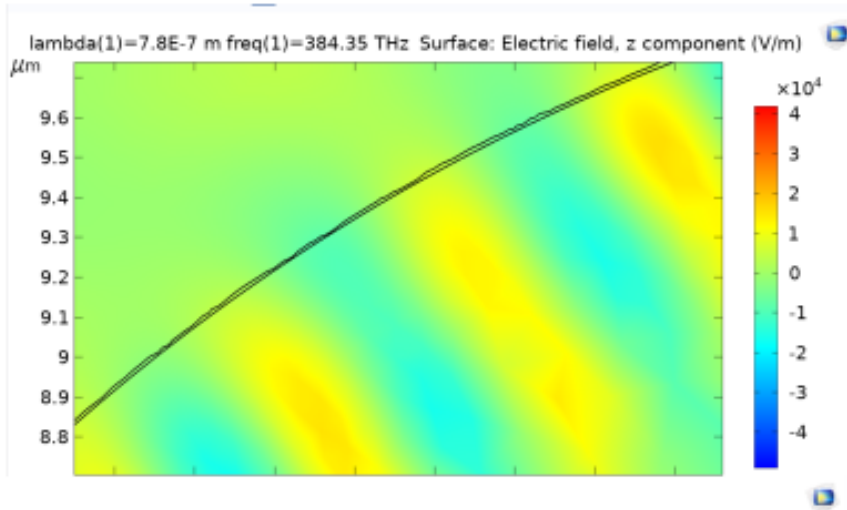
funkcija

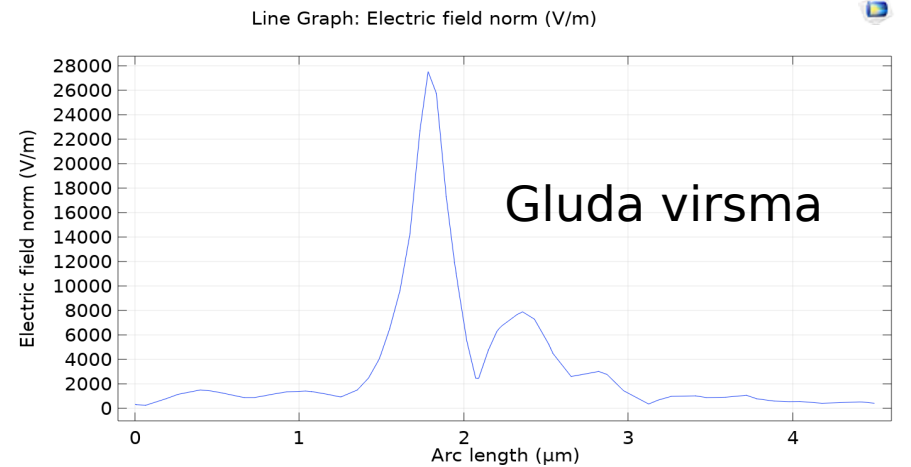
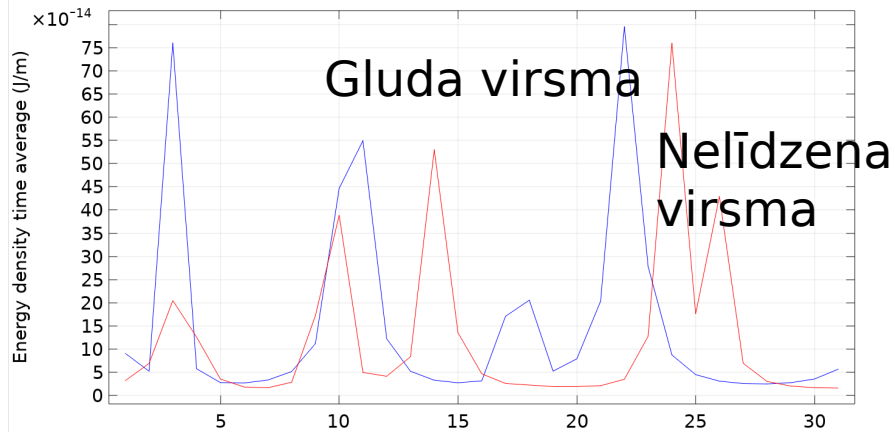
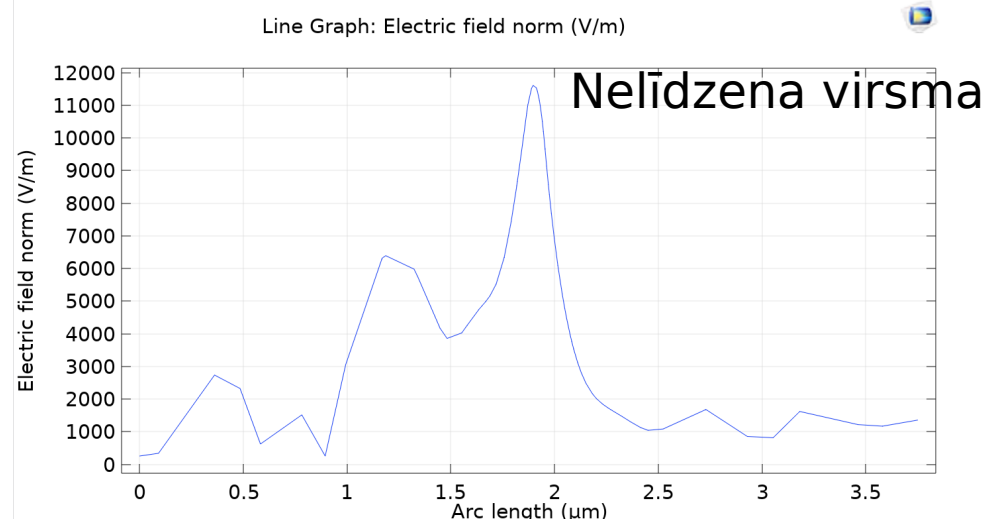
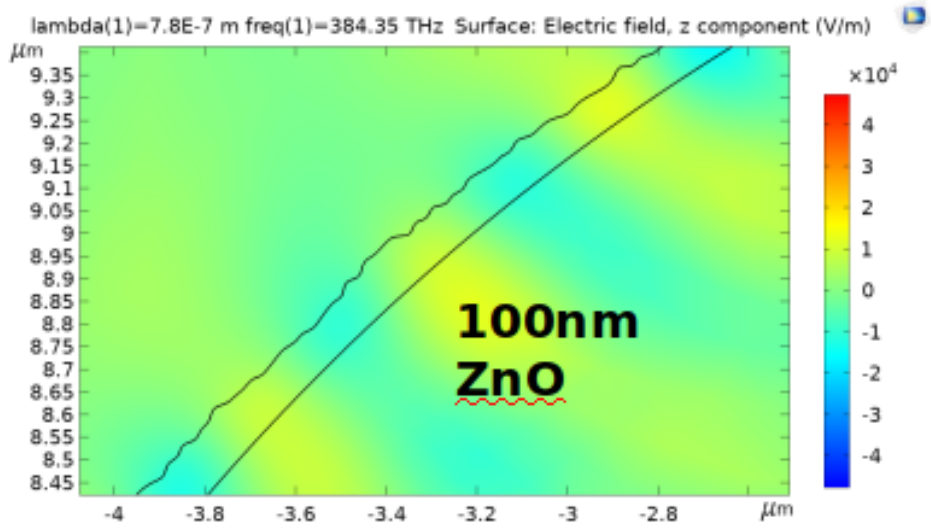


Funkcija * gadījuma funkcija1



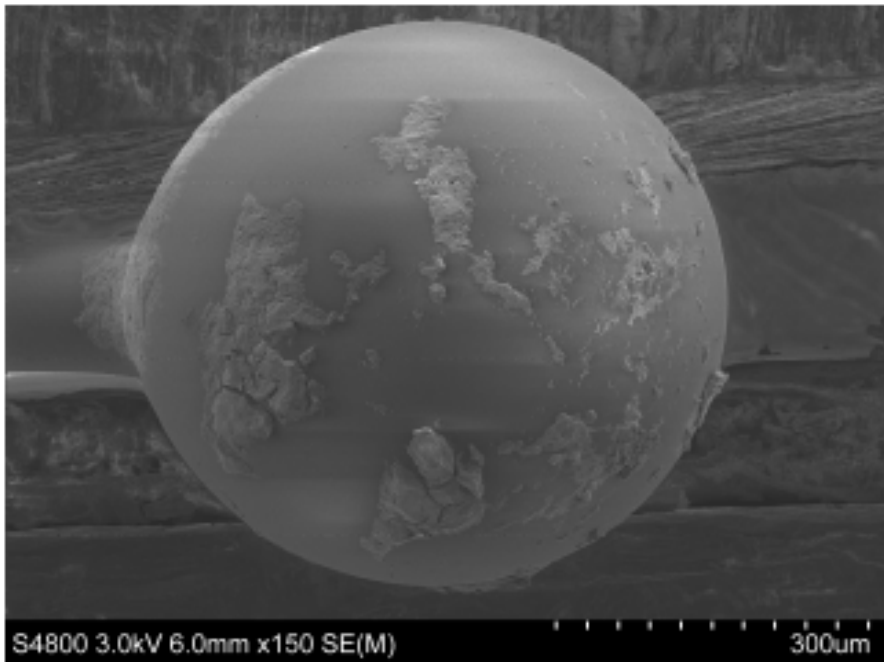
Funkcija * gadījuma funkcija1
* gadījuma funkcija2



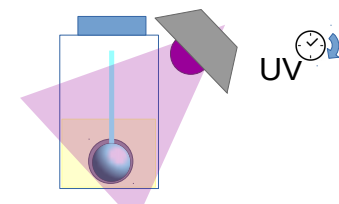
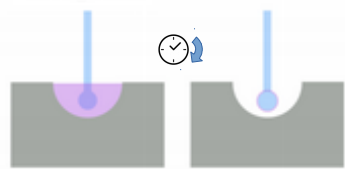
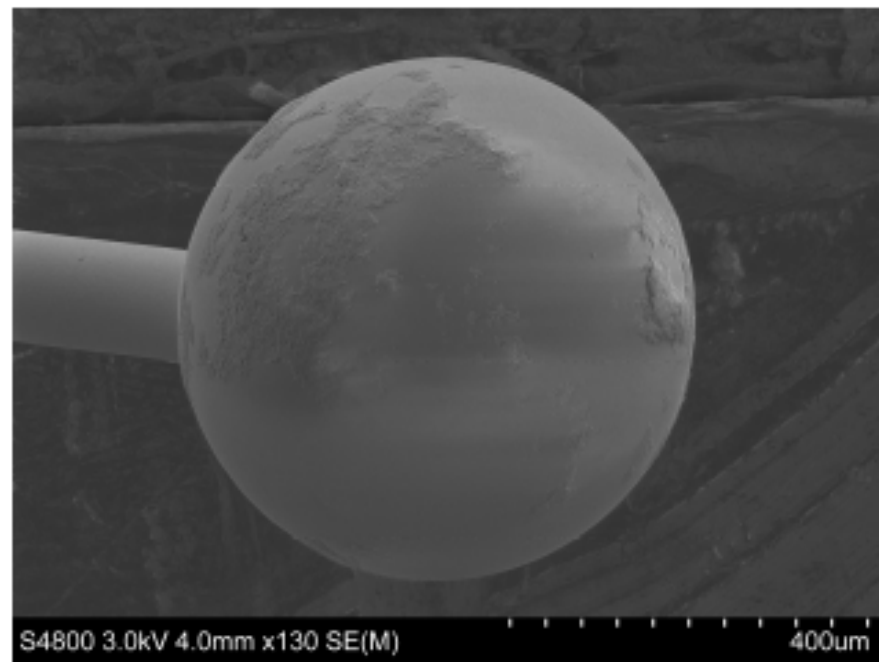


Rezonatori pārklāti ar ZnO - piliena metode

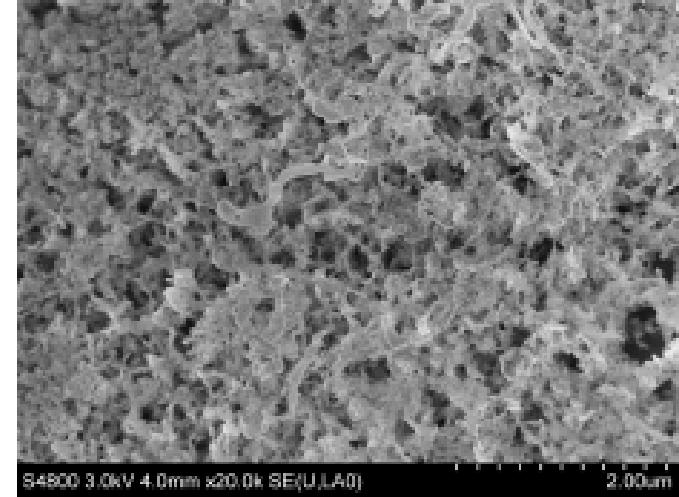
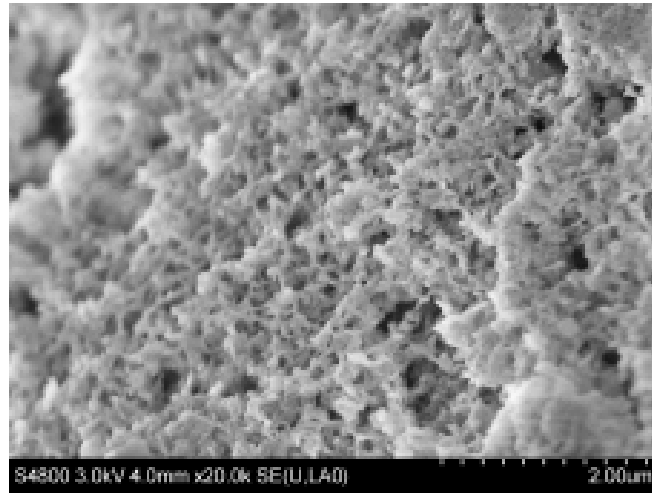
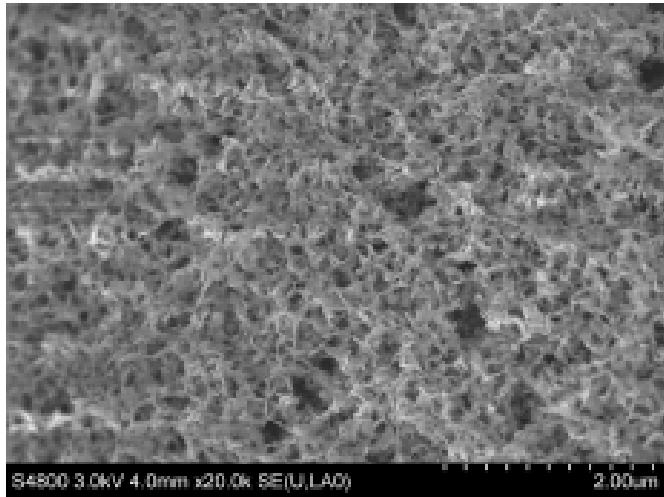
Pēc ZnO uzklāšanas



Pēc Au uzklāšanas



Jaunas SEM bilds ZnO un ZnO/Au pārklājumiem



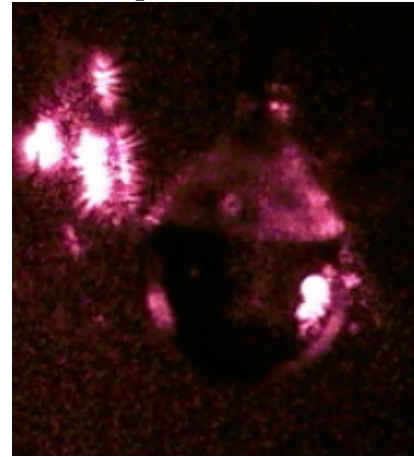
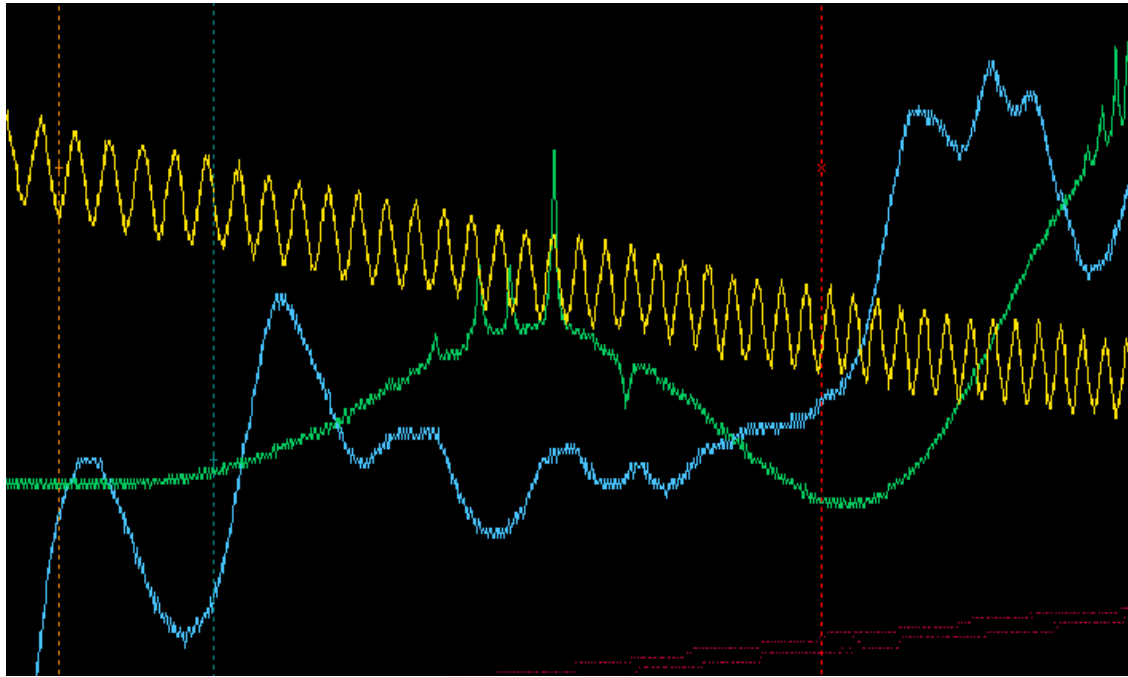
ZnO

ZnO-Au

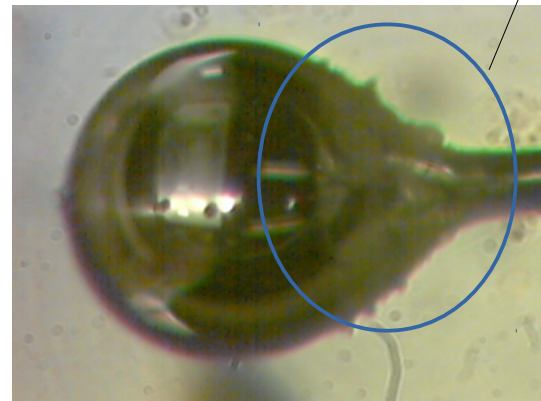
ZnO-Au

Pēc pārklāšanas ar zeltu redzamas izmaiņas ZnO slānī

Mainot sastāvu ZnO šķīdumam, lai iegūtu vienmērīgāku virsmas pārklāšanu

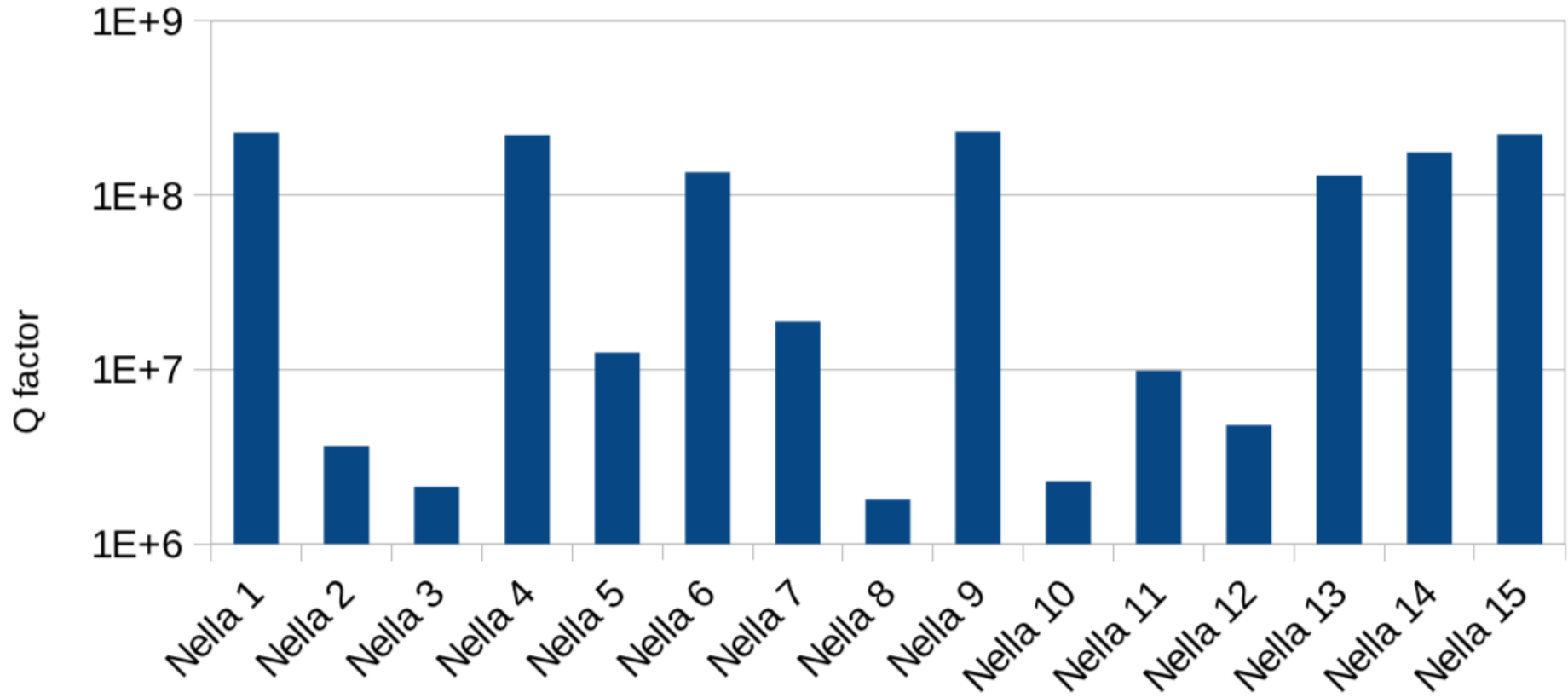


ZnO daļiņu nosēdumi, jāsamazina koncentrācija

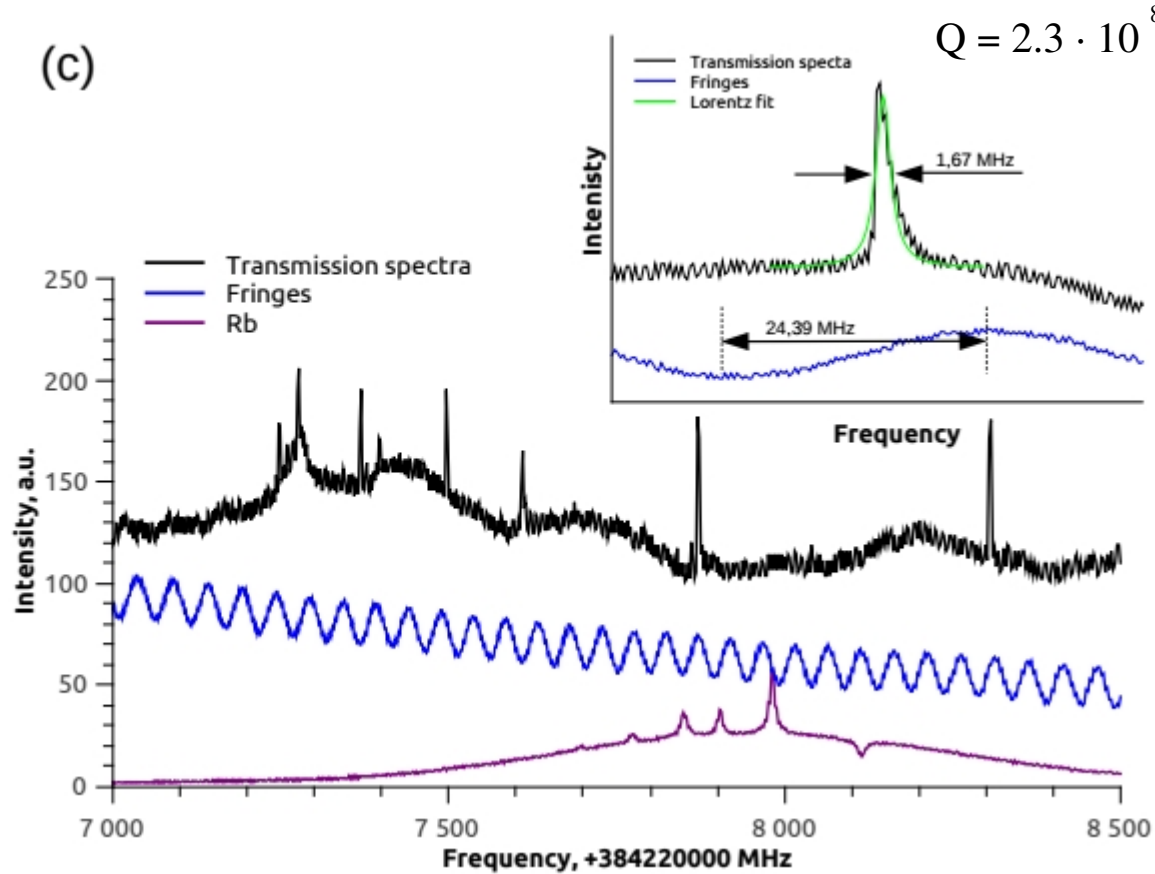
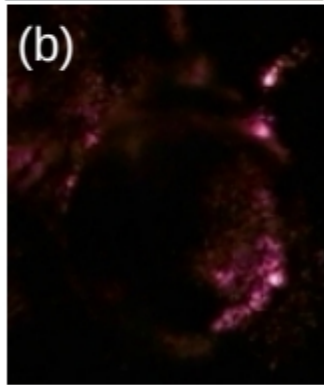
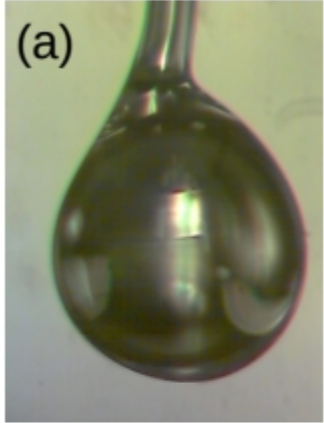


ČGMR pārklāšana ar ZnO

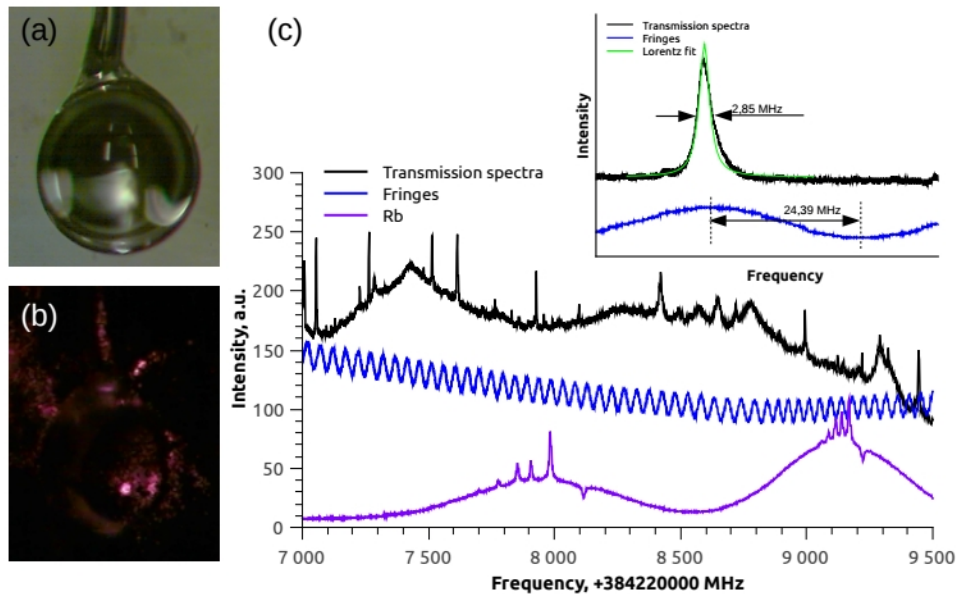
Q - faktori



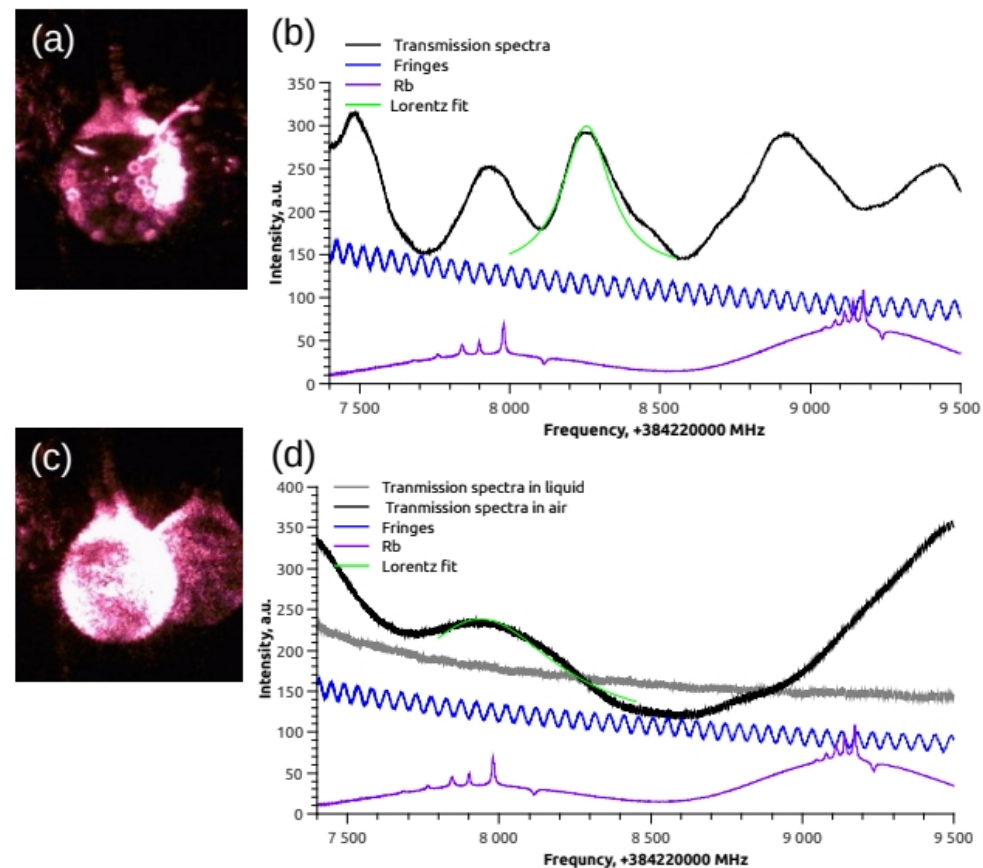
Prototips resonators Nella 9



Prototips Nella6 pārklāta ar Au Nps un GOx



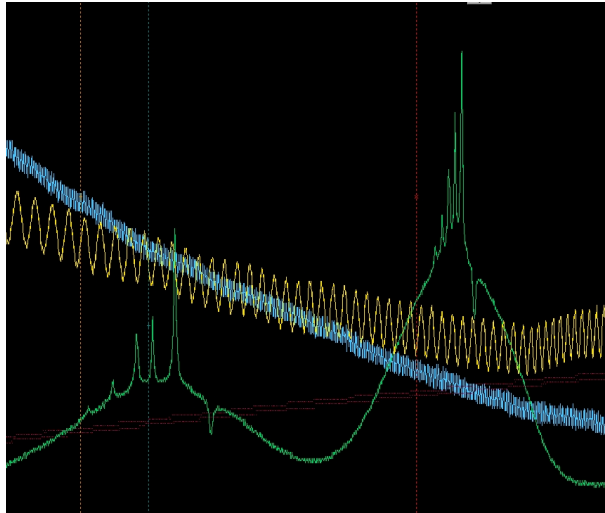
Pirms virsmas funkcionalizācijas



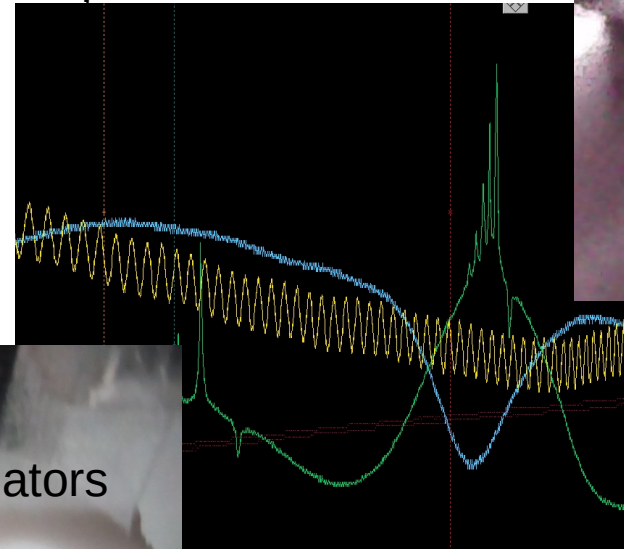
Pēc virsmas funkcionalizācijas

Pārklāšana ar ZnO – BLV - BMA

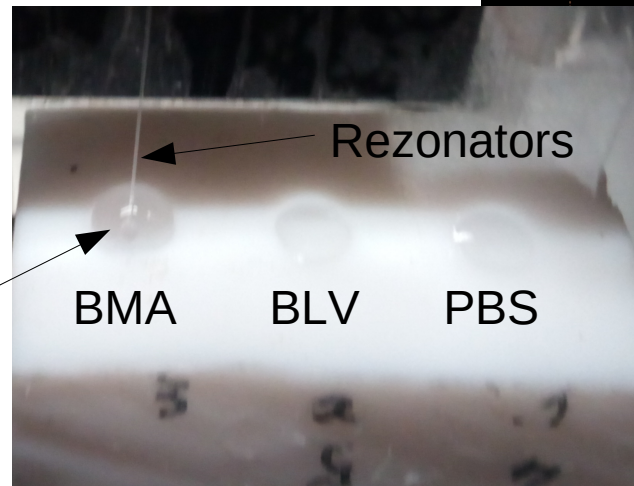
Gaisā nav rezonanšu

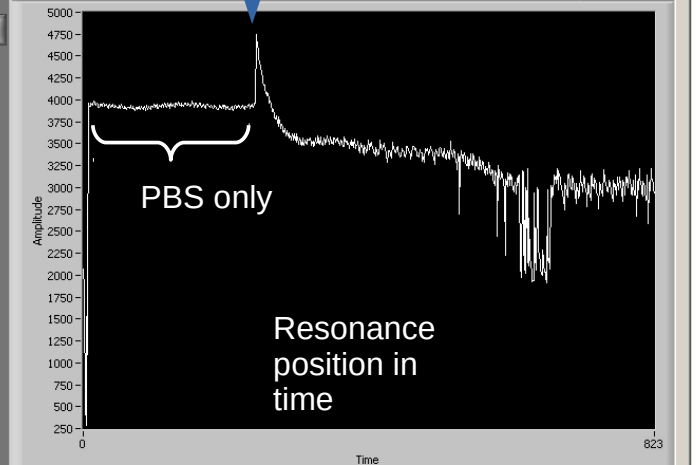
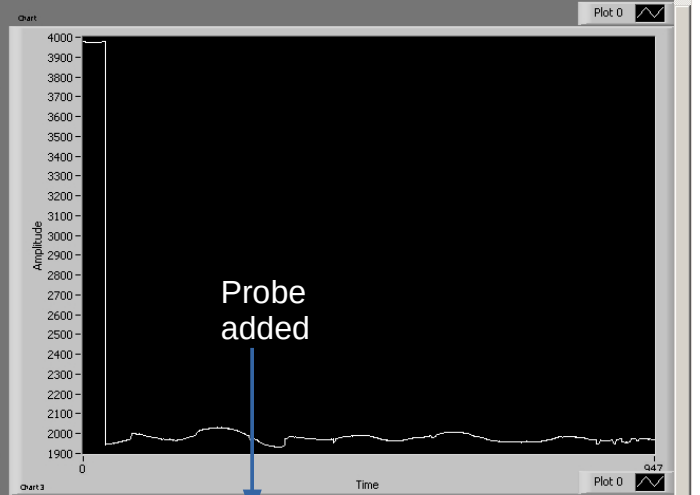
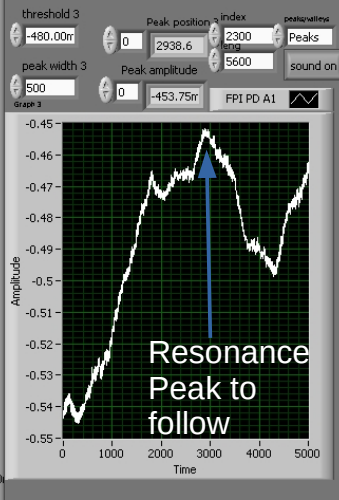
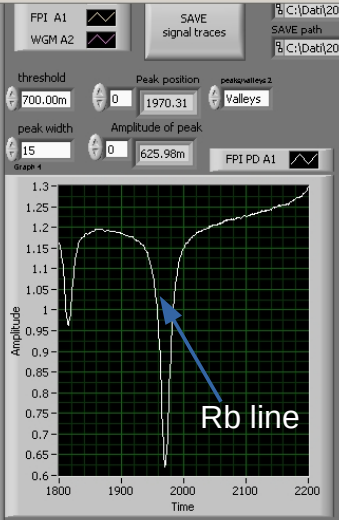
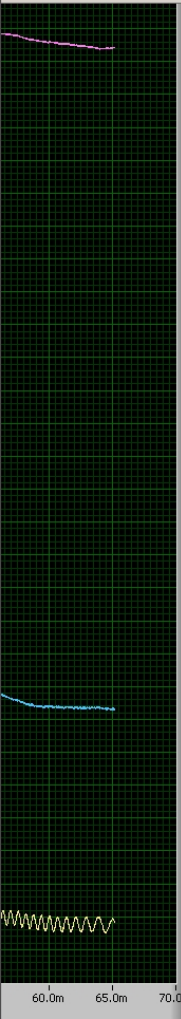
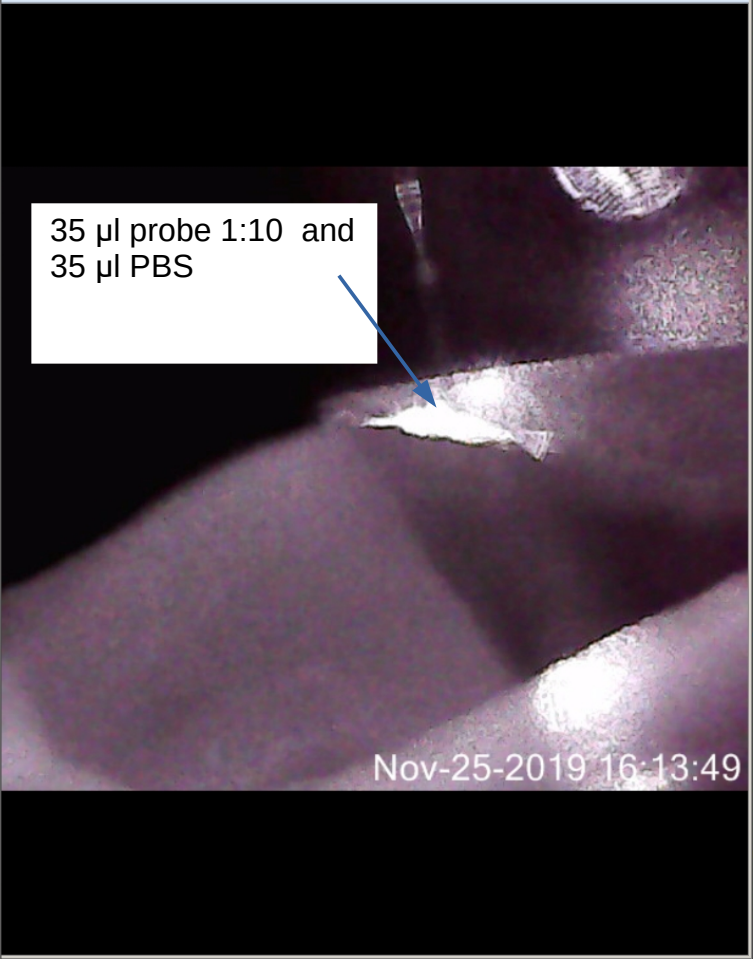


Šķīdumā ir rezonanse

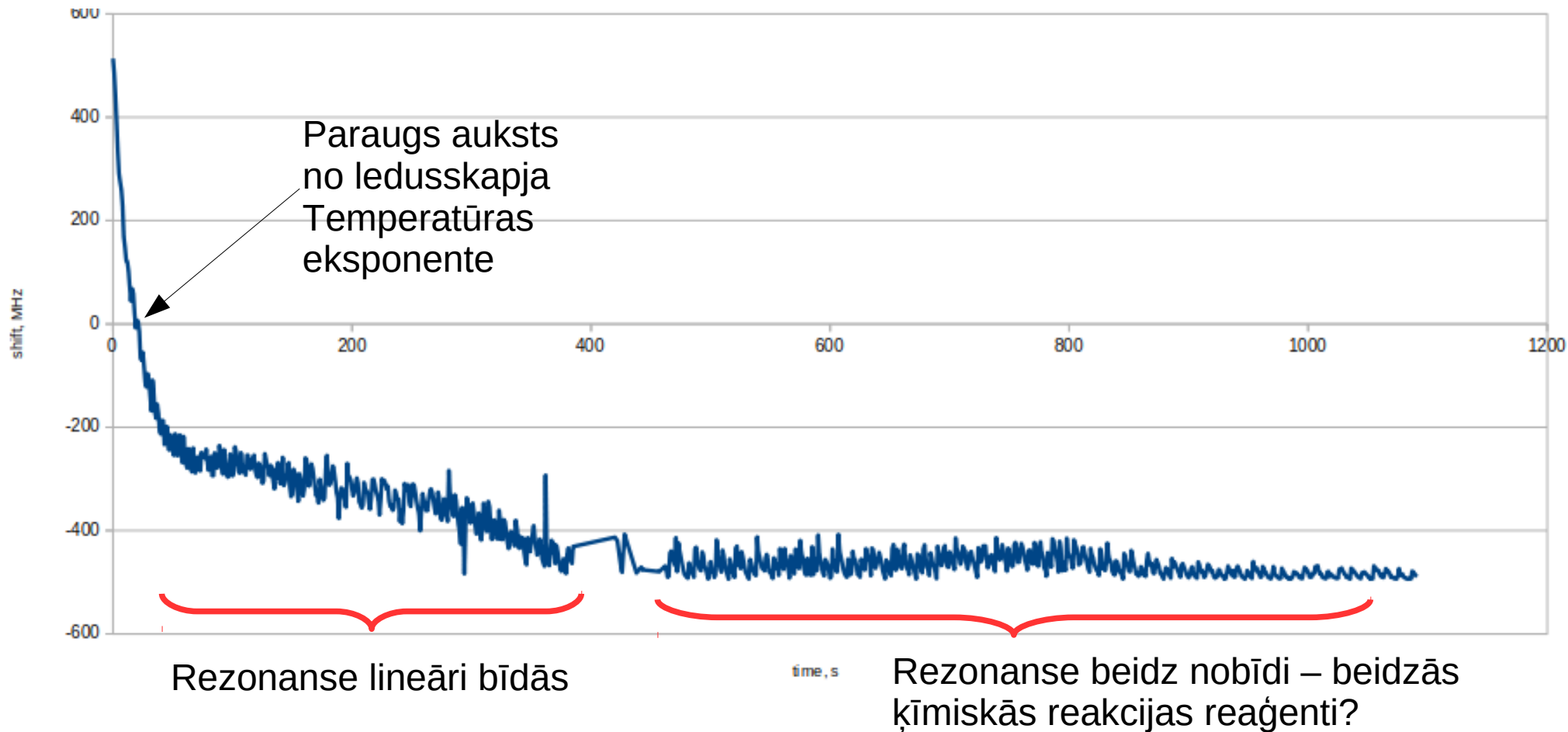


10 μ l piliens

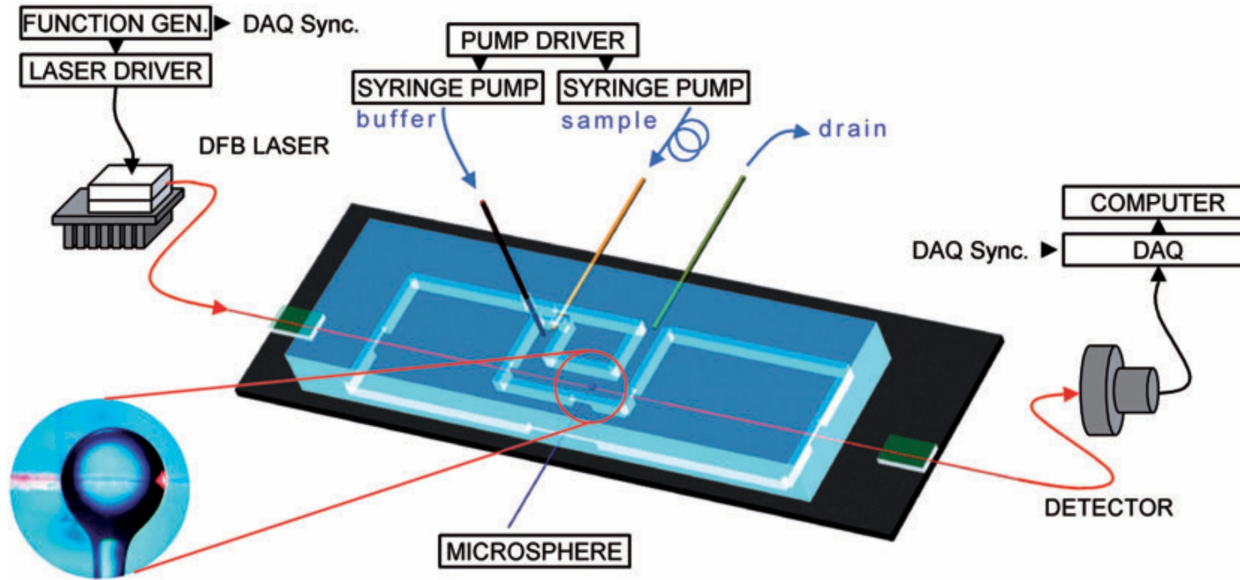




Parauga 1:10 rezultāti



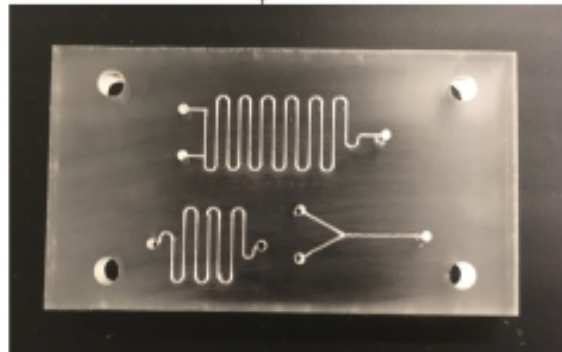
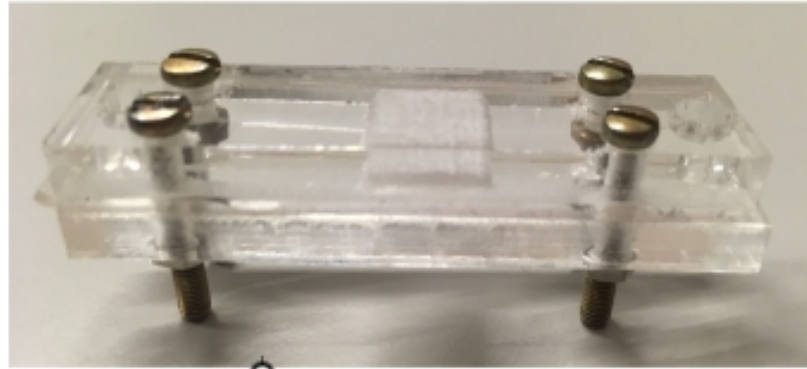
Microfluidics



Noslēgta sistēma aizsardzībā
pret iztvaikojušajiem
toksīniem

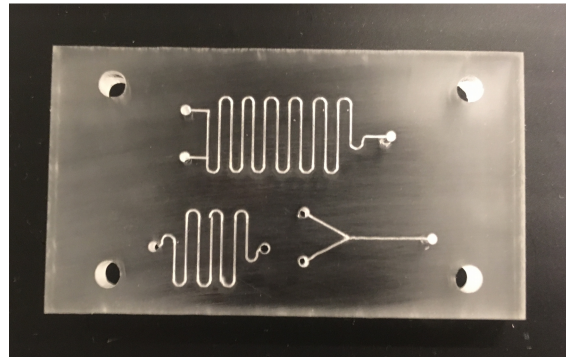
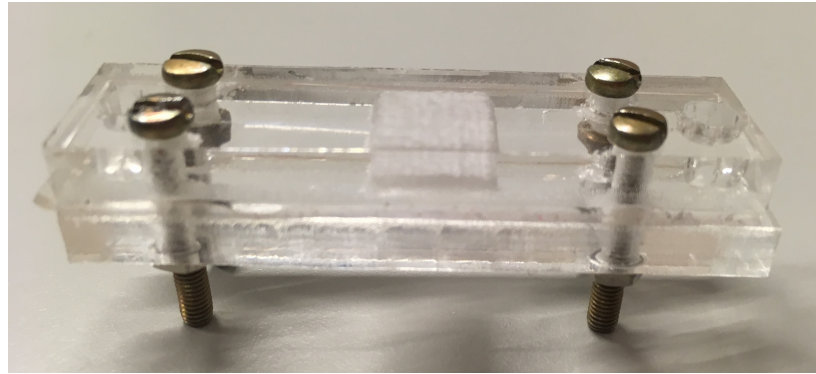
Tiek izstrādāta sistēma

CNC lāzera grieztas microfluidics plates



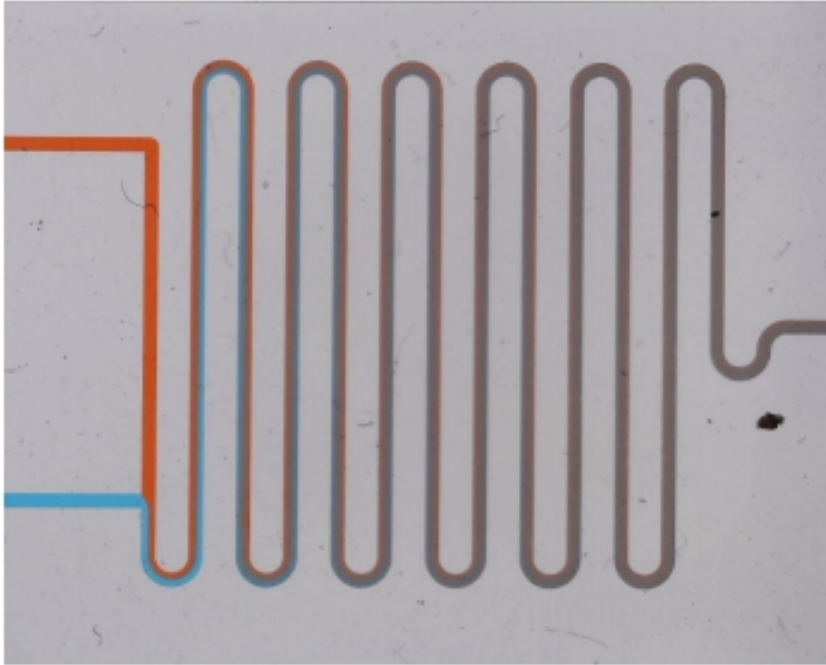
Nav augsta precizitāte
nepieciešamajos izmēros

CNC lāzera grieztas microfluidics plates



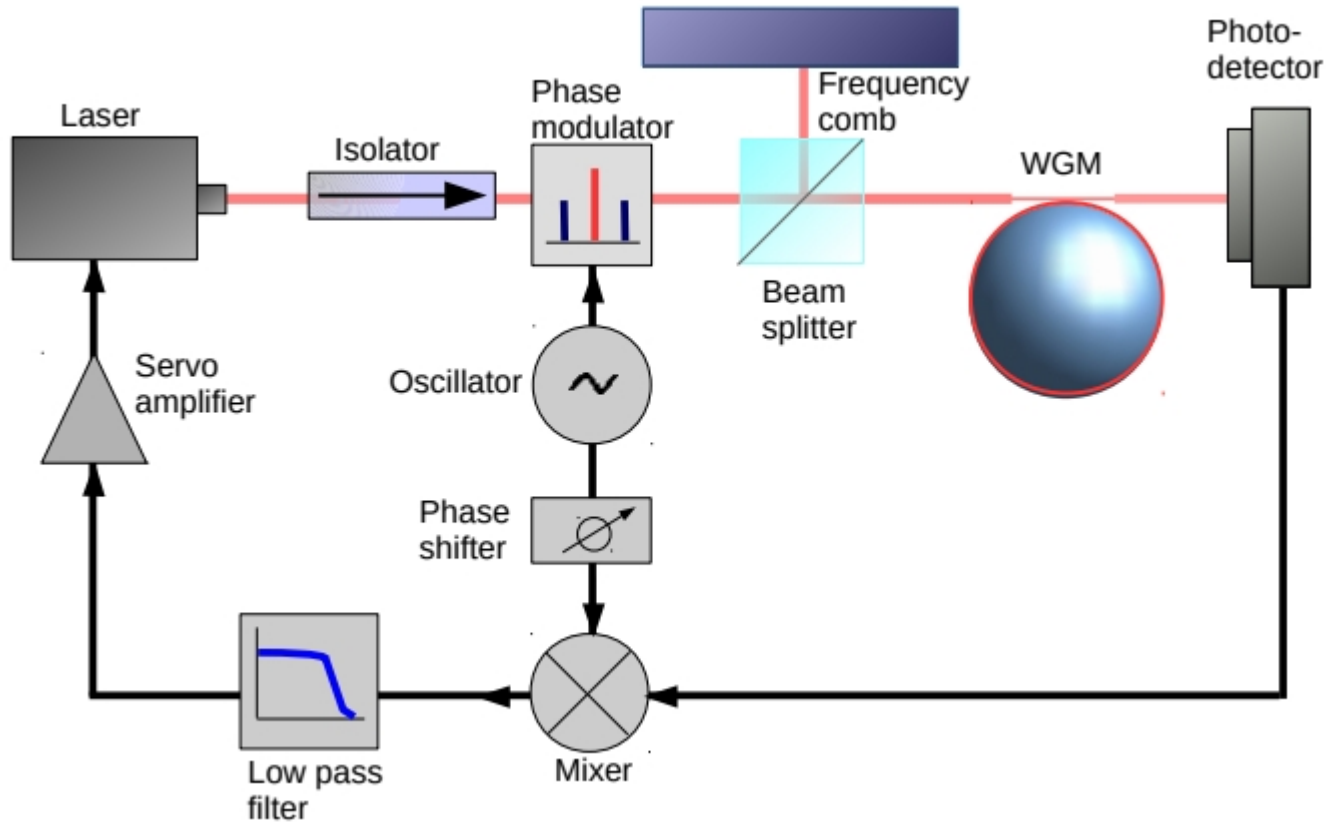
Nav augsta precizitāte
nepieciešamajos izmēros

Fotolitogrāfijas microfluidics plates

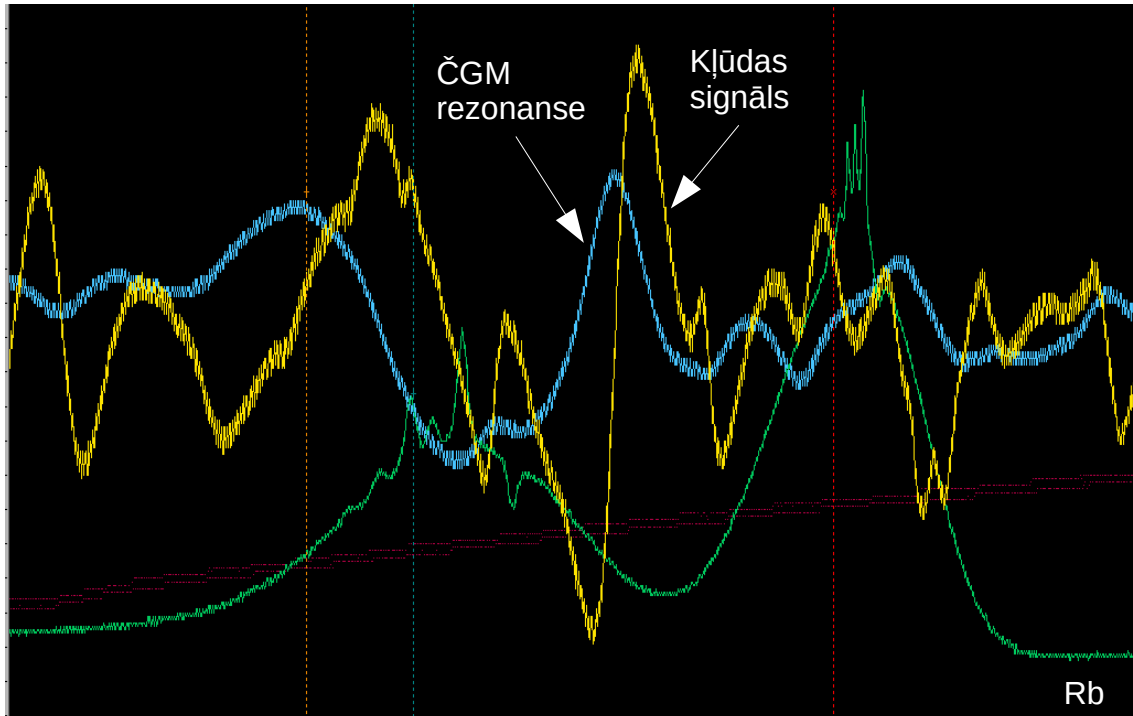


PDMS

Stabilizēšanas shēma balstoties uz PDH metodi



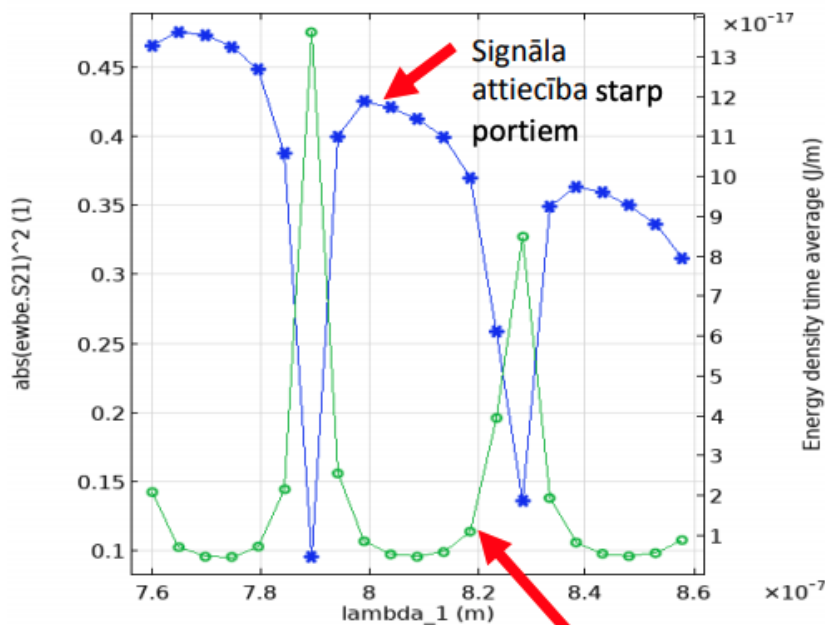
Kļūdas signāla iegūšana stabilizēšanai



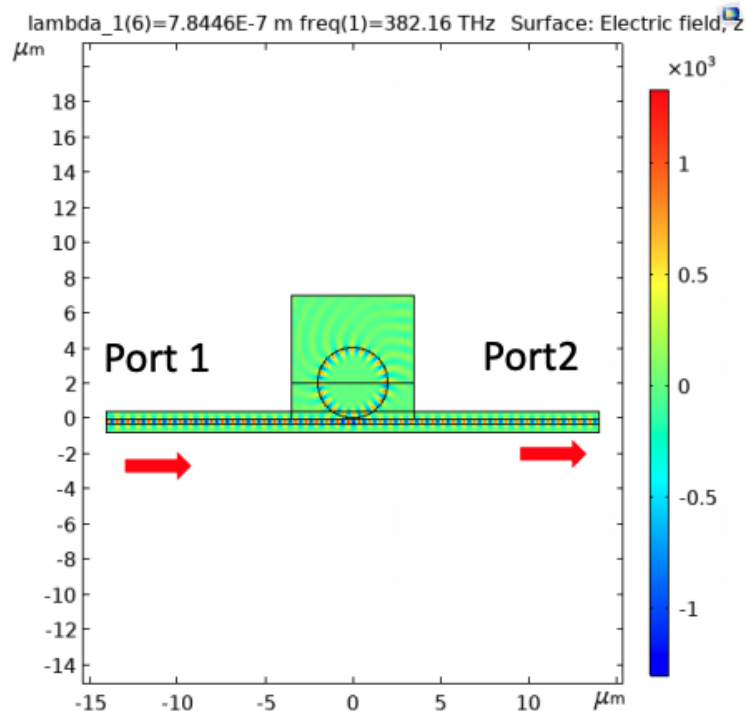
Kļūdas signāls ir
atvasinājums ČGM
rezonanšu signālam

Rezonatoru modelēšana, izmantojot Port-in un Port-out kanālus rezonanšu reģistrēšanai

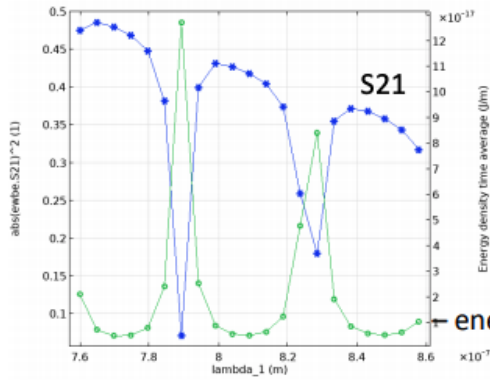
Lambda = 760 [nm], n_core=1.5, hfiber=0.3 um



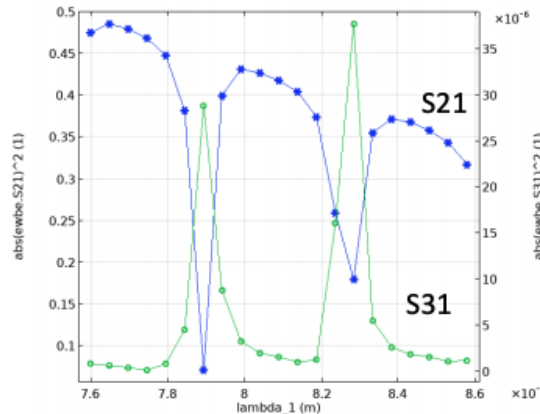
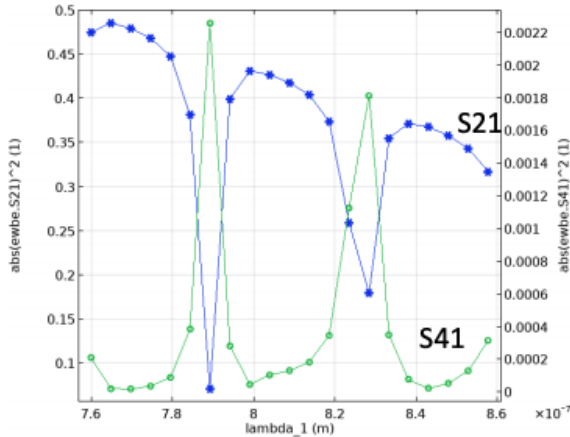
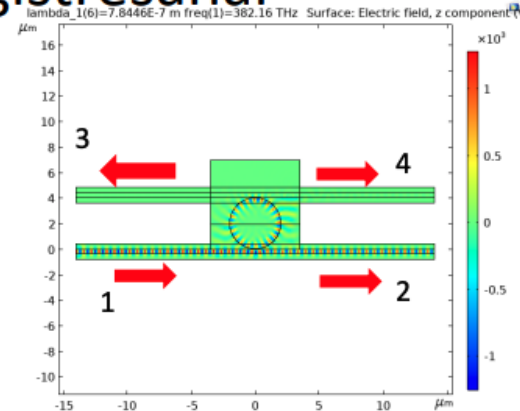
laikā vidējotais
enerģijas blīvums
rezonatorā



Modelēšanas situācija – rezonatoram ir pievienota papildus šķiedra rezonanšu reģistrēšanai



enerģijas blīvums laikā vidējots, rezonatorā



$$S21 = \text{Abs}(ewbe.S21)^2$$

Port periodic, Ez

S21 raksturo jaudu, kas pārraidīta no Port 1 uz Port 2.

Porti 2, 3 un 4 uzrāda rezonanses, taču signāli kļūst vājāki secībā 2 → 4 → 3