

ČGM rezonatoru izgatavošana un pielietošana optisko frekvenču ķemmes ģenerēšanai

Bakalaura darbs



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ATOMFIZIKAS UN
SPEKTROSKOPIJAS
INSTITŪTS

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

Arvīds Sedulis

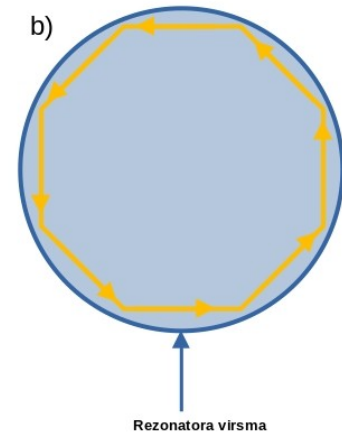
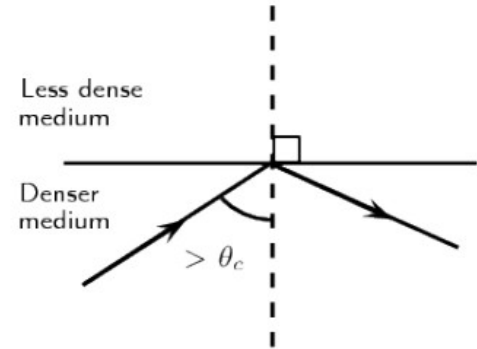
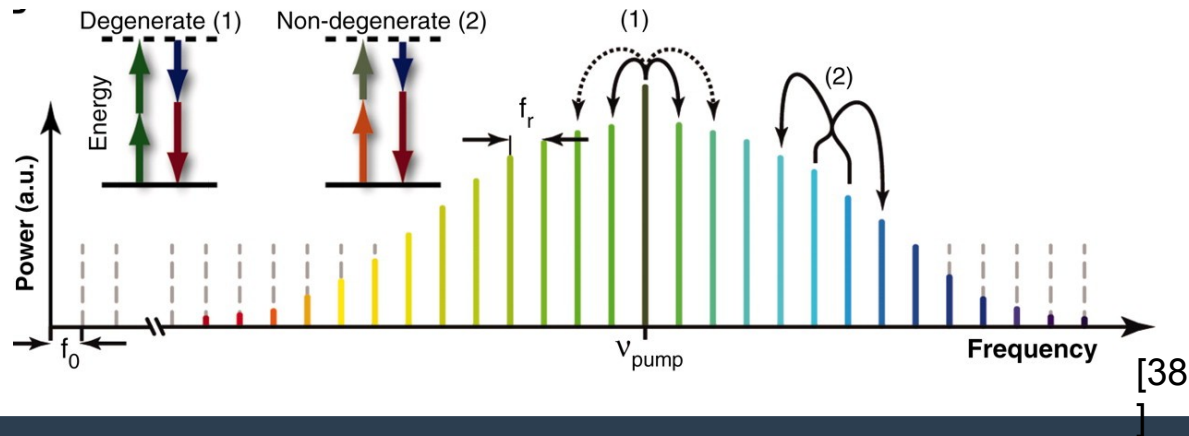
27.05.2021

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/18/A/155

Motivācija

- ČGM mikrorezonatori ir inovatīvs pētījumu virziens
- Ieviešana vienkāršotu telekomunikāciju arhitektūru
- Samazinātos uzstādīšanas izmaksas
- Iespējams lielāks datu pārraides ātrums

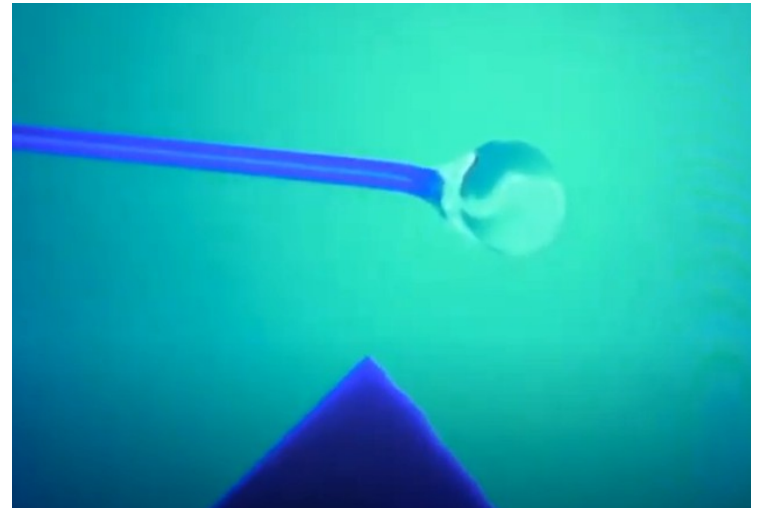


Darba uzdevumi

- Izpētīt zinātnisko literatūru par ČGM rezonatoriem un to veidiem.
- Analizēt izgatavošanas metodes – mikrosfēru kausēšanu ar liesmu, CO₂ lāzeri, lokizlādi, un toroīdu izgriešanu ar CO₂ lāzeri.
- Salīdzināt mikrorezonatoru Q faktorus, ģeometriju, izgatavošanas laiku.
- Apskatīt frekvenču ķemmes ģenerāciju telekomunikācijās.
- Veikt secinājumus par iegūtajiem rezultātiem.

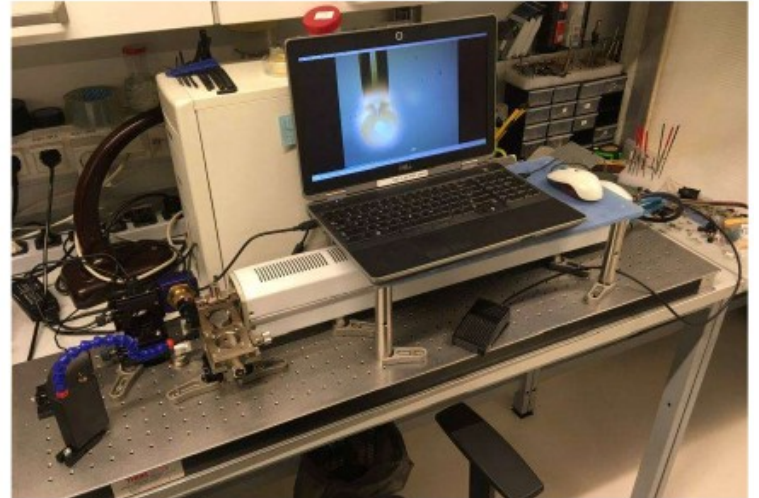
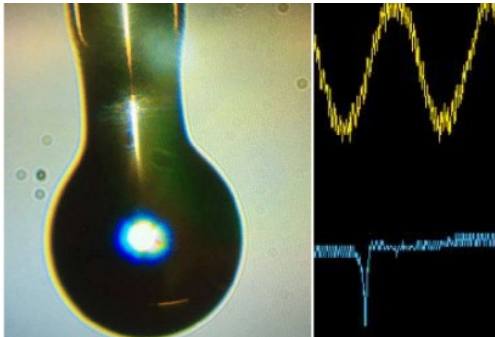
Kausēšana ar liesmu

- Viegli realizējama metode
- Laboratorijā izmantotās komponentes ir salīdzinoši lētas
- Iegūstams relatīvi labs rezonatoru optiskais labums
- Tipiskie rezonatoru izmēri ir 300-700 μm
- Katrreiz atšķirsies ģeometrija, citi parametri



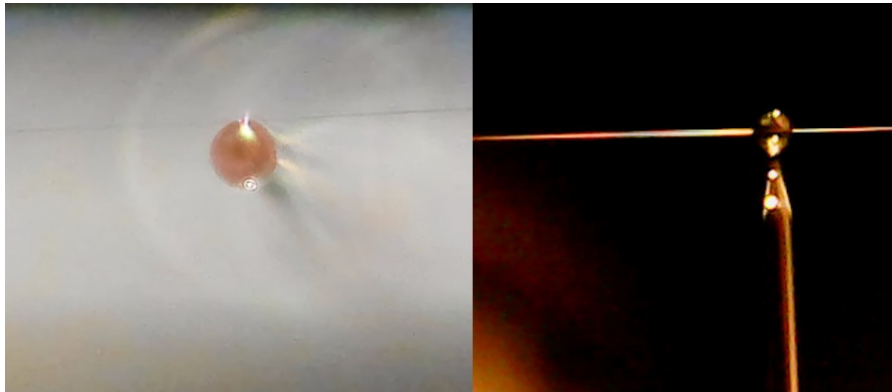
Kausēšana ar CO₂ lāzeri

- Viegli masveidā ātri ražot mikrorezonatorus
- Iegūtais optiskais labums ir virs vidējās vērtības
- Grūti iegūt konkrētus izmērus, labu formu
- Tipiskie izmēri ap 200 μm
- Eksperimentā izmantotā iekārta ir salīdzinoši dārga



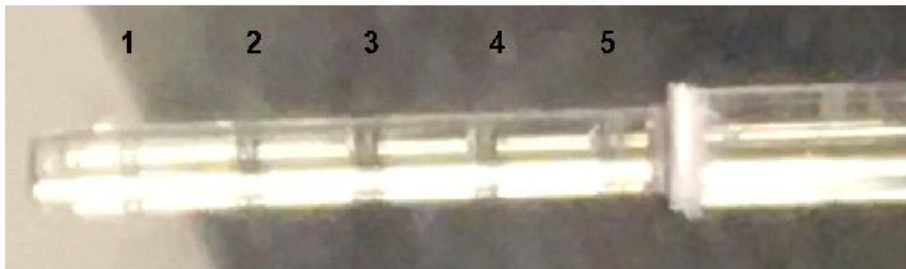
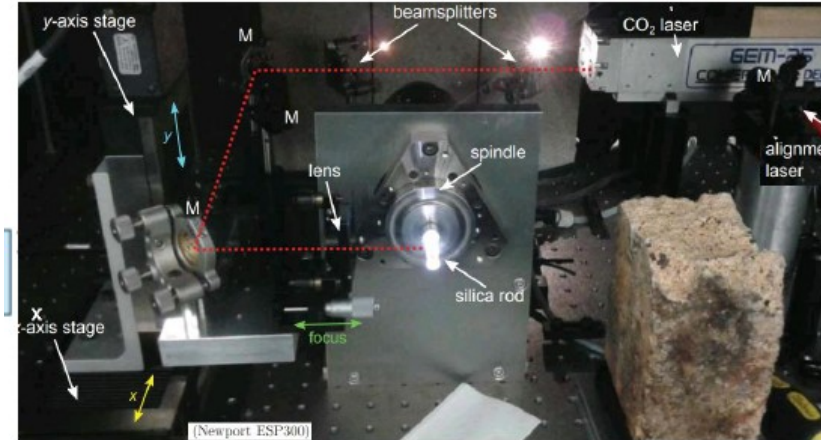
Kausēšana ar lokizlādi

- Iespējams viegli iegūt sfērisku mikrorezonatoru ar konkrētu izmēru
- Katru kausēšanas soli var monitorēt un paraugu piekoriģēt
- Nav masveida ražošanas metode
- Labs šķiedras metinātājs palielina implementācijas izmaksas
- Izmēri 150-200 μm



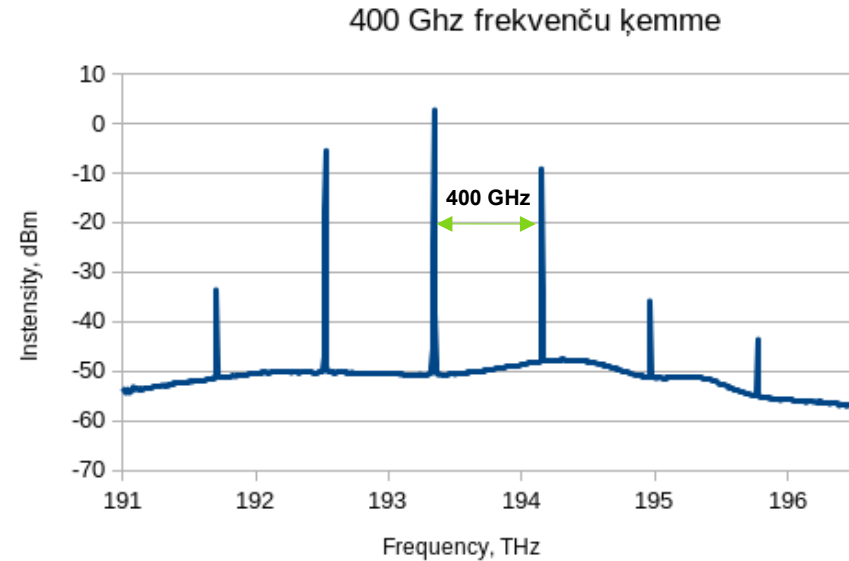
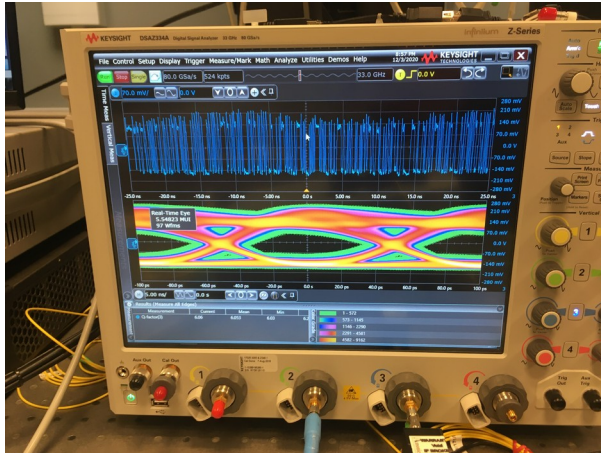
Izgriešana ar CO₂ lāzeri

- Katrreiz iespējams iegūt precīzu izmēru un to veikt atkārtoti
- Metode pieļauj masveida ražošanu
- Vairāki paraugi uz viena stienīša
- Dārga iekārta, lai arī tas būtu potenciāli automatizējams process



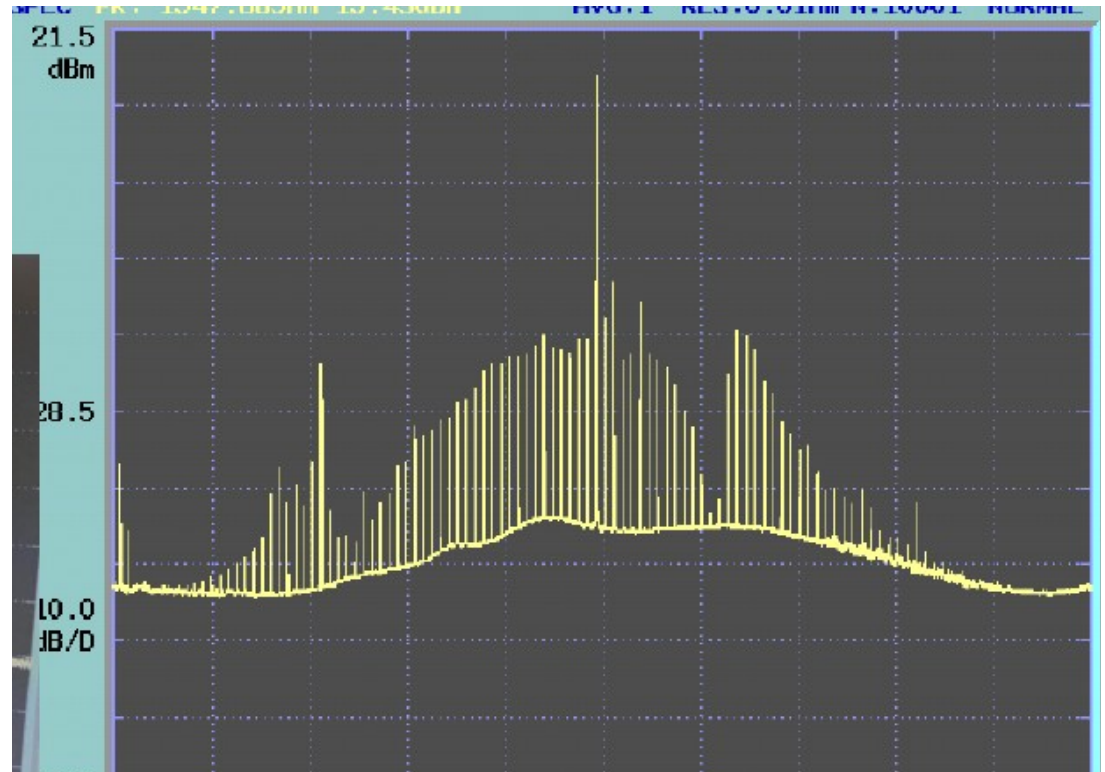
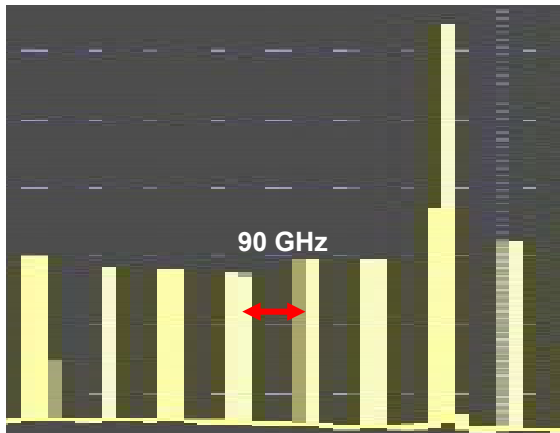
Pielietojums telekomunikācijās

- Ar lokizlādi izveidotajiem mikrosfēras rezonatoriem novēroja stabilas frekvenču ķemmes ar 400 GHz FSR
- Bija iespējams pārraidīt 10 Gbps datu apjomu



Pielietojums telekomunikācijās

- Ar izgriešanas metodi izveidotajiem toroīdu mikrezonatoriem novēroja intensīvas frekvenču ķemmes ar 90 un 100 GHz FSR
- Atbilstošais datu pārraides ātrums bija 0.5 Tbps



Secinājumi

- Vislabākie rezonatori iegūti ar lokizlādes un izgriešanas metodēm, kuriem novērotas stabilas, intensīvas frekvenču ķemmes ar telekomunikācijām atbilstošu FSR starp kanāliem
- Vislabākie sfēriskie rezonatori ar lokizlādi, savukārt ar izgriešanu iespējams brīvi mainīt parametrus un atkārtoti reproducēt rezultātus

Publikācijas, dalība konferencēs

Publikācija:

"*Frequency comb generation in whispering gallery mode silica microsphere resonators*" Inga Brice, Karlis Grundsteins, **Arvids Sedulis**, Toms Salgals, Sandis Spolitis, Vjaceslavs Bobrovs, Janis Alnis, Proceedings of SPIE: Laser Resonators, Microresonators, and Beam Control XXIII. Vol. 11672, p. 1167213 (2021)

Konferences:

- 1) "SPIE Photonics West 2021" Sanfrancisko, ASV – tiešsaistes pasākums (6.-11. marts, 2021), posteris "*Frequency comb generation in whispering gallery mode silica microsphere resonators*" Inga Brice, Karlis Grundsteins, **Arvids Sedulis**, Toms Salgals, Sandis Spolitis, Vjaceslavs Bobrovs, Janis Alnis
- 2) LU 79. Starptautiskā zinātniskā konference, īsā prezentācija "*Influence of WGM resonator polishing techniques in frequency comb generation*" **Arvids Sedulis** (12. februāris, 2021)
- 3) International Conference Quantum Optics and Photonics 2021, (22. – 23. aprīlis, 2021), "*From ultra-stable laser resonators for atomic spectroscopy and fiberbased femtosecond optical frequency combs to whispering-gallery mode microresonator sensors and microsphere optical frequency combs for telecommunication data transfer*" Jānis Alnis, Aigars Atvars, Roberts Berķis, Dina Bērziņa, Uldis Bērziņš, Inga Brice, Artūrs Ciniņš, Kristians Draguns, Kārlis Grundšteins, Viesturs Ignatāns, Pauls Kristaps Reinis, Lāse Mīlgrāve, **Arvids Sedulis**, Alma Ūbele

Pateicības

Paldies Jānim Alnim, Ingai Bricei, Tomam Salgalam

Izsaku pateicību LU ASI Kvantu optikas laboratorijai un ERAF projektam Nr. 1.1.1.1/18/A/155 par finansiālo atbalstu

Pateicība ģimenei un draugiem par morālo un finansiālo atbalstu.

Secinājumi

Paldies par Jūsu uzmanību!

Recenzenta jautājumi un to atbildes pēc pēdējā
slaida