

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

## **Piektā ceturkšņa atskaite**

31.05.2018.

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

# • Saturs

1. Projekta vadīšana un publicitāte
2. Eksperimenti, modelēšana, biosensori un vizīte

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



**EIROPAS SAVIENĪBA**

Eiropas Reģionālās  
attīstības fonds

---

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

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

## **Piektā ceturkšņa atskaite**

### **1. Projekta vadīšana un publicitāte**

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

## • 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
- **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. - 30.08.2019.

# Darbinieki

- Vadošie pētnieki
  - J. Alnis
  - A. Atvars
  - R. Viter
- Zinātniskie asistenti
  - I. Brice
- Dabaszinātņu laboranti
  - K. Grundšteins
  - A. Pirktiņa
  - **A. A. Ūbele H. Baumanis**



Projekta dalībnieku kopbilde 2017. gada aprīlis.

## 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 - pieprasīti 50 218.34 EUR/  
apstiprināti 50 168.34 EUR  
neatbilstoši veiktie 50.00 EUR
  - Izdevumi MP4 - 19 164.77 EUR
  - Izdevumu MP5 - 38 392.16 EUR

### Izdevumi MP6 84 367.70 EUR:

- Darbinieku algas: 39 397.10 EUR
- Iepirkumi: 9 100.41 EUR
- Ieguldījums natūrā: 4 100.72 EUR
- Vizīte uz ASV: 14 895.88 EUR
- Netiešās izmaksas 16 873.59 EUR

## Projekta budžets

- Projekta kopējās izmaksas: 648 252,61 EUR, to skaitā ERAF finansējums (85%) - 551 014,72 EUR.
  - AM1 (06.03.2017) - 81 215.00 EUR
    - Līdz 31.08.2017 deklarētās izmaksas 80 076.30 EUR
  - AM2 (06.06.2017) - 71 266.25 EUR
    - Līdz 13.12.2017 deklarētas izmaksas 68 244.41 EUR
  - AM3 (15.11.2017) - 32 270.74 EUR
    - **MP6 jādeklarē vismaz 3 049.58 EUR, kas arī tiks izdarīts**
  - Līdzfinansējums no Y5-227840-015 (22.01.2018.) - 3 606.00 EUR

# Iepirkumi

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



# Projekta mājas lapā [www.lu.lv/cgm/](http://www.lu.lv/cgm/) raksts par vizītes braucienu

"ERAF projekts Nr. 1. 1. 1. 1./16/A/259"



WWW.LU.LV/CGM

## ZIŅAS

Sākums > Ziņas

### Pieredzes apmaiņas vizīte uz Losandželosu ASV

16.05.2018.

Sašaurināt tekstu  
Sadalīt tekstu kolonnās

No 2018. gada 3. aprīļa līdz 22. aprīlim ERAF projekta Nr. 1.1.1.1/16/A/259 "Jaunu čukstošās galerijas modu mikrorezonatoru izstrāde optisko frekvenču standartu un biosensoru pielietojumiem, un to raksturošana ar femtosekunžu optisko frekvenču ķemmi" ietvaros LU ASI Kvantu optikas laboratorijas darbinieki devās uz Losandželosu ASV.

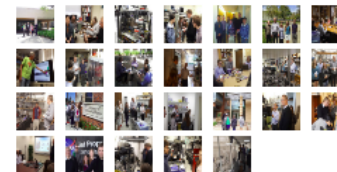
Galamērķis – Losandželosa – tika izvēlēts, jo Kalifornijas tehnoloģiju institūtā (Caltech) vairākas zinātnieku grupas ir iepriekš nodarbojušās ar ČGM mikrorezonatoru pētīšanu, un Prof. Kerijs Vahala vēl joprojām ir viens no nozīmīgākajiem līderiem šajā jomā. Losandželosā atrodas arī Dienvidkalifornijas Universitāte (USC), kur darbojas Andrea Armani, Kalifornijas Universitāte (UCLA) un NASA Reaktīvās kustības laboratorija (JPL).

Vizītes mērķis bija uzzināt par aktualitātēm pētījumu virzienos mikrorezonatoru jomā. Vizītes laikā bija tikšanās ar Prof. K. Vahalu un citiem zinātniekiem, kuri aktīvi darbojas mikrorezonatoru pētniecības laucīnā.

Vizīte devās pieci darbinieki no LU ASI Kvanru optikas laboratorijas – vadošie pētnieki J. Alnis un A. Atvars, zinātniskā asistente I. Brice un laboranti K. Grundšteins un A. Pirktiņa. Grupai bija iespēja Caltech Vahala grupā diskutēt ar Prof. K. Vahala par svarīgākajām ČGM tēmām, iepazīties ar grupas locekļu Dr. Myong Gun Sun, Dr. Xu Yi un Dr. Ivanu Grudinina projektiem par mikrorezonatoru pētījumiem un to izmantošanu frekvenču ķemmes ģenerēšanai, kā arī iepazīstināt Vahala grupu ar darbībām, kas šajā jomā notiek Latvijā, un apspriestas turpmākās sadarbības iespējas. Bija iespēja izstudēt eksperimentālās iekārtas, piemēram, šķiedras stiepšanas staciju, frekvenču ķemmes iegūšanas stendu, paraugu uzglabāšanu paaugstināta spiediena kameru, lai uz tiem nenonāktu putekļi utt. Caltech notika arī pieredzes apmaiņas diskusija ar Prof. R. C. Flaganu par mikrorezonatoru izmantošanu biomolekulu detektēšanai, kas iepriekš sadarbojās ar Vahalas grupu un Armani koīgā projektā par ČGM biosensoru pielietojumiem izpēti. Papildus Caltech tika apmeklētas arī Prof. H. J. Kimbla Kvantu optikas laboratorija, kas nodarbojas ar nanorezonatoru un Cs atomu mijiedarbību ar perspektīvu kvantu skaitļošanā, un Prof. M. Okumura vadītā grupa, kur tiek veikti rezonatoru dzīves laiku pētījumi, kas saistīti ar rezonatoru Q faktoriem.



Caltech Logo



# Pieteikta dalība konferencē

Brauks un prezentēs par CGMR J. Alnis un A. Atvars.

●●● *PhotonicSweden* 12-14 Sept. 2018

Northern Optics & Photonics 2018 conference, Lund



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

## **Piektā ceturkšņa atskaite**

### **2. Eksperimenti, modelēšana, biosensori un vizīte**

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



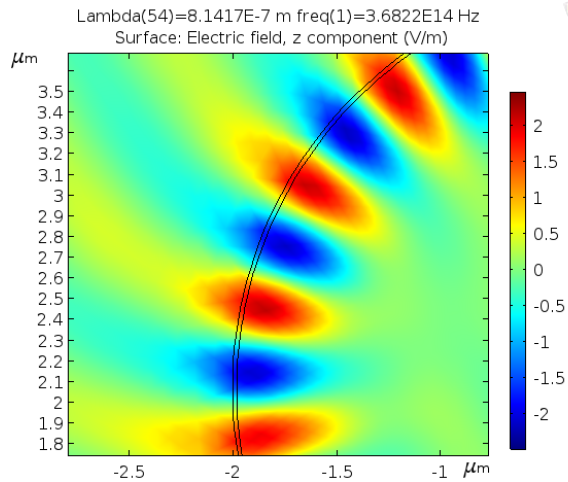
**EIROPAS SAVIENĪBA**

Eiropas Reģionālās  
attīstības fonds

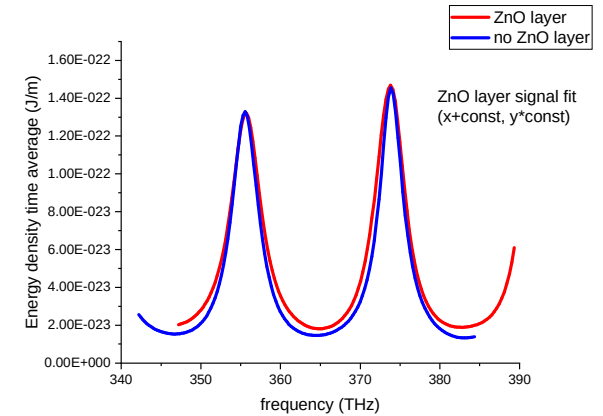
---

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

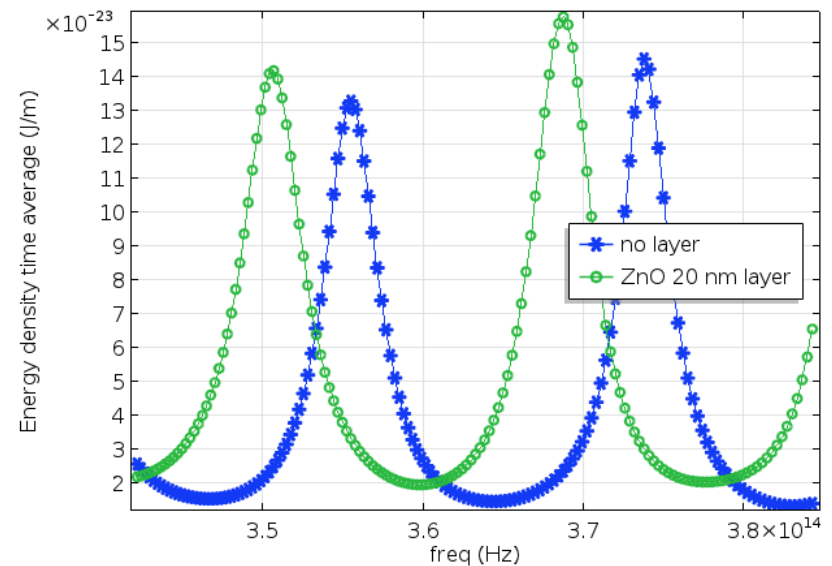
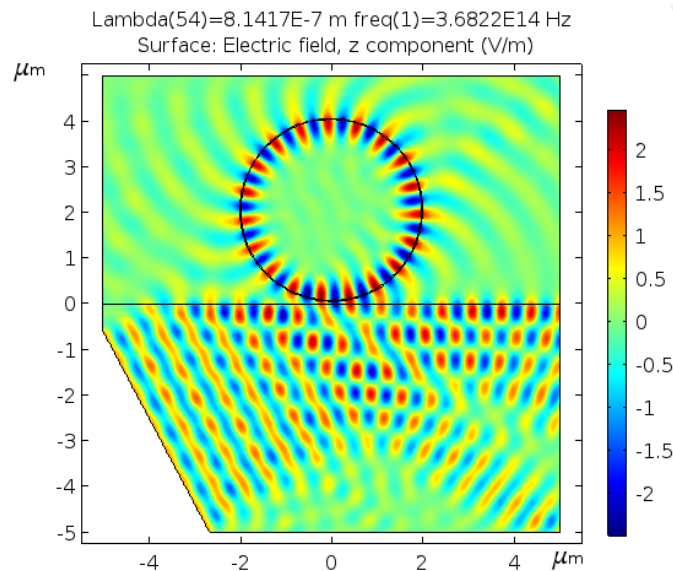
# ČGM rezonatora ar ZnO pārklājumu modelēšana



$n(\text{resonator})=1.45$   
 $n(\text{prism})=1.45$   
 $n(\text{ZnO})=1.95$   
 $r(\text{resonator, no ZnO})=2 \mu\text{m}$   
 $r(\text{resonator, with ZnO})=2 \mu\text{m}$



## ZnO slāņa biezums – 20 nm



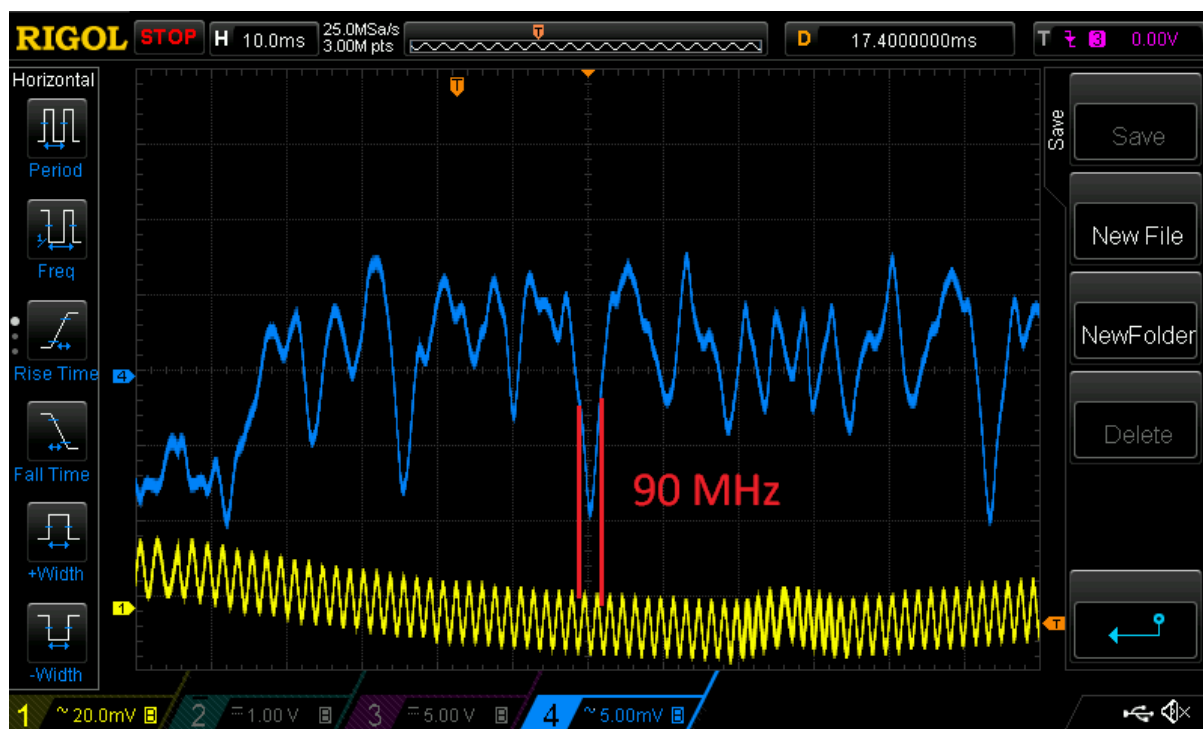
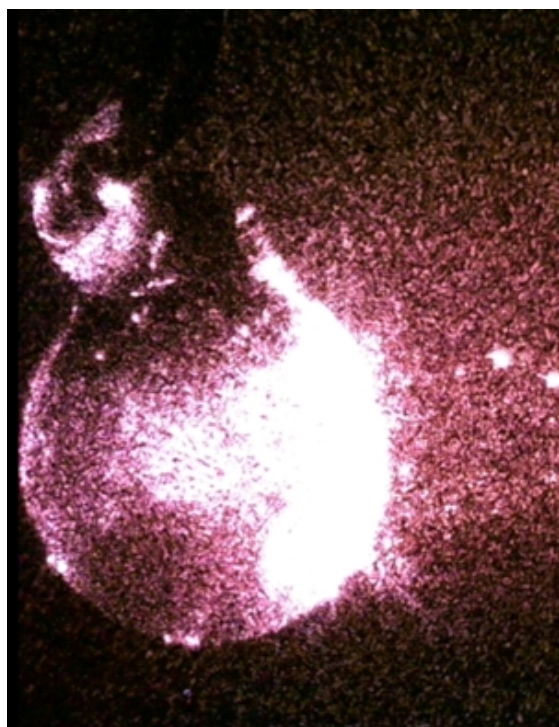
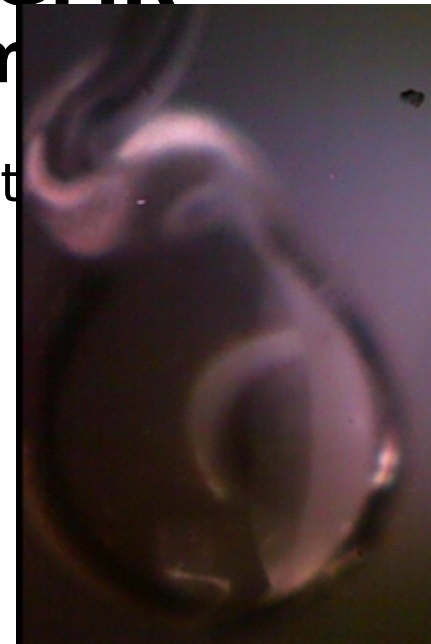
# Sākts gatavot publikāciju par ģGMR pārkļāšanu ar ZnO biosensoriem

25 ĢGMR bumbiņas (diam 0.3-0.5 mm) uzkausētas no vienmodas šķiedras

Polijā pārkļātas ar ZnO nanopārkļājumu, izmantojot iztvaicēšanu vakumā (ALD).

Dažāds ZnO pārkļājumu biezums:  
5 nm, 10nm, 20 nm, 50 nm, 100 nm.

iegūtas rezonanses ar Q faktoriem  $10^5 \dots 10^6$ .

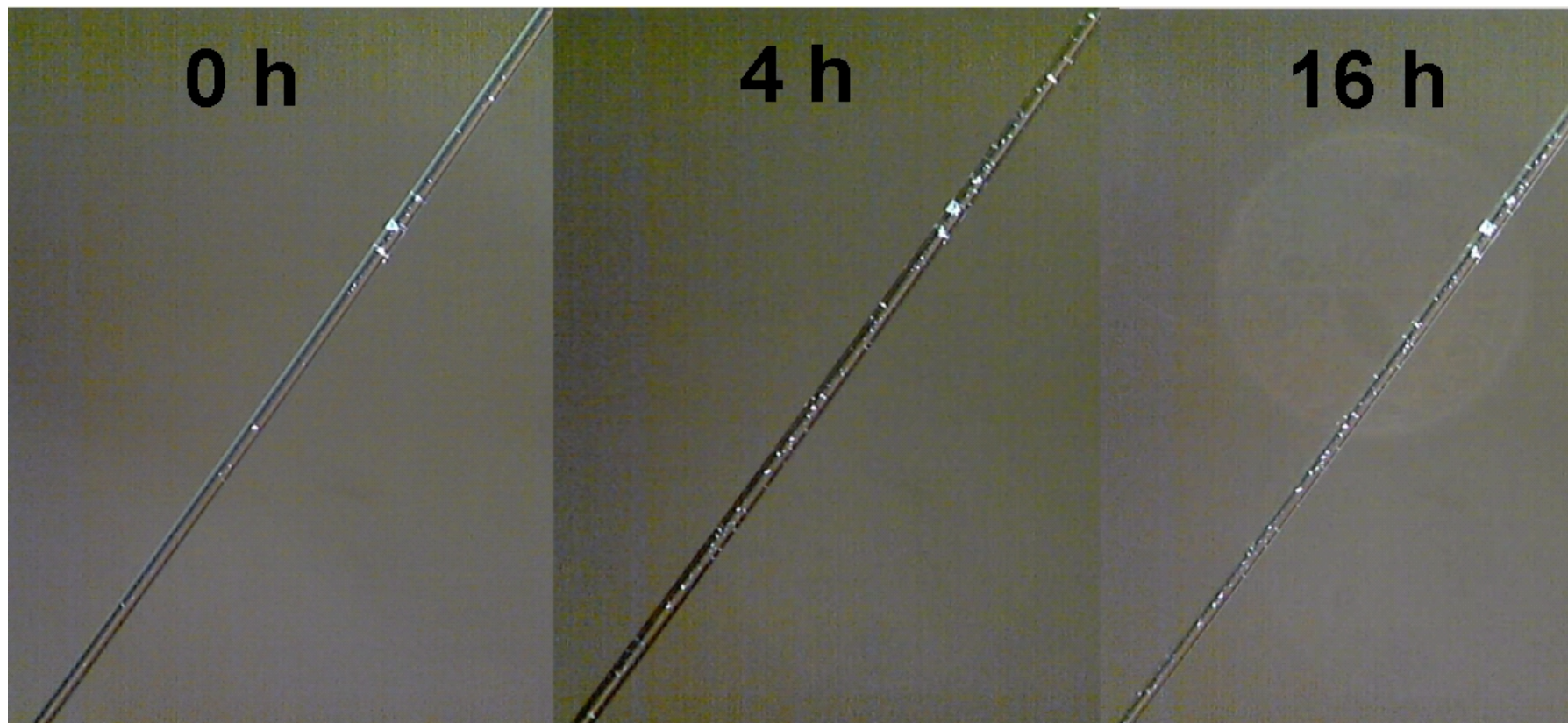


# Tīrības problēmas

Putekļi, sporas, ziedputekšņi

Izgatavošanas laikā nepieciešama filtrēta gaisa kaste

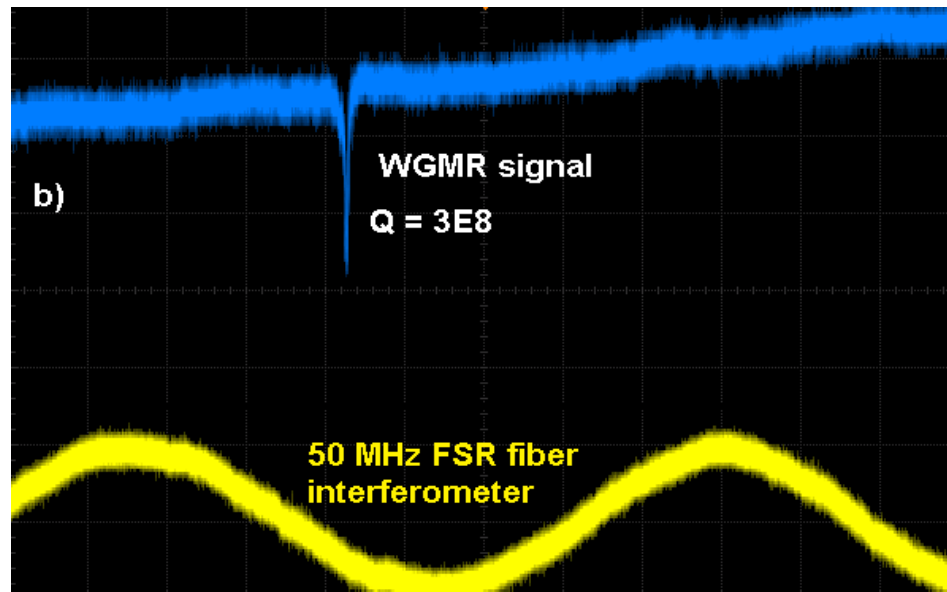
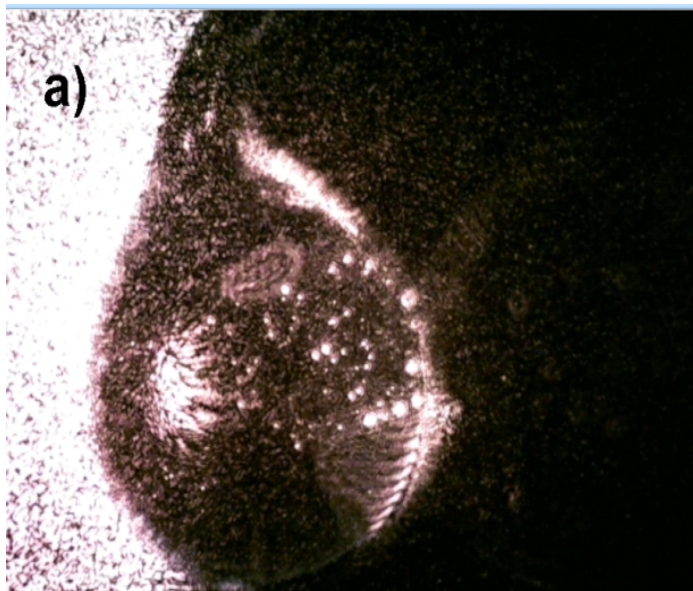
Nepieciešams apvalks kā elektronikas komponentēm



125 mikronu diam. šķiedras pārklašanās ar mikrodaļiņām laboratorijas apstākļos.

# ČGMR rezonatoru izgatavošanas uzlabošana

Uzlabojot tīrīšanu un tīrību izgatavošanas laikā LU ASI martā **sasniegts augsts rezonanšu labums  $Q=10^8$** , kas atbilst pasaules līmenim.



a) 0.5 mm diameter SiO<sub>2</sub> microsphere with prism coupling of the light. On the right lower side periodic circle structure is visible by excitation of a higher transversal order WGM mode.

b) A resonance with  $Q=3E8$  and 50 MHz interferometer waves for the laser scan calibration.

# ERAF projekta zinātniskās grupas vizīte ASV

5 cilvēki, 2018.g. 3. - 22. aprīlis



University of California Los Angeles (Wong)

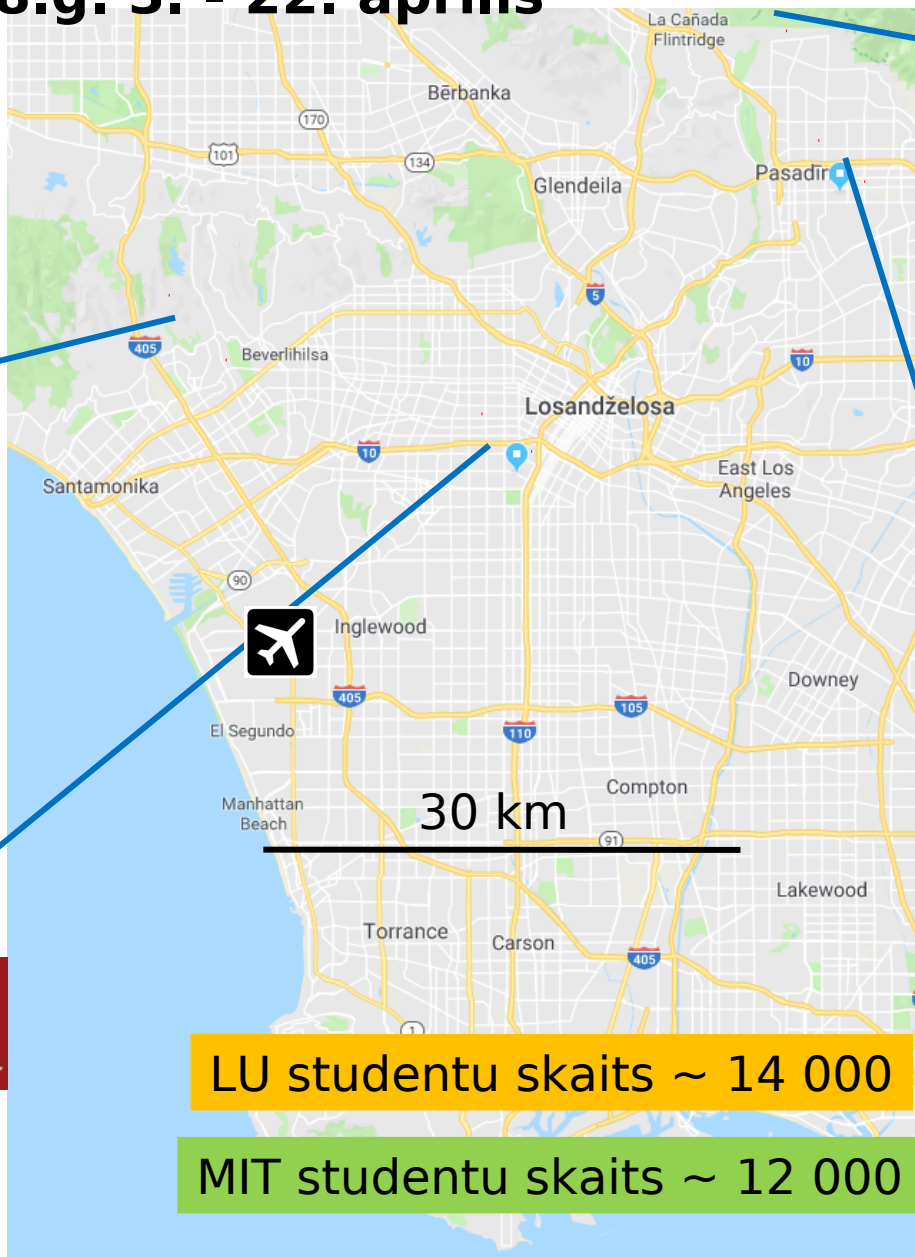
**UCLA**

~ 45 000 studenti

University of Southern California (Armani)



~ 44 000 studenti



LU studentu skaits ~ 14 000

MIT studentu skaits ~ 12 000

NASA  
Jet Propulsion Lab  
~ 15 000 darbinieki



Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology

California Institute of Technology (Vahala, Kimble)



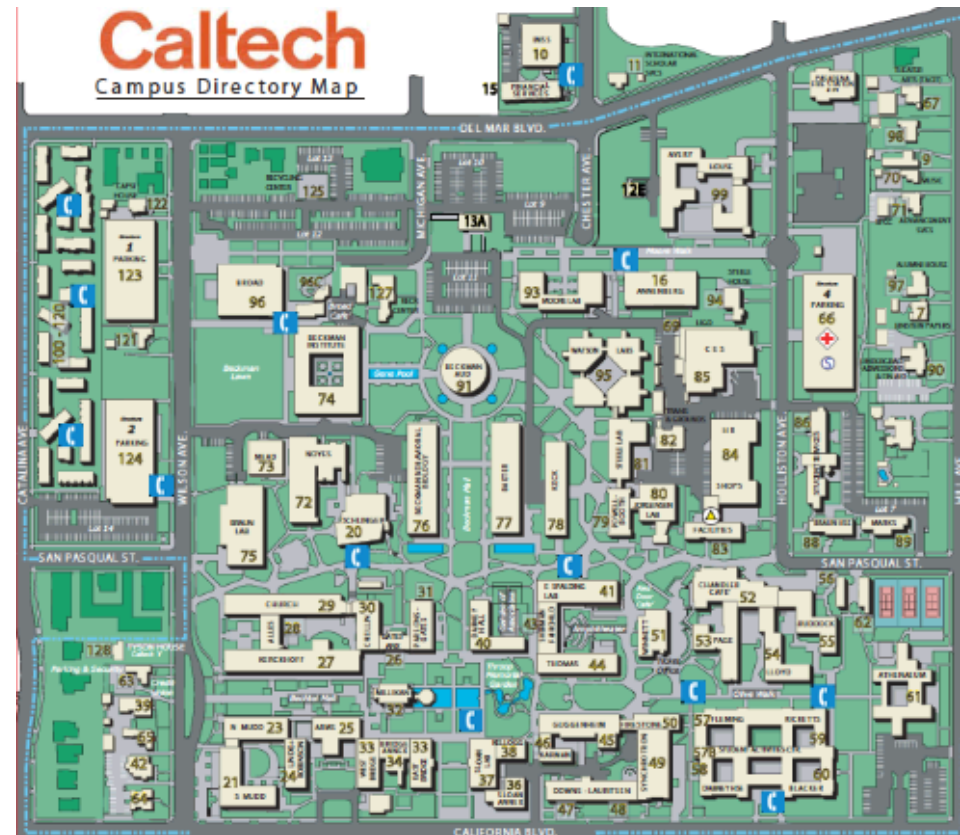
**Caltech**

~ 2 300 studenti



# Caltech

Campus Directory Map



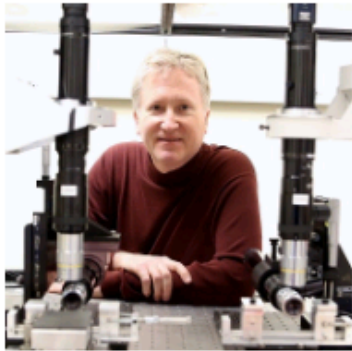
**Kalifornijas  
tehnoloģiju  
institūts  
(privāti finansēts)**

# Prof. Kerry Vahala grupa Caltech

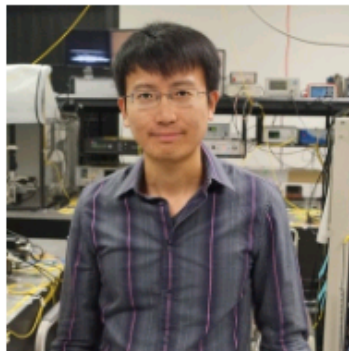
## PEOPLE

### Visiting Associate

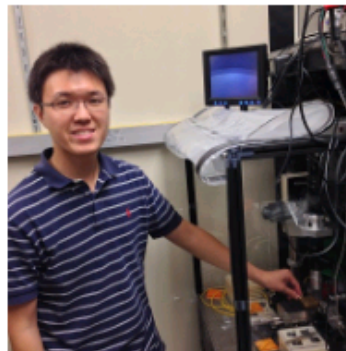
### Post Doctoral Scholars



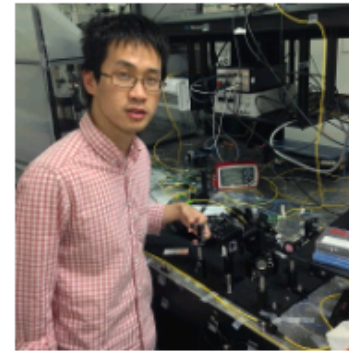
Professor Kerry Vahala



Jlang LI



Myoung-Gyun Suh

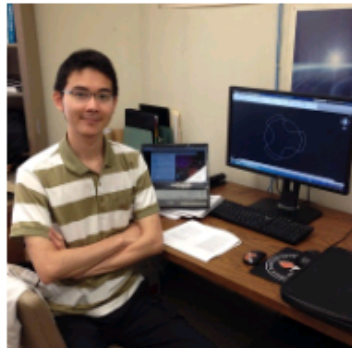


Chengying Bao

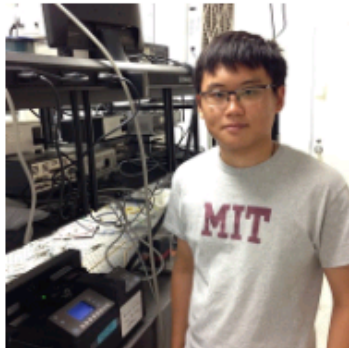


Xu Yi

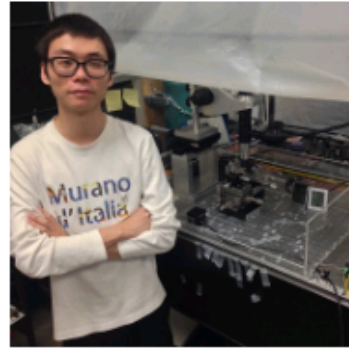
## Graduate Students



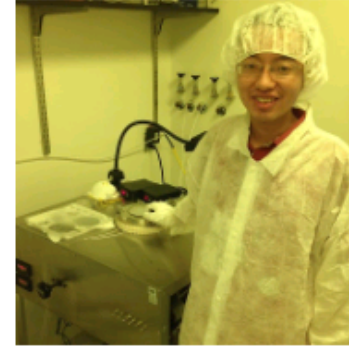
Yu-Hung Lai



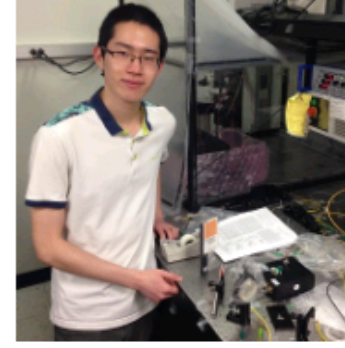
Qifan Yang



Boqlang Shen



Heming Wang



Xinbai LI

# Ultra High-Q Microtoroid Resonators On-A-Chip

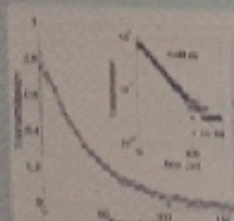


Deniz K. Armani, Tobias J. Kippenberg, Sean M. Spillane, Andrea L. Martin, Lan Yang & Prof. Kerry Vahala

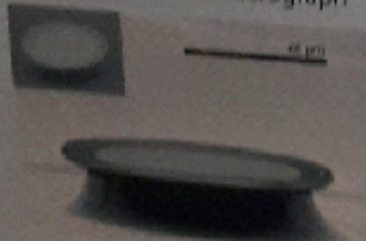
## Microtoroid Fabrication Process



## Microtoroid Characterization



## Scanning Electron Micrograph



SEM micrograph of a silica microtoroid after conventional laser treatment with a CO<sub>2</sub> laser. The laser cleans the microtoroid prior to laser treatment.

## Optical Micrograph



Optical micrograph of a microtoroid resonator coupled to a tapered fiber waveguide.

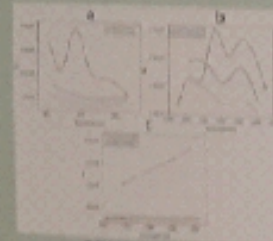
## Recent Advancements

### Micro-Molded Polymer Microtoroid



PDMS microtoroid of a microtoroid resonator.

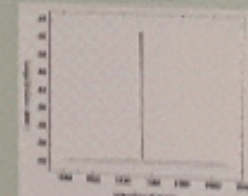
Polymer microtoroid



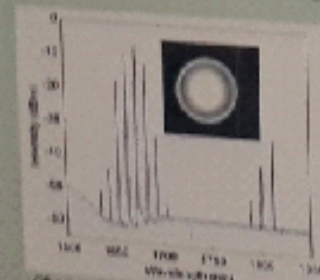
### Erbium Doped Sol-Gel Coating



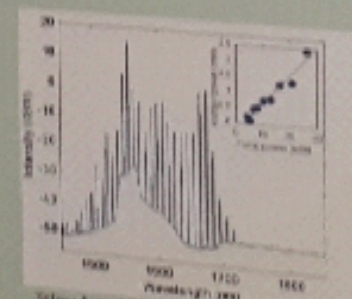
Erbium Sol-Gel Coated Microtoroid



## Nonlinear Optics



Observation of both first and second order stimulated Raman scattering.



Simulated Raman scattering and four wave mixing can produce a multitude of evenly spaced peaks.

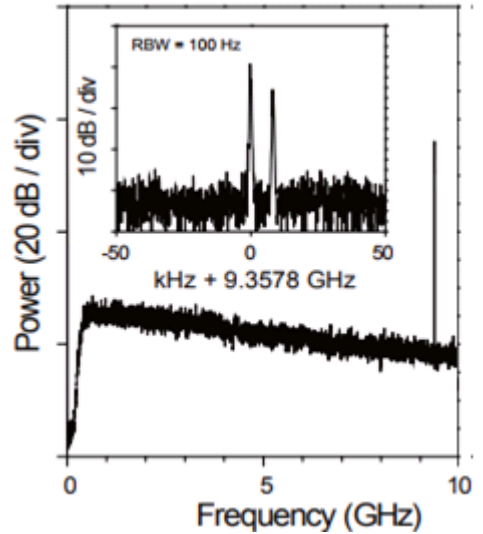
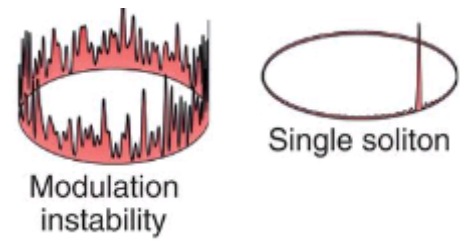
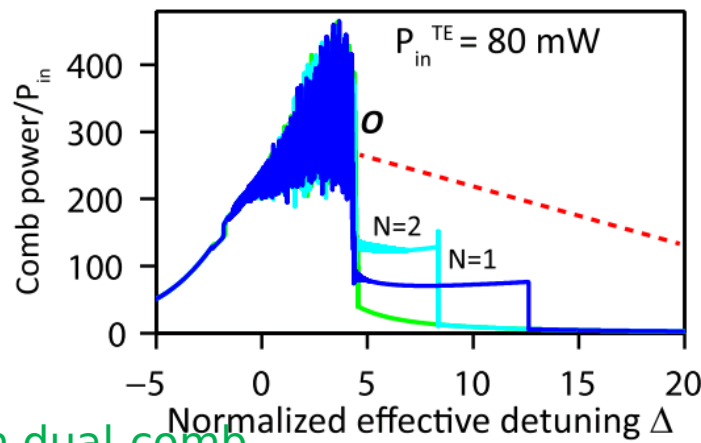
# Solitonu mikroķemmes ĆGMR

**Prof. Vahala publikācijas:**  
 M. Suh, Microresonator soliton dual-comb spectroscopy, Science 2016 - Citēts 84 reizes.

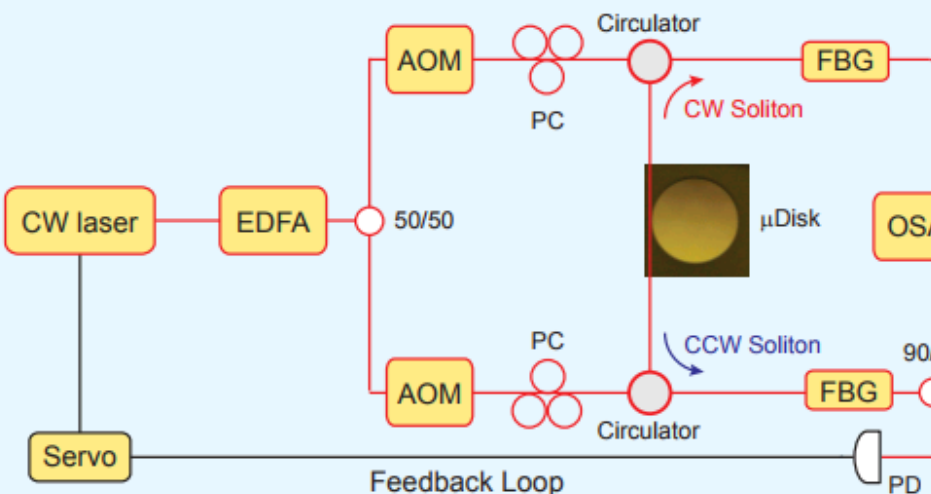
M. Suh, Soliton Microcomb Range Measurement, arxiv.org, 2017.

## Soliton Microcomb Range Measurement

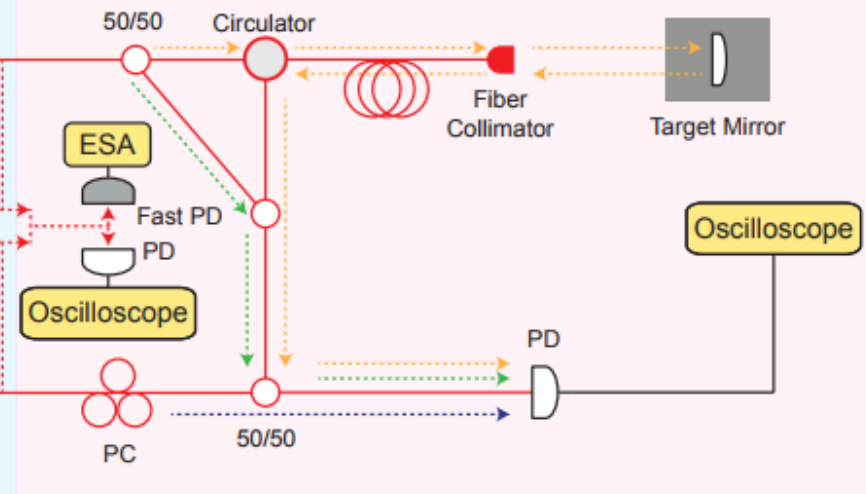
Myoung-Gyun Suh, Kerry Vahala



### Dual-soliton generation setup



### LIDAR setup

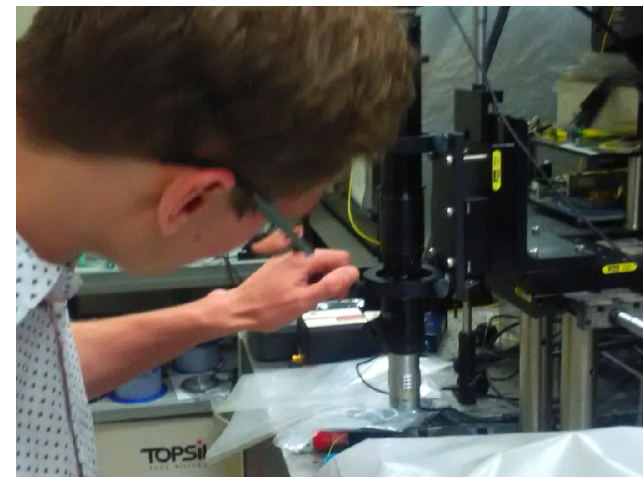
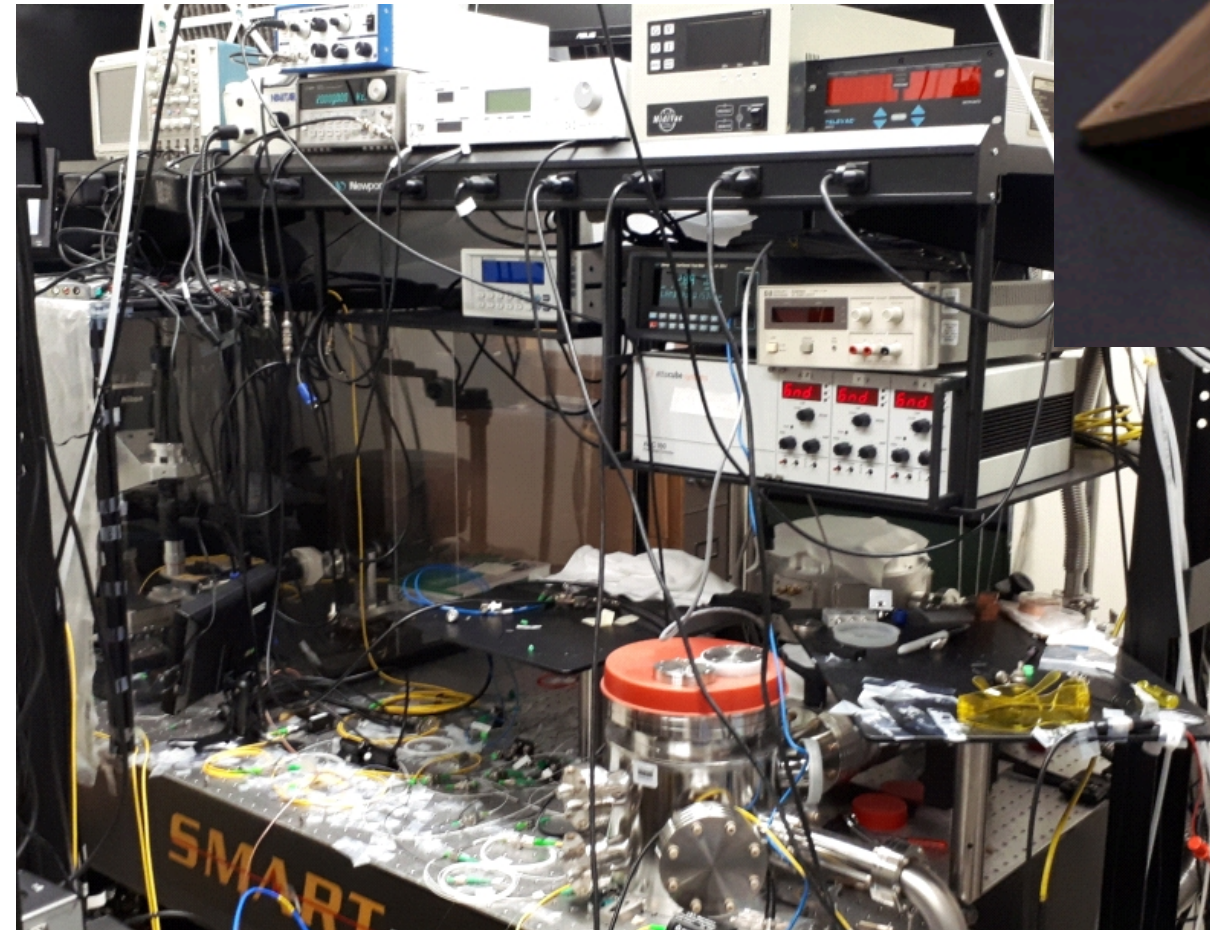


# Prof. Vahala $\text{SiO}_2$ čipu ČGMR izgatavošana Caltech tirtelpā.

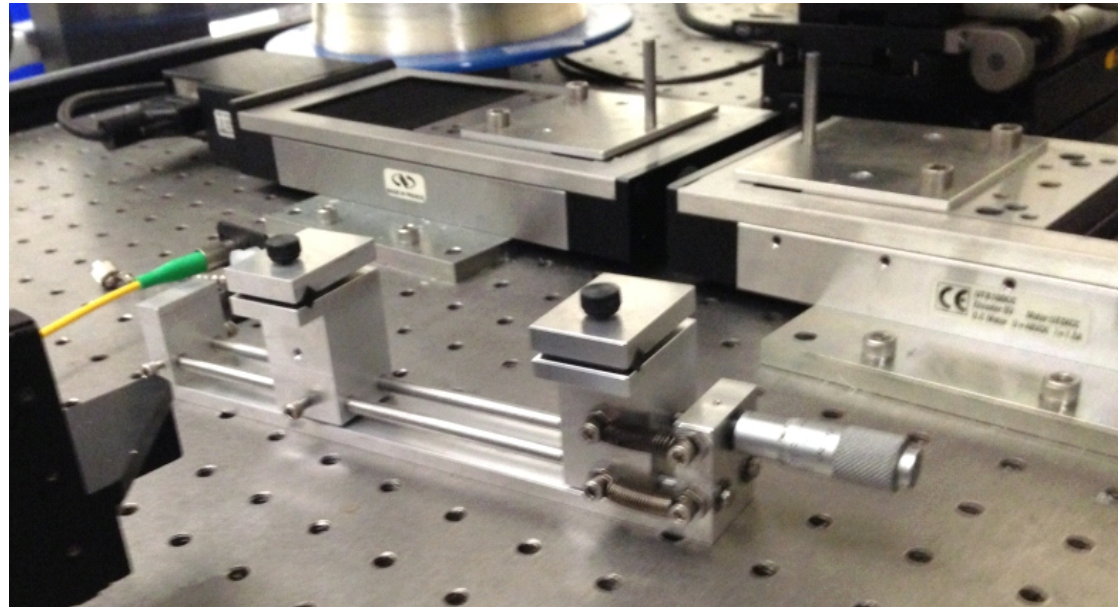
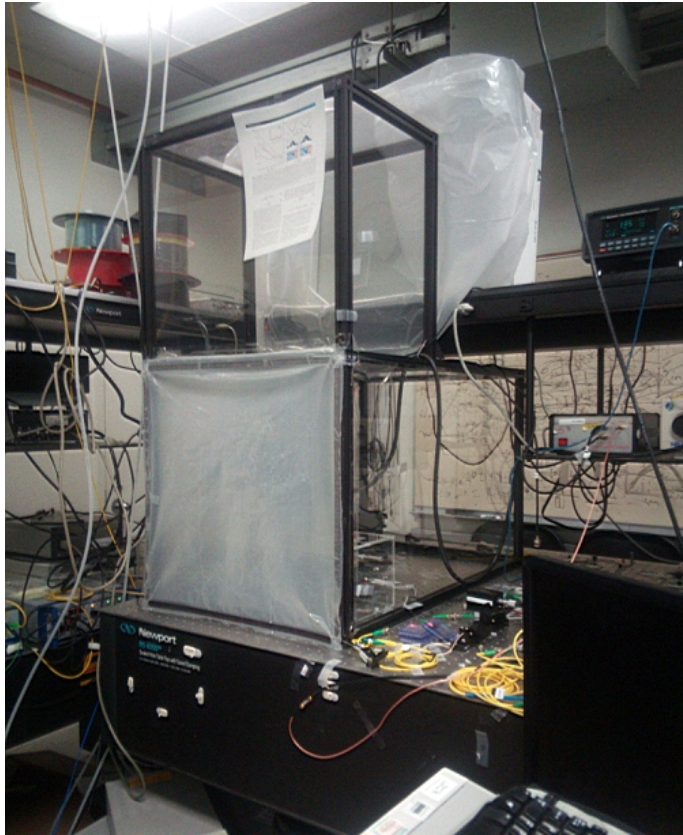


# Eksperiments ar $\text{SiO}_2$ ČGMR mikrorezonatoru frekvenču ķemmi

Prof. K. Vahala grupā.



# Tirtelpas nodalījums virs galda un trapecveida šķiedras šķiedras stiepšanas stacija Prof. K. Vāhala grupā.



# Armani Research Lab

Viterbi School of Engineering • University of Southern California

OVERVIEW ▾

RESEARCH ▾

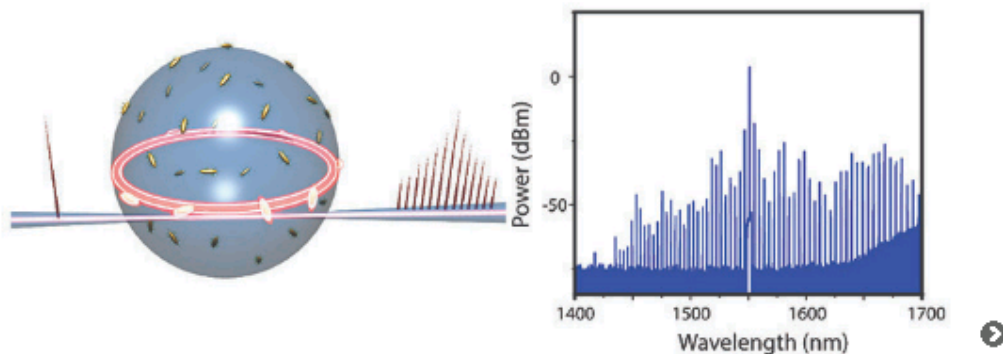
PUBLICATIONS ▾

GROUP MEMBERS ▾

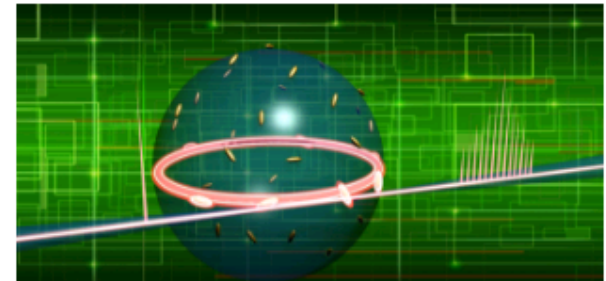
ADVICE ▾

#ENGX ▾

The over-arching mission of the Armani research lab is to develop advanced materials and integrated optical devices that can be used in portable disease diagnostics and telecommunications.



## Recent Publications

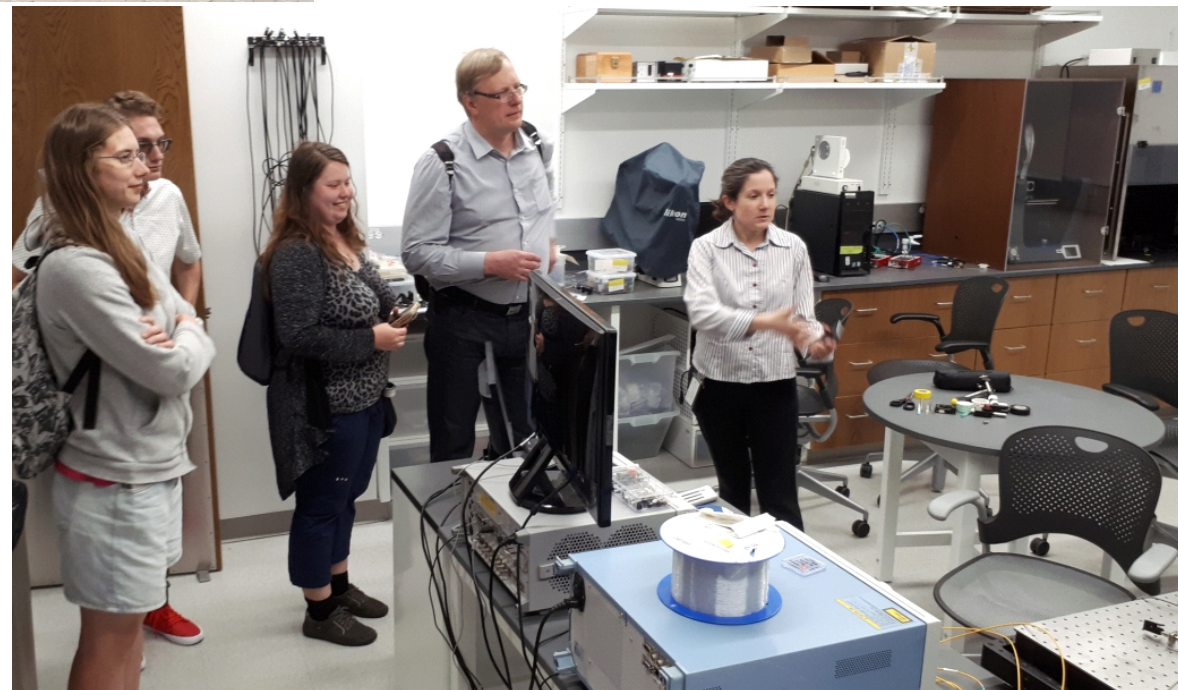


A. Hudnut, L. Lash-Rosenberg, A. Xin, J. Leal Doblado, C. Zurita-Lopez, Q. Wang, A. M. Armani, "Role of extracellular matrix in the biomechanical behavior of pancreatic tissue", ACS Biomaterials Science & Engineering (2018), in press

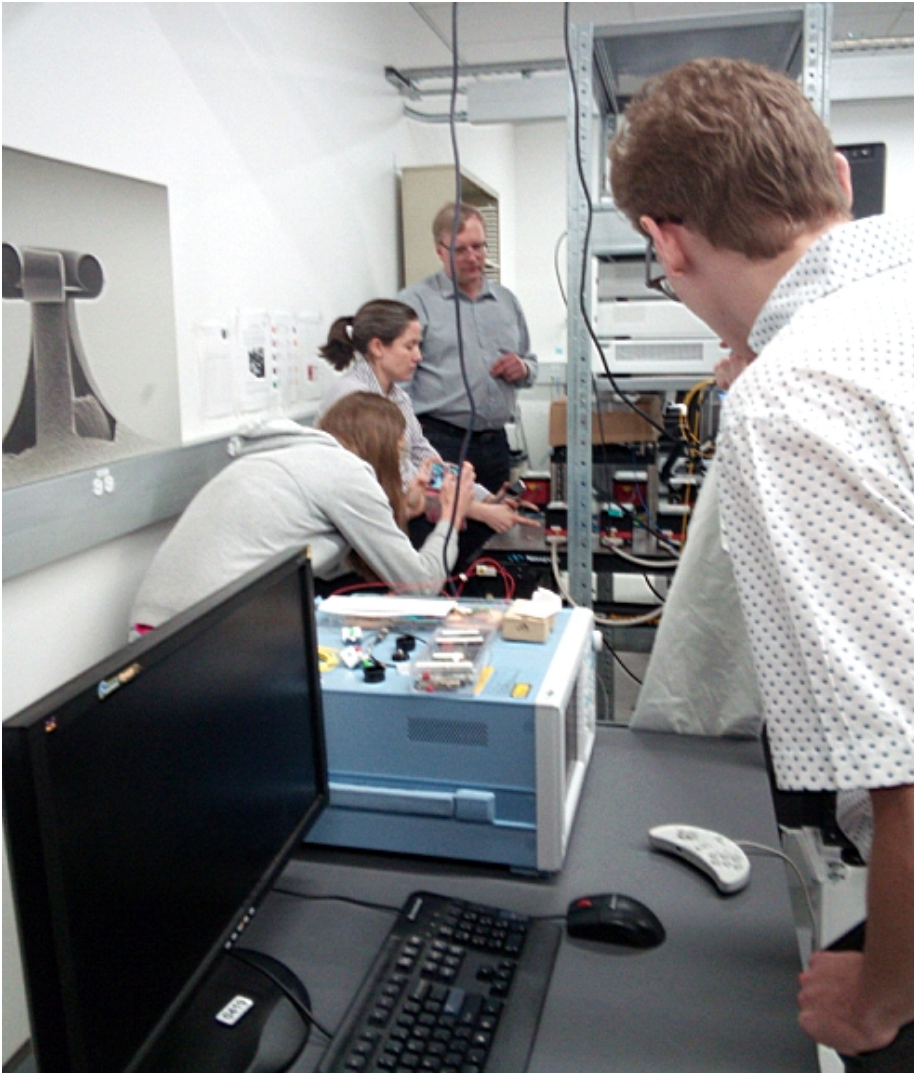
X. Shen, R. Castro-Beltran, V. M. Diep, S. Sotani, A. M. Armani, "Low



# USC, Prof. Andrea Armani, ČGM pārklājumi biosensoriem

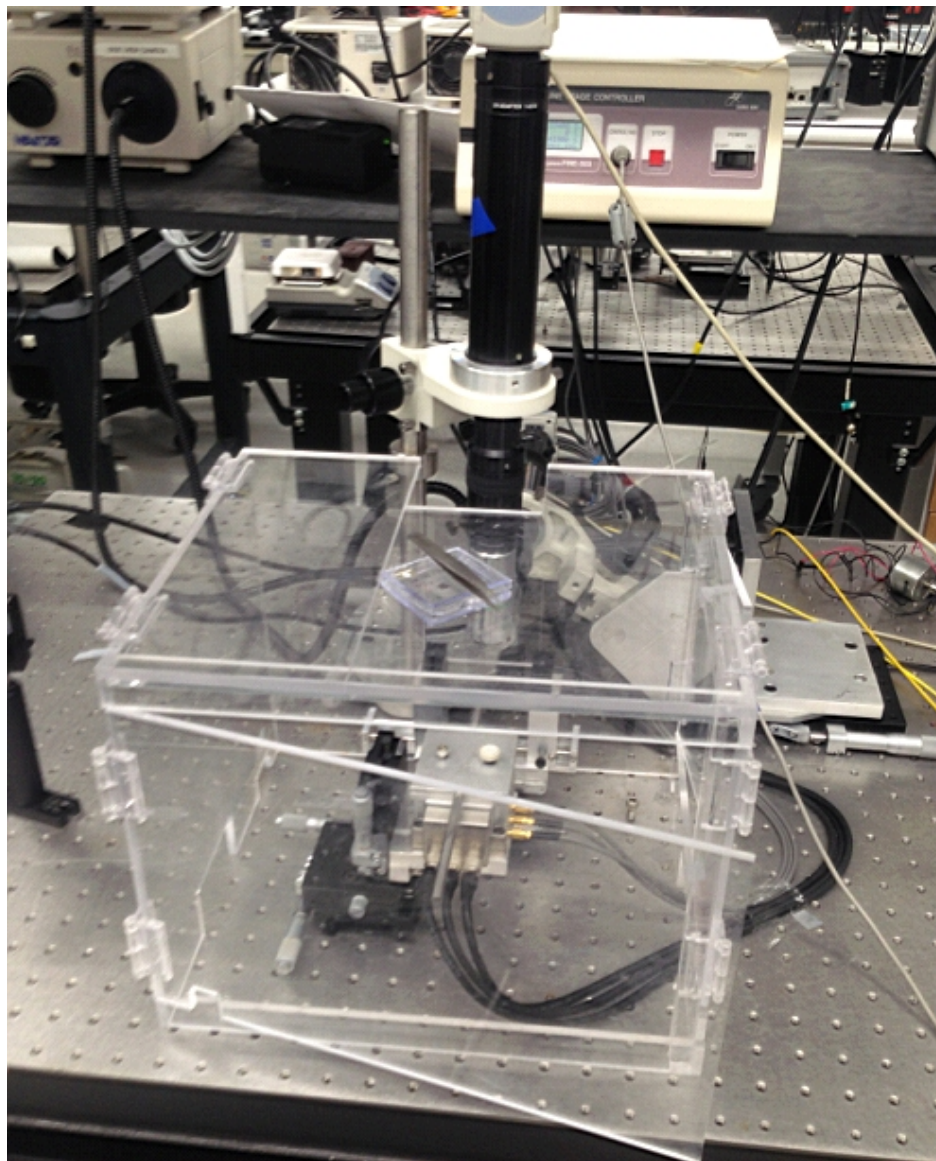


# Dažādu krāsu diožu lāzeru stends. Prof. A. Armani grupā.



Lāzeru gaisma tiek ievadīta vienmodas optiskās šķiedrās un novadīta uz ČGMR eksperimentiem

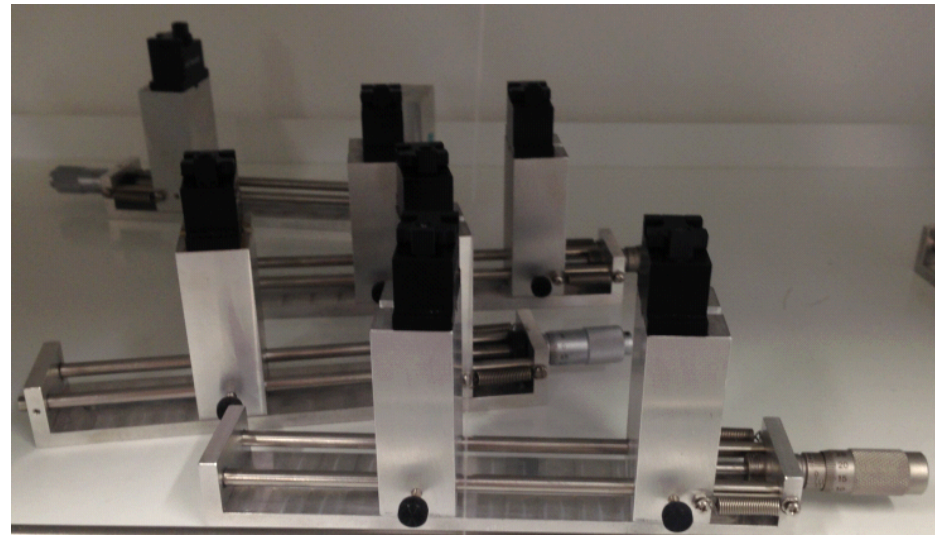
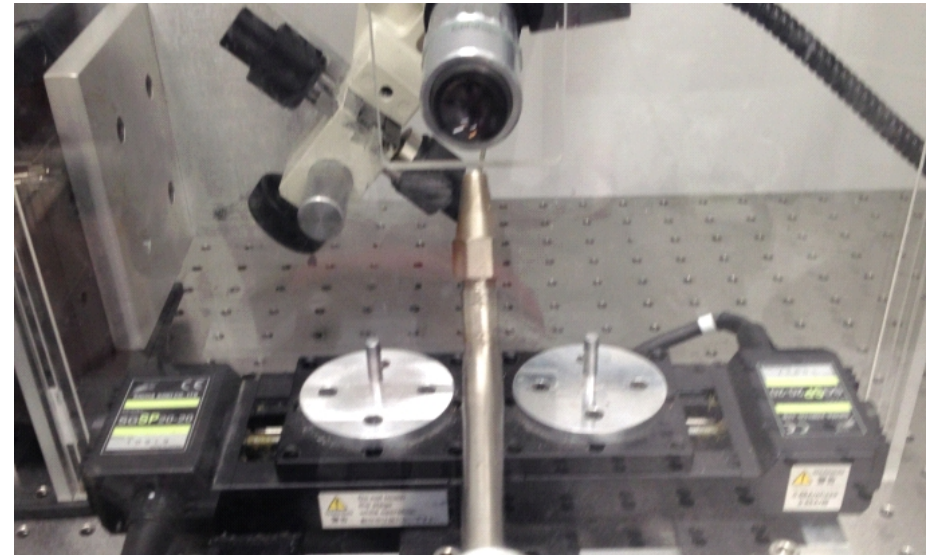
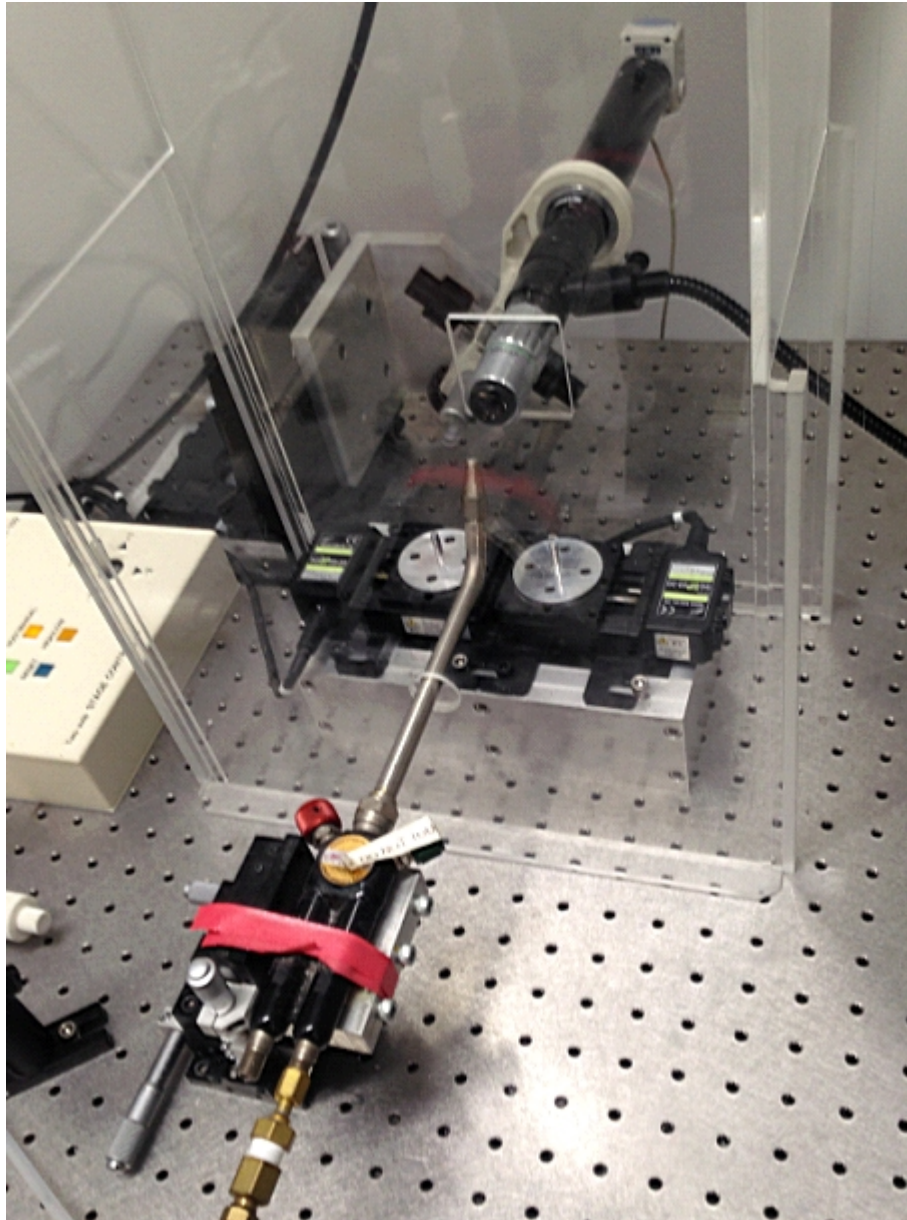
# ČGM mikrorezonatoru testēšanas stends ar trapecveida šķiedras gaismas ievades metodi Prof. A. Armani grupā.



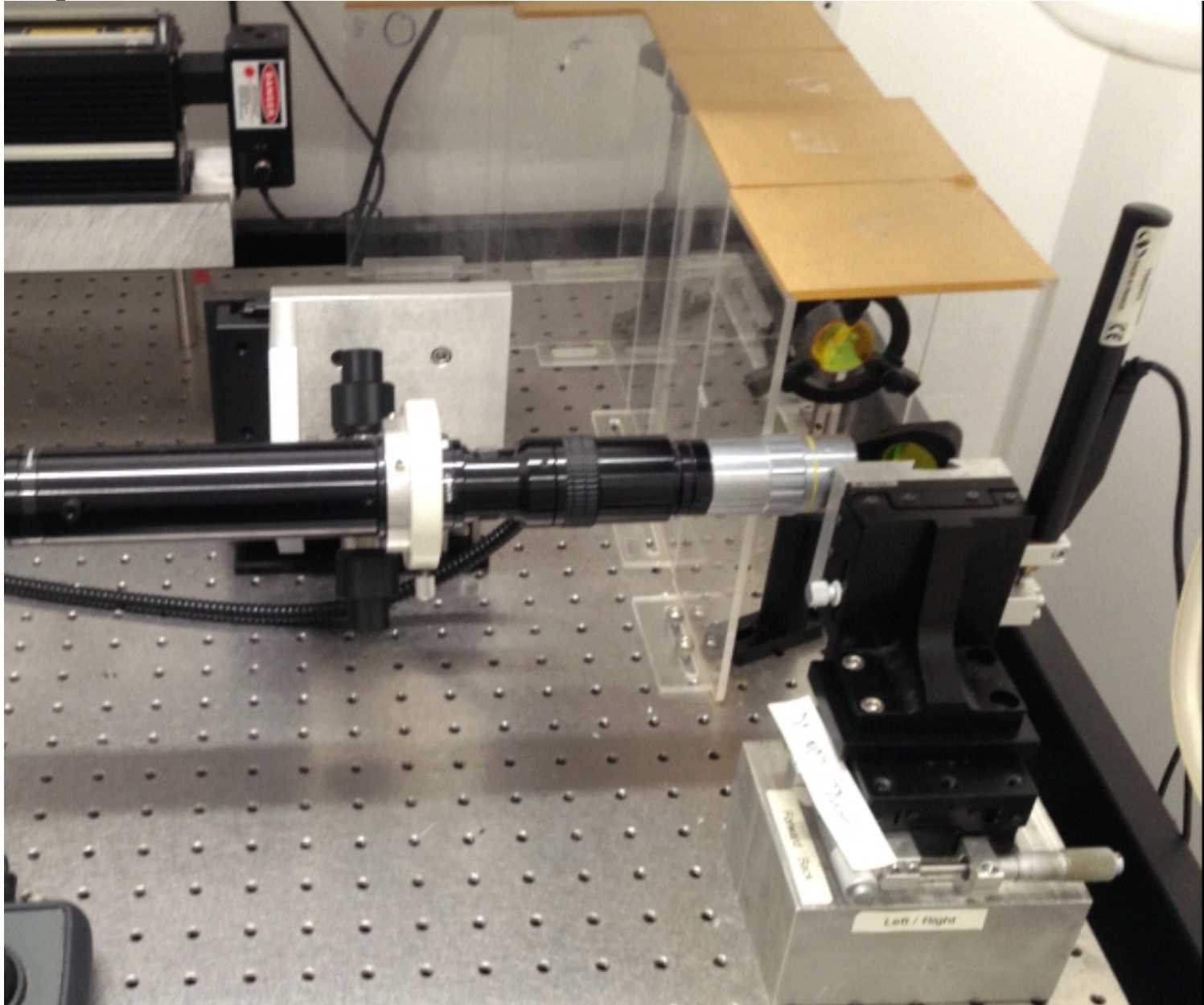
**ČGMR paraugu uzglabāšana sausa N<sub>2</sub>  
atmosfērā  
Prof. A. Armani grupā.**



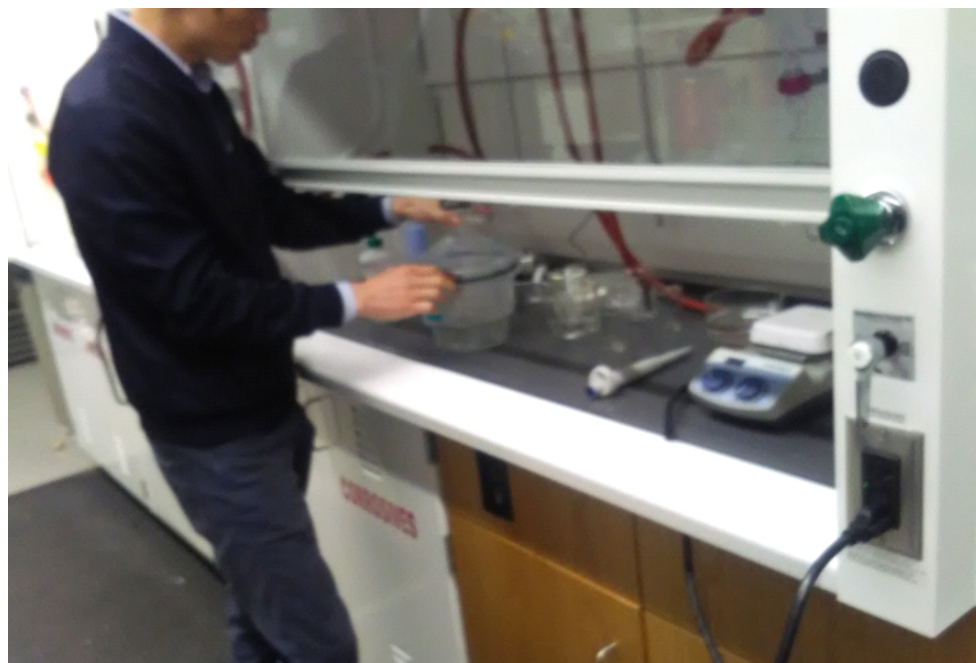
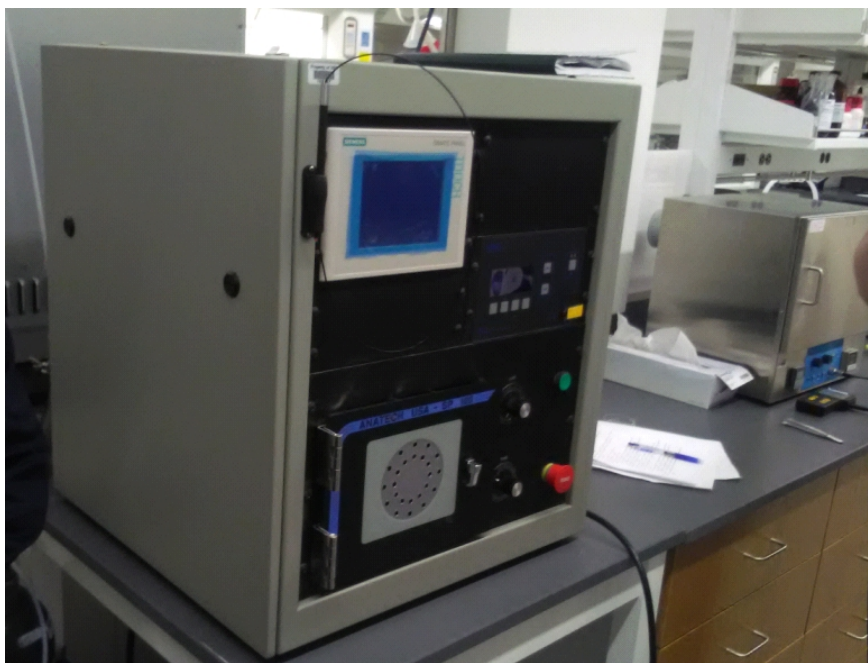
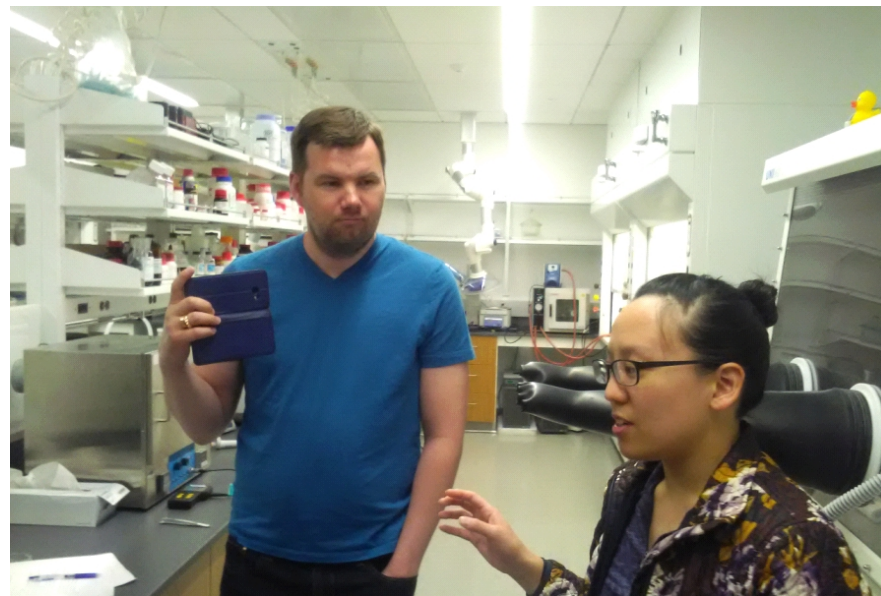
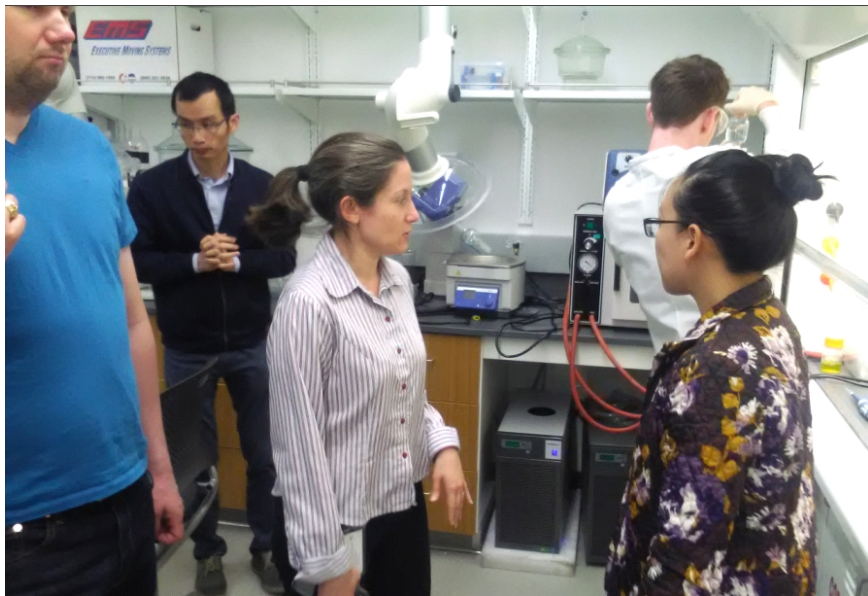
# Liesmas kausēšanas stends tapered fiber izgatavošanai Prof. A. Armani grupā.



# CO<sub>2</sub> lāzerkausēšanas stends Prof. A. Armani grupā.



# Ķīmijas laboratorija ČGMR virsmas pārklāšanai biosensoriem Prof. A. Armani grupā.



# Kalifornijas Universitāte Losandželosā

University of California Los Angeles ~ 45 000 studenti



# UCLA





Mesoscopic Optics and Quantum Electronics Laboratory





**Prof. Chee Wei Wong**, (SCOPUS - 360 documents, H-index: 32; annual number of publications since 2008: 25)

Professor of Electrical and Computer Engineering  
Fang Lu Mesoscopic Optics and Quantum Electronics Laboratory  
& Faculty Executive Committee, School of Engineering.

**Sc.D. MIT 2003,**

**M.Sc. MIT 2001**

**B.Sc. and B.A. UC Berkeley 1999.**

## Mesoscopic Optics and Quantum Electronics Laboratory

### The Team

Jiahui Huang



Abhinav Kumar Vinod



Yoo Seung Lee



Murat Can Sarihan



Yoon-Soo Jang



Jin Ho Kang



Jaime Flor Flores

Xiang Cheng

Susu He

Jinkang Lim

Olivier Spitz



Jinghui Yang



Jinkang Lim



Qingsong Bai

Brandon Busbee

Tianci Song

Hao Liu



Drew-Derrick Mendinueto



Tianci Song

Kai-Chi Chang

Hyunbil Boo

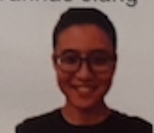
Jiagui Wu

Yanhao Jiang

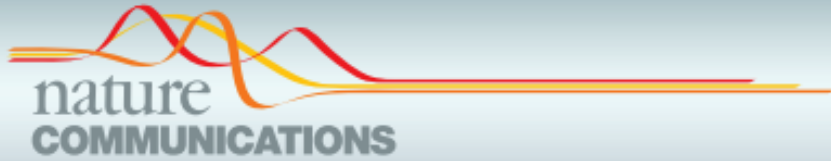
Zhangji Zhao



Chee Wei Wong



# Prof. C.W. Wong grupas ultrastabils ĢGMR rezonatoru salīdzinājums ar J.Alņa 2008.g. rezultātiem

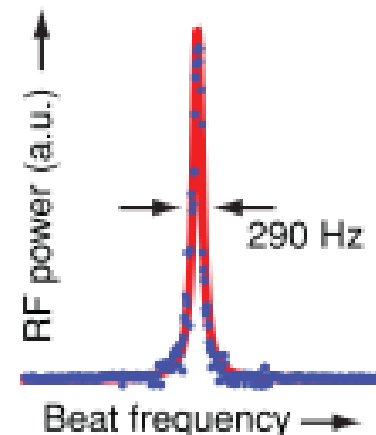
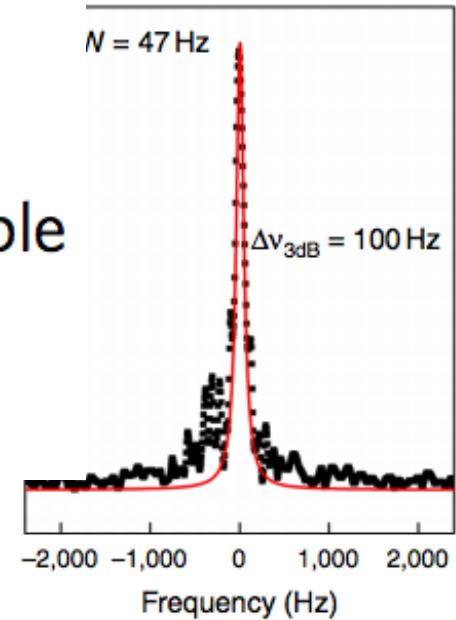


## Chasing the thermodynamical noise limit in whispering-gallery-mode resonators for ultrastable laser frequency stabilization

Jinkang Lim<sup>1</sup>, Anatoliy A. Savchenkov<sup>2</sup>, Elijah Dale<sup>2</sup>, Wei Liang<sup>2</sup>, Danny Eliyahu<sup>2</sup>, Vladimir Ilchenko<sup>2</sup>, Andrey B. Matsko<sup>2</sup>, Lute Maleki<sup>2</sup> & Chee Wei Wong<sup>1</sup>

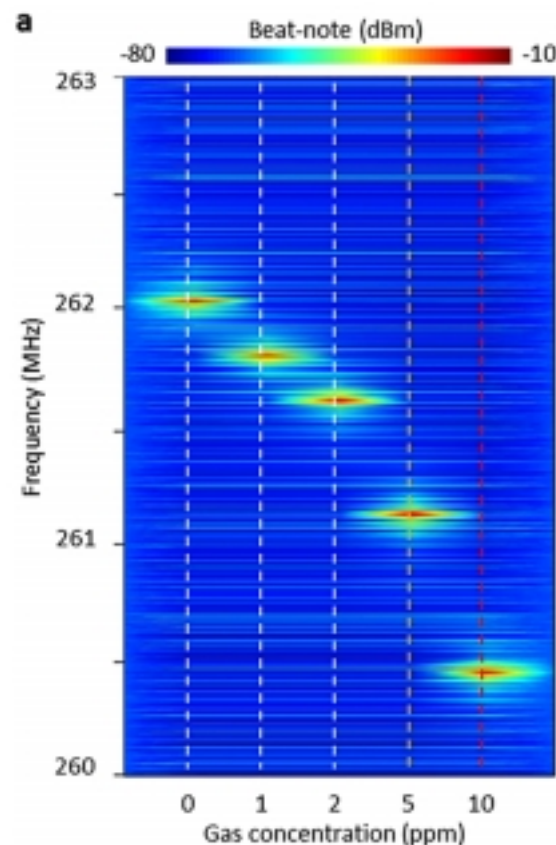
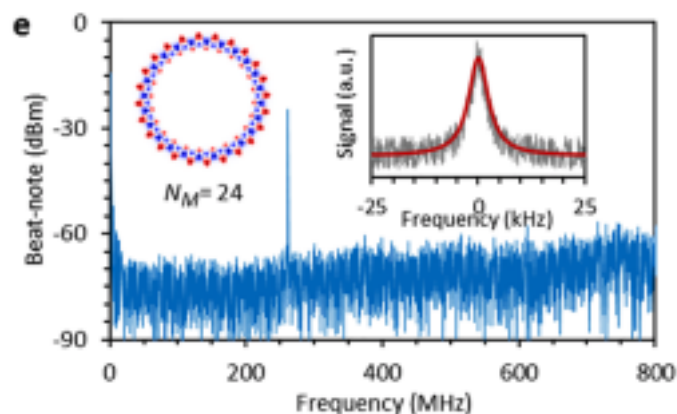
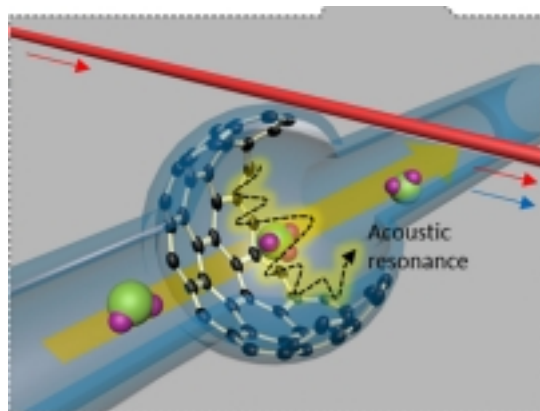
Here, we show the noise characteristics of whispering-gallery-mode resonators and demonstrate a resonator stabilized laser at this limit by compensating the intrinsic thermal expansion, allowing a **sub-25 Hz linewidth** and a 32 Hz Allan deviation.

14. Alnis, J., Matveev, A., Kolachevsky, N., Udem, Th & Hänsch, T. W. Subhertz linewidth diode lasers by stabilization to vibrationally and thermally compensated ultralow-expansion glass Fabry-Pérot cavities. *Phys. Rev. A* 77, 053809 (2008).



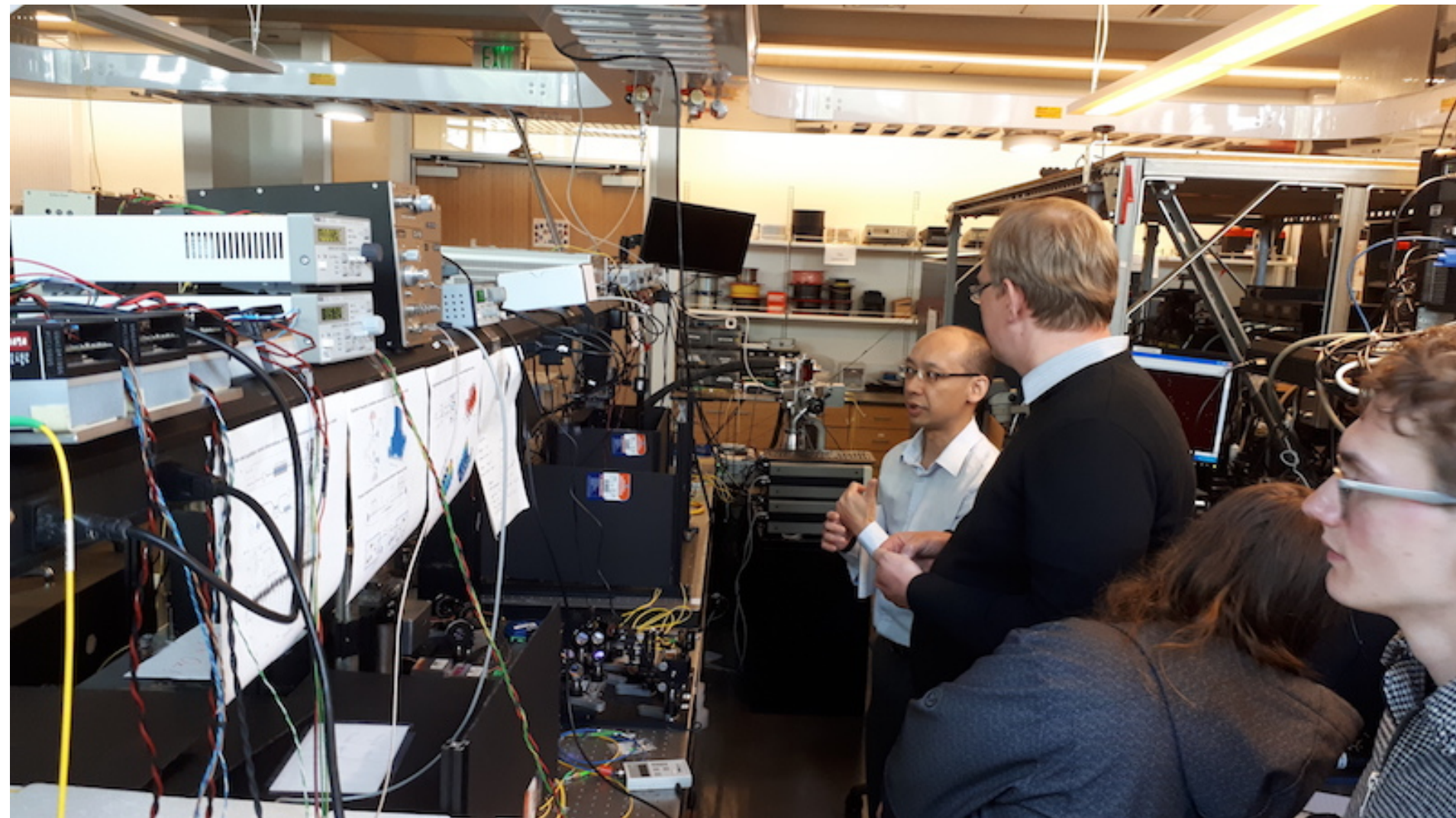
## Graphene-Enhanced Brillouin Optomechanical Microresonator for Ultrasensitive Gas Detection

Baicheng Yao,<sup>\*,†,‡,§,ⓧ</sup> Caibin Yu,<sup>†</sup> Yu Wu,<sup>†</sup> Shu-Wei Huang,<sup>‡</sup> Han Wu,<sup>†</sup> Yuan Gong,<sup>†,||</sup> Yuanfu Chen,<sup>ⓧ,⊥</sup> Yanrong Li,<sup>⊥</sup> Chee Wei Wong,<sup>‡</sup> Xudong Fan,<sup>||,ⓧ</sup> and Yunjian Rao,<sup>\*,†</sup>



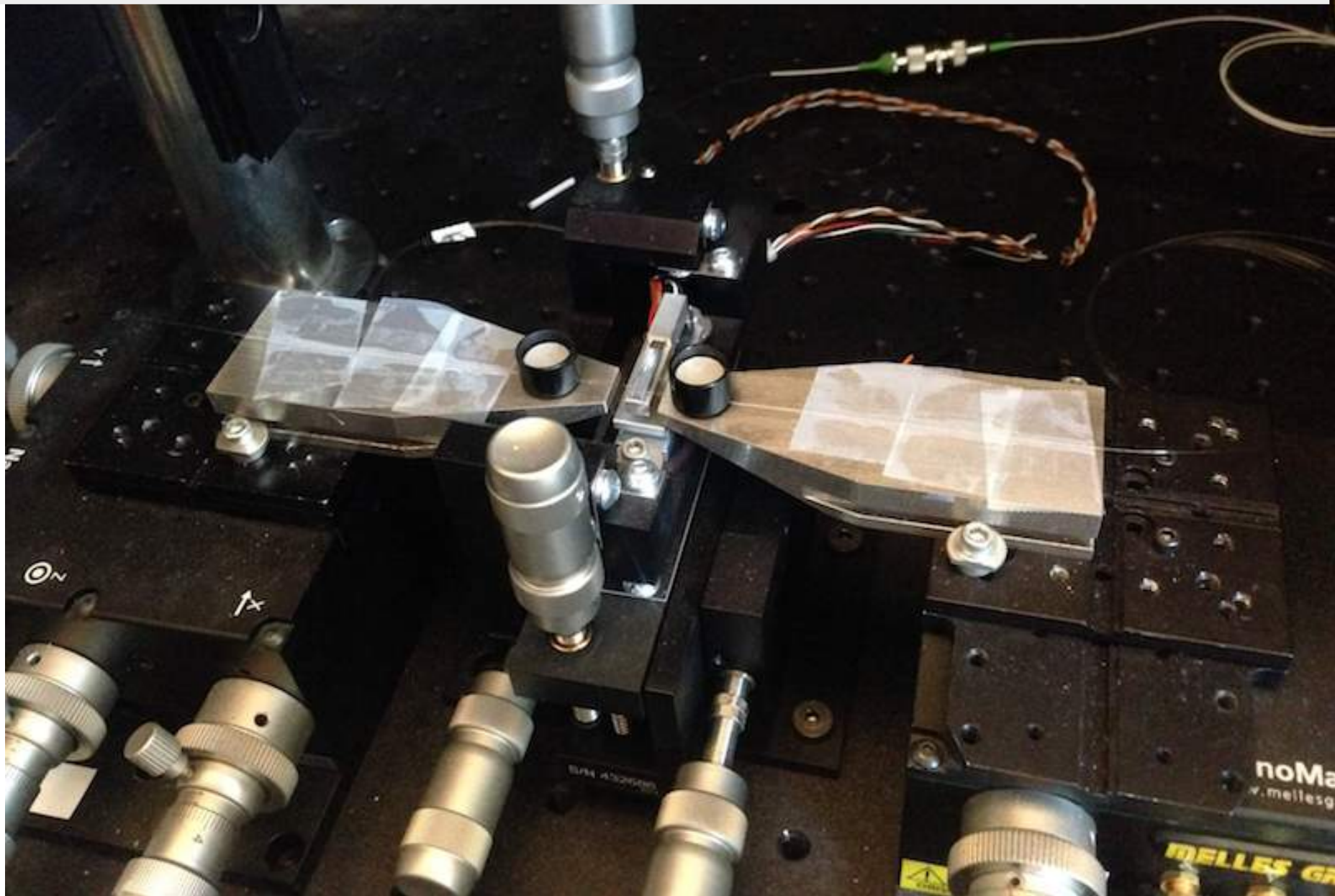
# Prof. C.W.Wong laboratorijā

## 6 rindas ar optiskiem galdiem



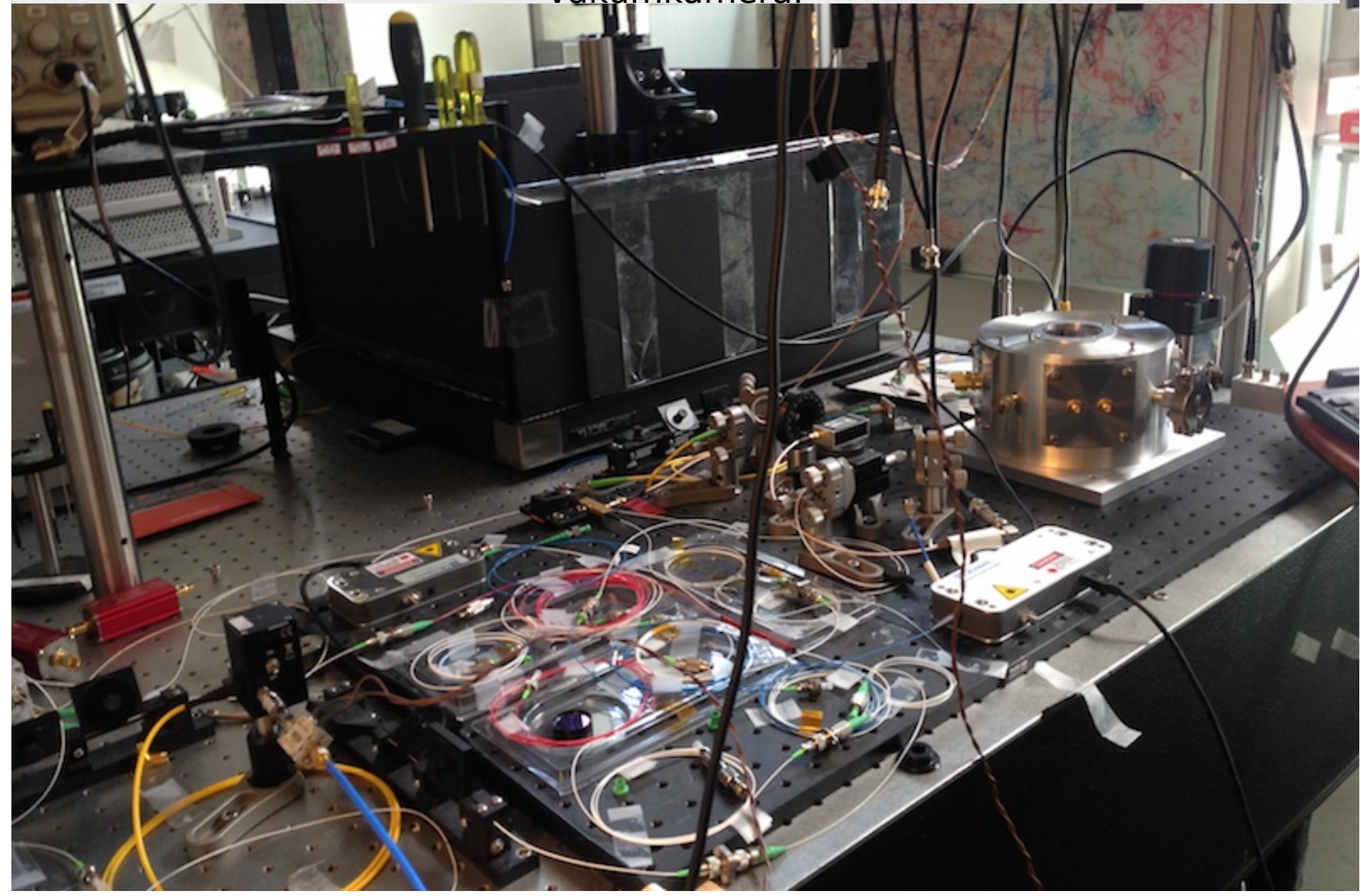
# Prof. C.W.Wong laboratorijā

*Gaismas ievade un savākšana Si čipa ĆGMR paraugā ar lensed fiber*



# Prof. C.W.Wong laboratorijā

*OEwaves* komercializetais ČGMR lasers un ultrastabils CGMR vakumkamerā.



# Spin-off firma *OEwaves* komercializē kristālu ČGMR DFB lāzerus

Nevarēja mūs pieņemt, jo strādā pie aizsardzības projektiem.  
**Iedvesma ERAF rezultātu komercializācijai.**

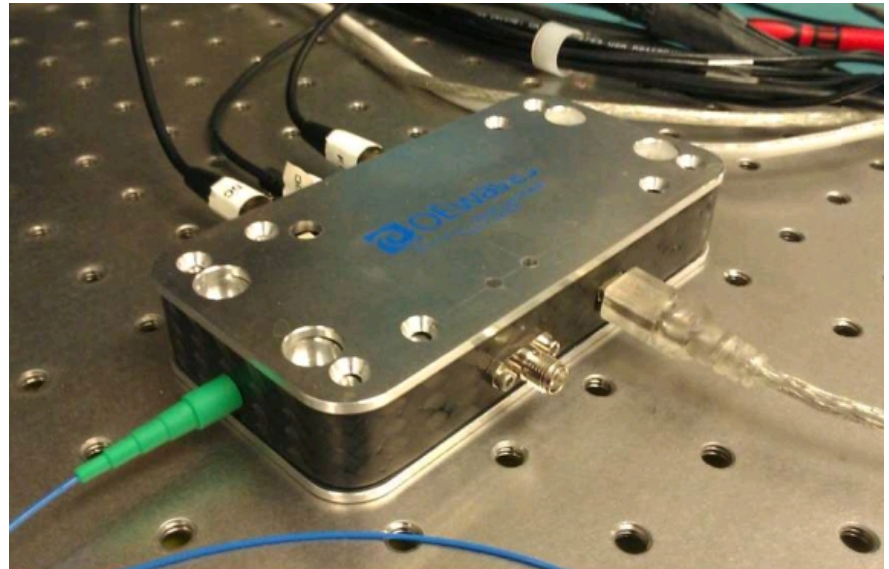
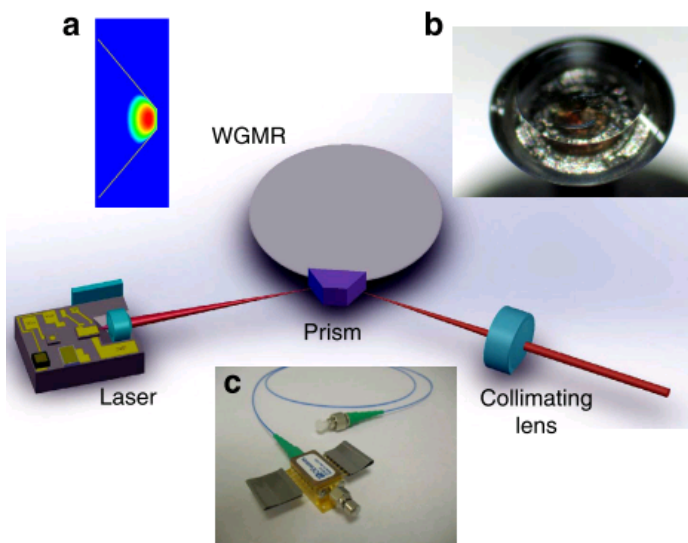
nature  
COMMUNICATIONS

24 Jun 2015

## Ultralow noise miniature external cavity semiconductor laser

W. Liang<sup>1</sup>, V.S. Ilchenko<sup>1</sup>, D. Eliyahu<sup>1</sup>, A.A. Savchenkov<sup>1</sup>, A.B. Matsko<sup>1</sup>, D. Seidel<sup>1</sup> & L. Maleki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>OEwaves Inc., 465 North Halstead Street, Suite 140, Pasadena, California 91107, USA.





# J. Alnis uzstājās ar prezentāciju Prof. C.W.Wong grupas seminārā par pētījumiem Rīgā ar ČGMR rezonatoriem.



# NASA reaktīvās kustības laboratorija



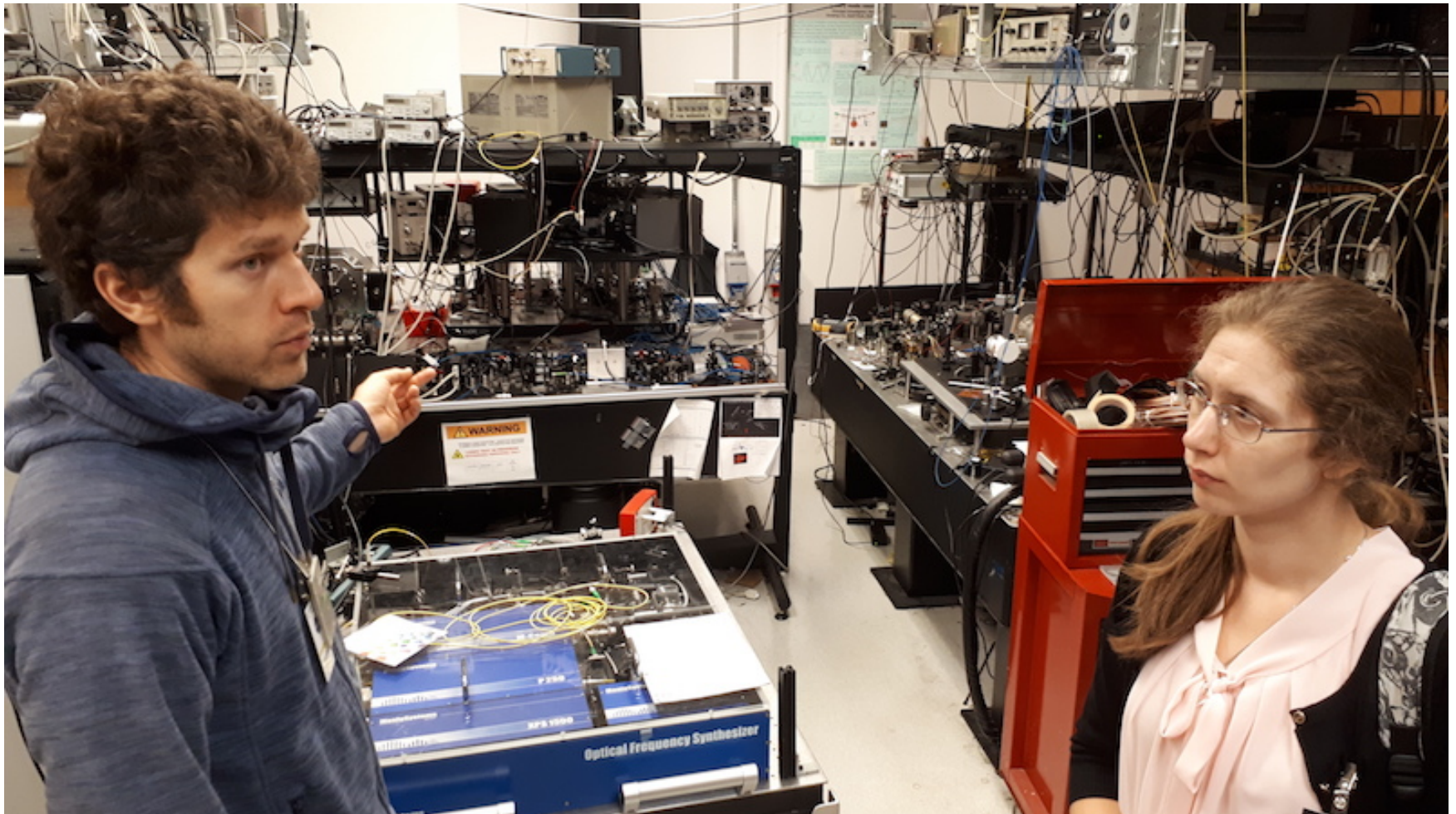
The Jet Propulsion Laboratory is a unique national research facility that carries out **robotic space and Earth science missions**.

JPL helped open the Space Age by developing **America's first Earth-orbiting science satellite**, creating the first successful interplanetary spacecraft, and sending robotic missions to study all the planets in the solar system as well as asteroids, comets and Earth's moon.

In addition to its missions, JPL developed and manages **NASA's Deep Space Network**, a worldwide system of antennas that communicates with

# Dr. Ivan Grudinin

PhD Caltech (2008), SCOPUS publications – 53, Hirsch index – 18,  
<http://grudinin.com/>  
“Quantum Science and Technology” group at  
[NASA Jet Propulsion Laboratory](#).



# Kristālisko ČGMR forma frekvenču ķemmju platjoslas ģenerēšanai

Letter

Vol. 2, No. 3 / March 2015 / Optica 221

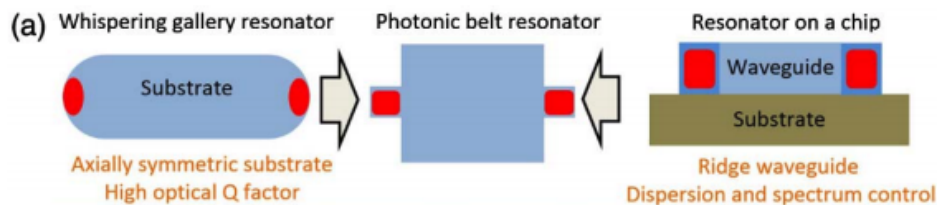
optica

## Dispersion engineering of crystalline resonators via microstructuring

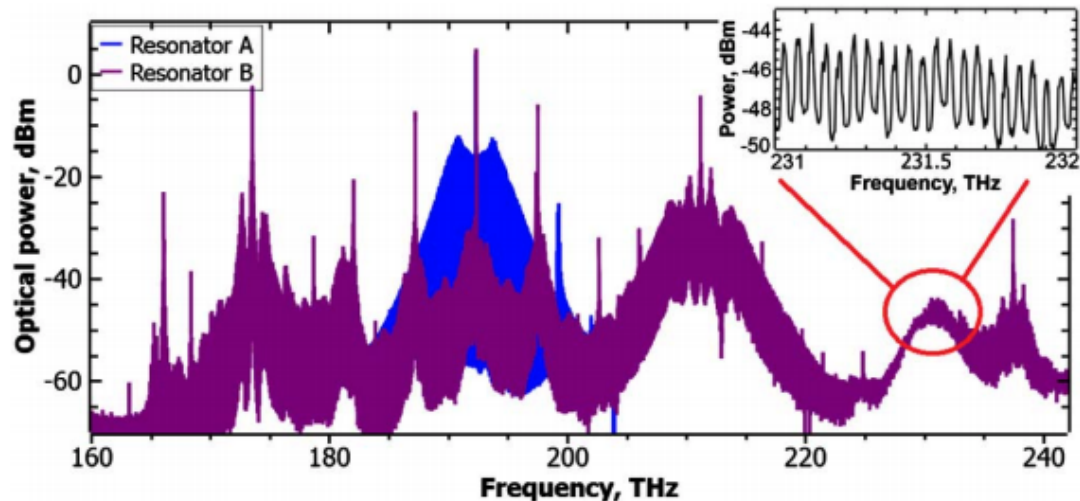
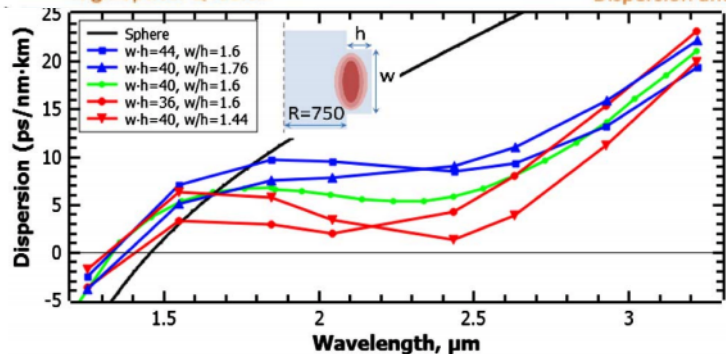
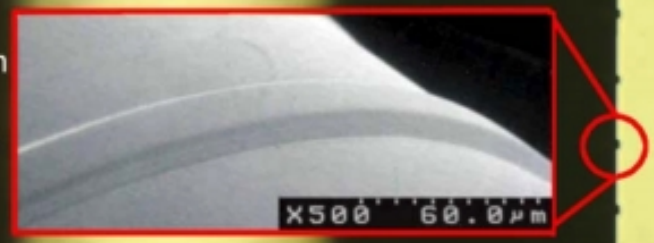
IVAN S. GRUDININ\* AND NAN YU

Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, California 91109, USA

\*Corresponding author: [grudinin@jpl.nasa.gov](mailto:grudinin@jpl.nasa.gov)

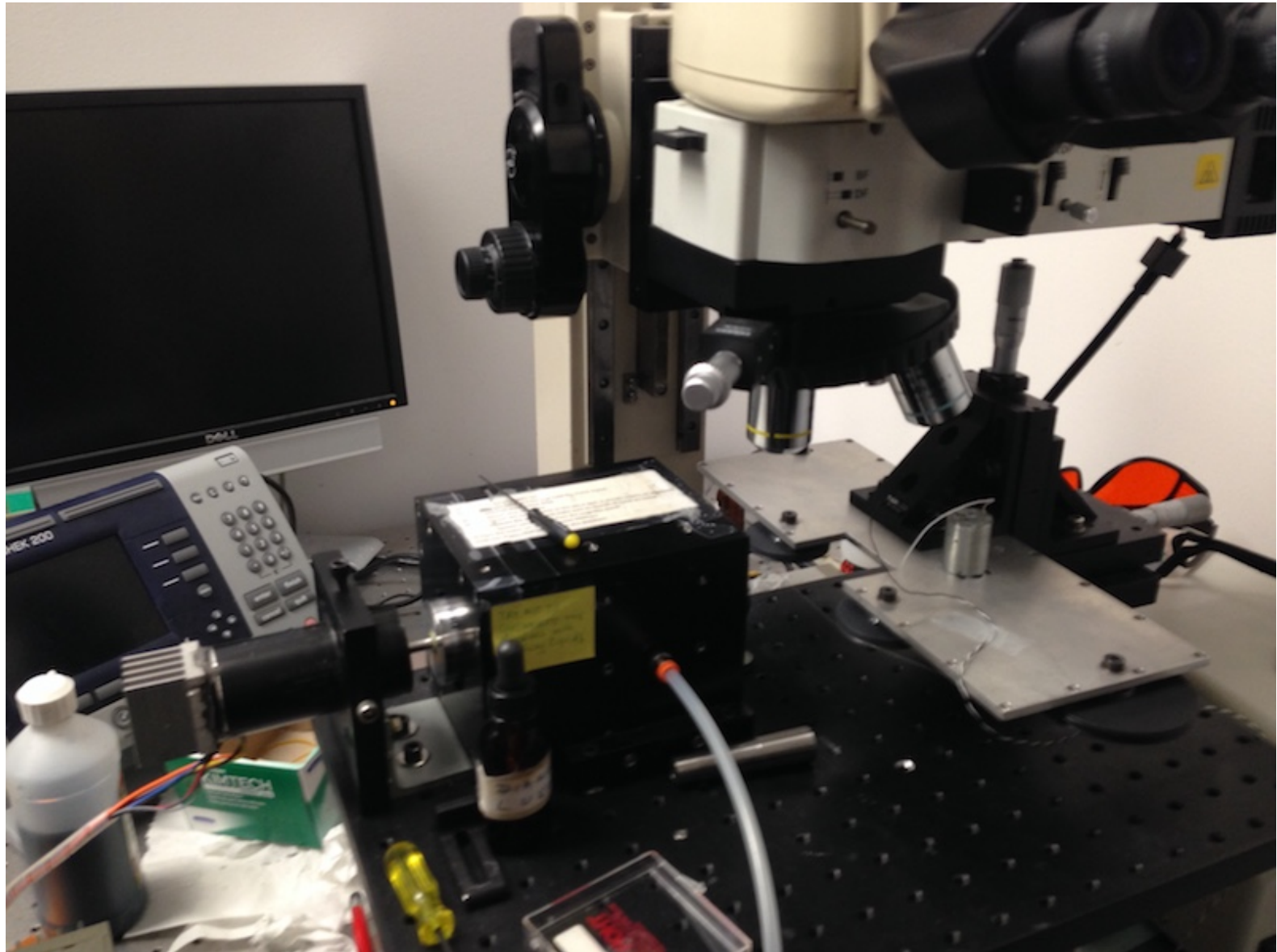


Substrate:  
MgF<sub>2</sub>, R=0.75mm  
Boundary:  
7x5 micrometers



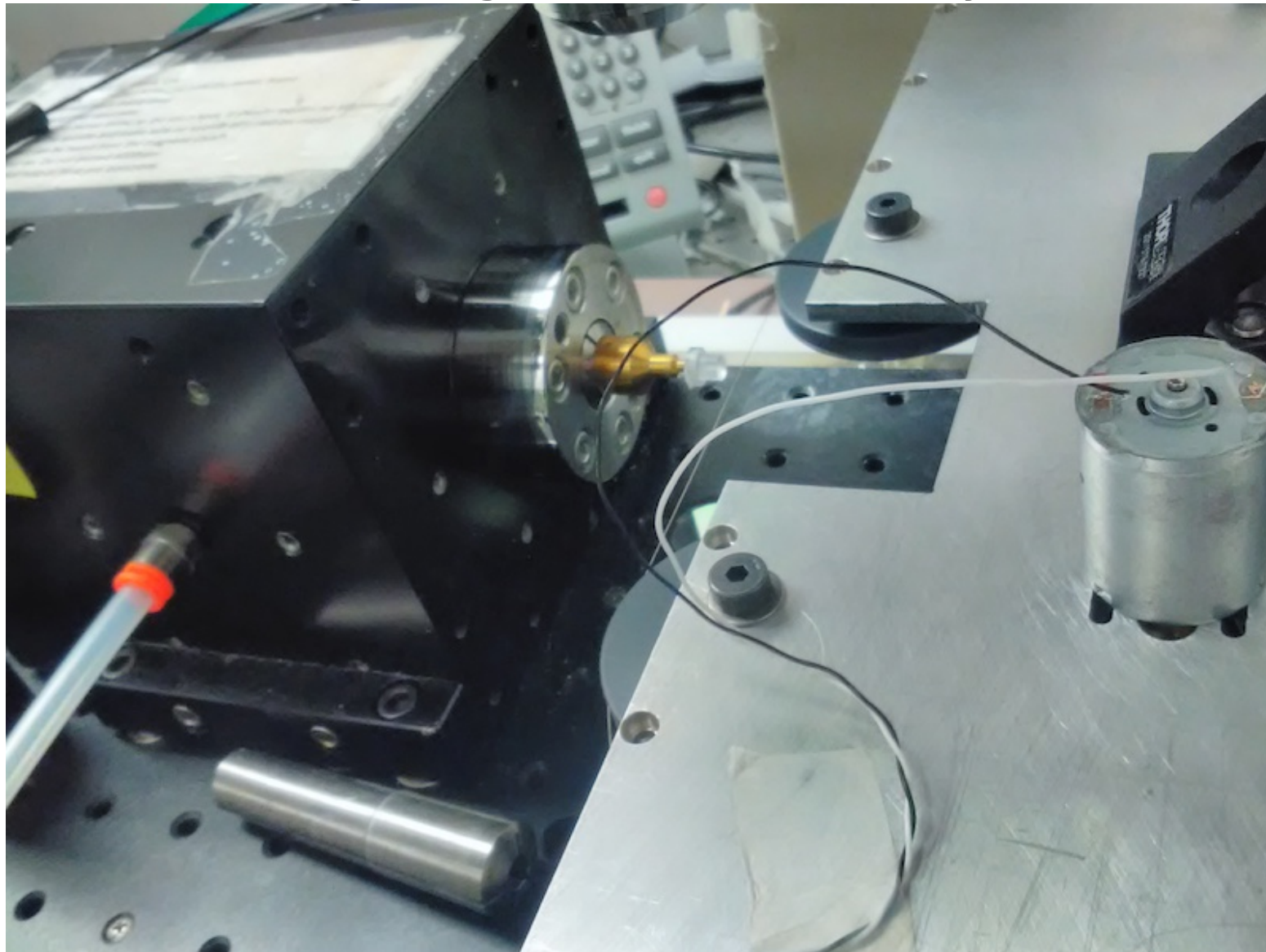
# Kristālisko ČGM rezonatoru pulēšanas stends I.Grudinina lab.

Darbs zem optiskā mērmikroskopa.



# Kristālisko ČGM rezonatoru izgatavošanas stends I.Grudinina lab.

Virpai ar saspiesta gaisa gultni ir mazas vibrācijas tikai ap 50 nm.



## Lior Pachter

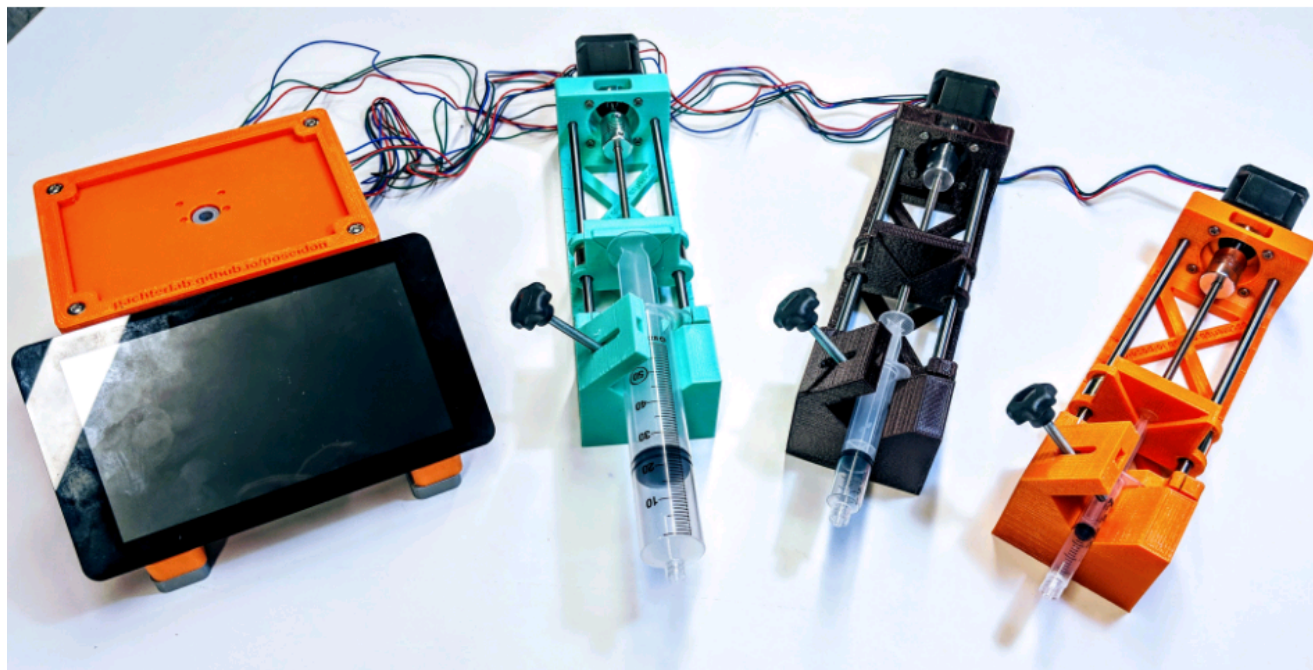
Bren Professor of Computational Biology and Computing and  
Mathematical Sciences

*B.S., California Institute of Technology, 1994; Ph.D., Massachusetts  
Institute of Technology, 1999. Bren Professor, Caltech, 2017-.*

Research Areas: **Biological Engineering; Computational  
Mathematics; Developmental Biology and Genetics; Systems  
Biology**



### Open source syringe pumps and Raspberry Pi microscope



<https://github.com/pachterlab/poseidon>

# Secinājumi pēc ASV komandējuma

- Komandējumā ERAF projekta dalībnieki ieguva unikālu pieredzi par pētniecisko darbību ASV ČGMR jomā, kas noderēs ieviešanai Latvijā ERAF projektā.
- ASV grupas zināja par J. Alņa ČGMR publikācijām Vācijā par mikrorezonatoru stabilizāciju MPQ pie T. Henša un T. Kippenberga un bija atvērtas apspriešanai par eksperimentu un modelēšanas detaļām.
- Laboratoriju apmeklējumu laikā iegūta ļoti nozīmīga informācija par ČGMR izveidi, testēšanas apstākļiem un “zemūdens akmeņiem”, kas palīdzēs laboratorijas iekārtošanai LU ASI.
- Šī brauciena laikā nedrīkstējām patstāvīgi strādāt laboratorijās darba drošības likumu dēļ (tīrtelpas, biohazards, bez darba līguma,).
- ASV grupas specializējas katra uz savu unikālu CGMR rezonatoru izstrādi un pielietojumiem.
- Darbs laboratorijās norit pārsvarā ar standartaprīkojumu: *New Focus Velocity* lāzeriem, vienmodas optiskām šķiedrām un *Thorlabs* optikas turetājiem. Paštaisīti tiek trapecveida optisko šķiedru vilkšanas un rezonatoru kausešanas stends un pulēšanas stends.
- Pētniecisko darbu “uz priekšu bīda” doktoranti un pēcdoktoranti. Bakalauranti nav to patstāvīgi darīt.
- ASV fiziķi iet strādāt IT nozarē lielāku algu dēļ un fizikā pētniecisko darbu strādā daudz ķīniešu un korejiešu.
- LU ir nereāli sacensties ar lielām ASV universitātēm, kuru kampusos ir ap 50 mājas. Ir jāsadarbojas.
- Tika apspriestas iespējas turpmākai sadarbībai un kopīgiem projektiem, bet tad kādam jābrauc uz ASV piedalīties eksperimentos, kā tas notiek piemēram no LU lāzercentra.



# 3D printeti šļirces pumpji ASI un trapecveida šķiedras vilkšanas stacijas projektēšana

