TERAHERCNA SPEKTROSKOPIJA STRONCIJEVOG TITANATA

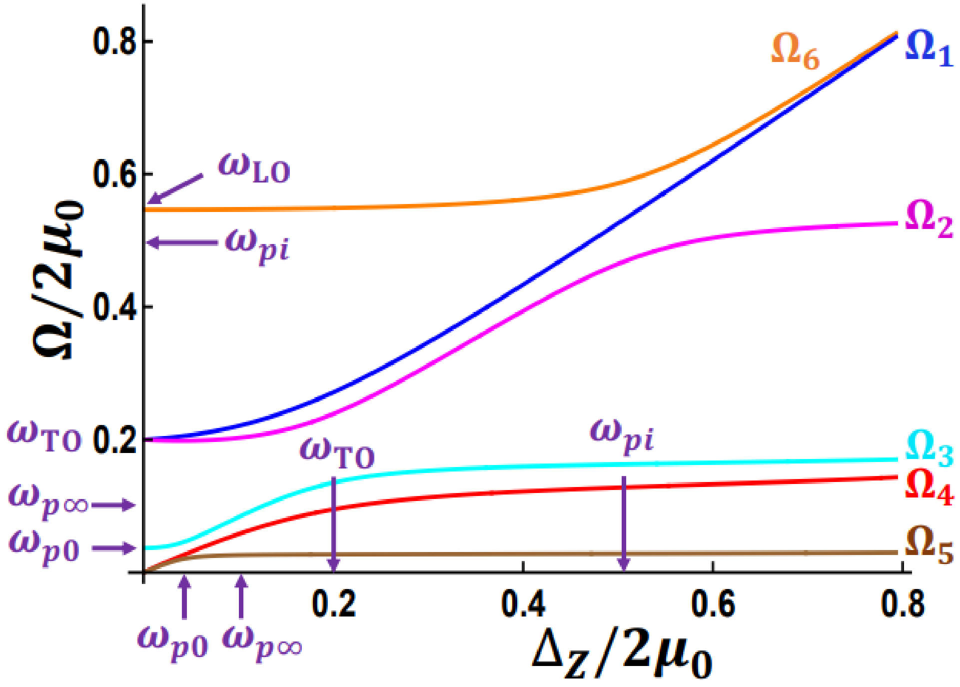
Noah Somun

Mentor: doc. dr. sc. Damjan Pelc

Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Uvod

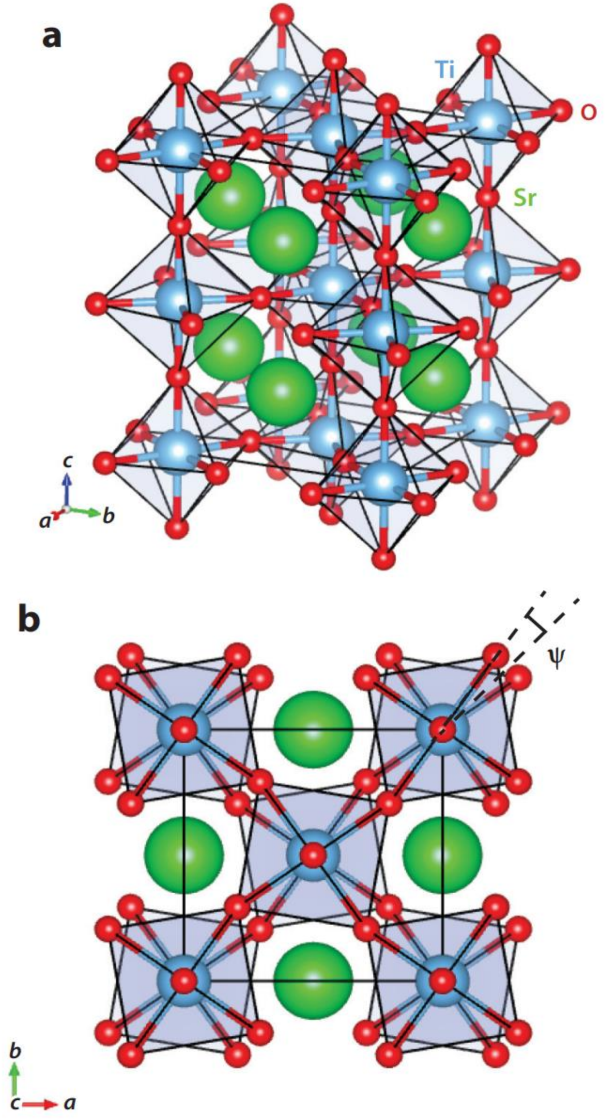
- Stroncijev titanat, $SrTiO_3$, STO
- prvi nekonvencionalni supravodič
- nepoznat mehanizam supravodljivog sparivanja
- prijedlog: elektron-fonon vezanje potpomognuto spin-orbit vezanjem
- rezultira promjenom modova u magnetskom polju, iz koje se može izračunati jačina vezanja



A. Kumar et al., Phys. Rev. B **105**, 125142 (2022)

Karakteristike STO-a

- proziran i bezbojan poluvodič
- sobna temperatura: kubična struktura, a = 3.9053 Å
- antiferodistortivan prijelaz na T_{AFD} = 105 K:
  - ⟹ postaje tetragonalan, c/a = 1.0005
  - ⟹ trostruko degenerirani meki mod { singlet oko c osi; dublet oko a i b osi }



C. Collignon et al., Annu. Rev. of Condens. Matter Phys. **10**, 25 (2019)

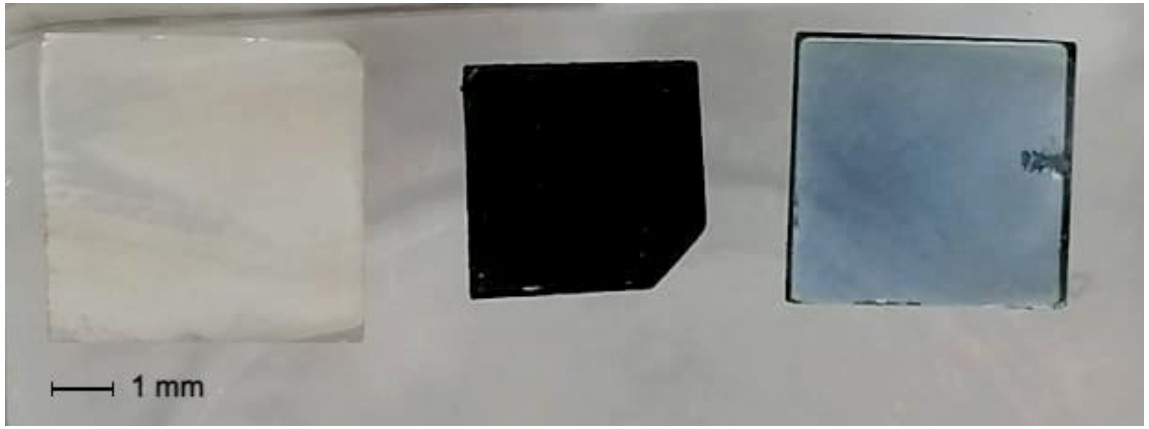
Uzorci

STO-Nb

- 0.2 % dopiran niobijem
- n ~ $3 \cdot 10^{19}$ cm^{-3}

STO-OVD

- dopiran vakancijama kisika
- dobiven grijanjem u vakuumu uz prisustvo titanija, dva sata na 800 °C i sat vremena na 1000 °C
- n ~ $5 \cdot 10^{18}$ - 10^{19} cm^{-3}



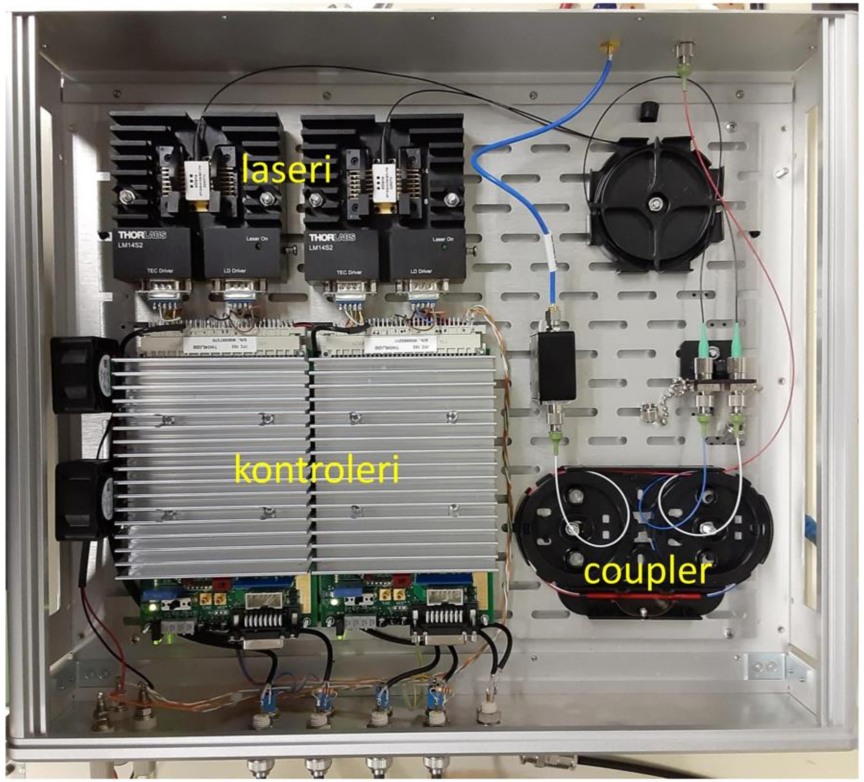
Nedopirani STO za usporedbu te STO-Nb i STO-OVD korišteni u mjerenjima.

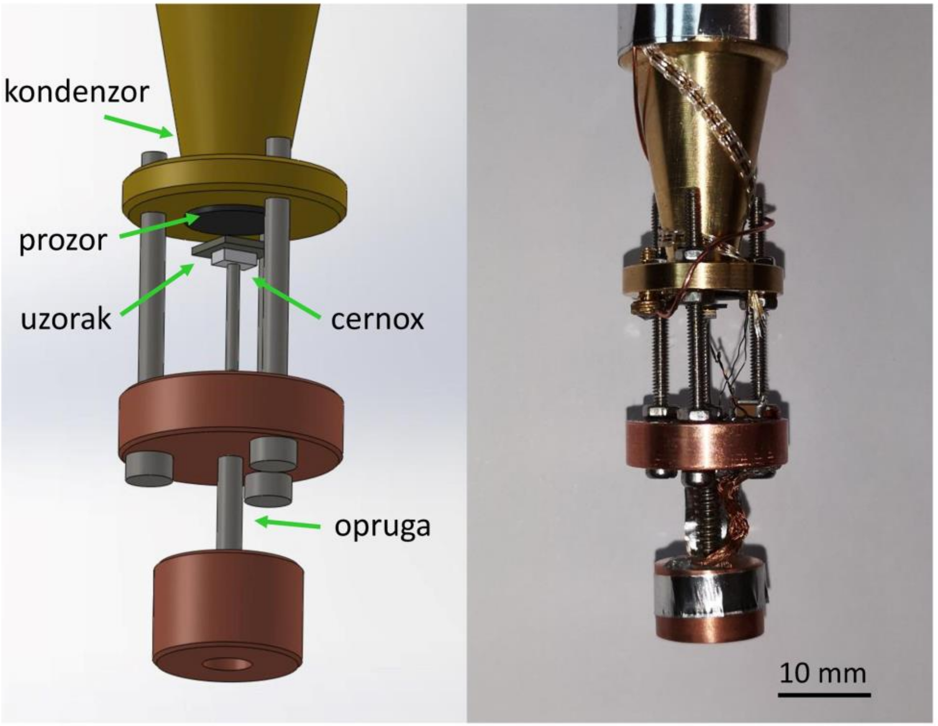
Metode

- kvazioptički spektrometar za daleko infracrveno područje
- kontinuirana mjerenja apsorbirane snage u rasponu frekvencija $\sim$ 50-800 GHz, s vrlo visokom frekventnom rezolucijom i osjetljivošću
- prilagodba teorijske krivulje na normirane podatke

Spektrometar

- izvor zračenja, fotomikser
- izravna termalna detekcija apsorbirane snage





Obrada podataka

- apsorbirana snaga: $P(\nu) = P_0 \frac{1 - R(H)}{1 + (\nu/\nu_0)^2}$
- normirani koeficijent apsorpcije: $\mathcal{A}(\omega) = A \frac{1 - R(H)}{1 - R(0)}$
- dielektrična funkcija:

$$\tilde{\epsilon}(\omega) = \epsilon_\infty + C \sum_i w_i \frac{f \omega_{TO,i}^2}{\omega_{TO,i}^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} + \frac{1}{\omega\epsilon_0} \frac{\sigma_{dc}}{1 - i\omega\tau}$$

$$\omega_{TO,11/21} = \omega_{TO,12/22} \pm \Delta\omega$$

$$w_{11} : w_{12} : w_{21} : w_{22} = 2 : 3 : 1 : 1$$

- indeks loma:

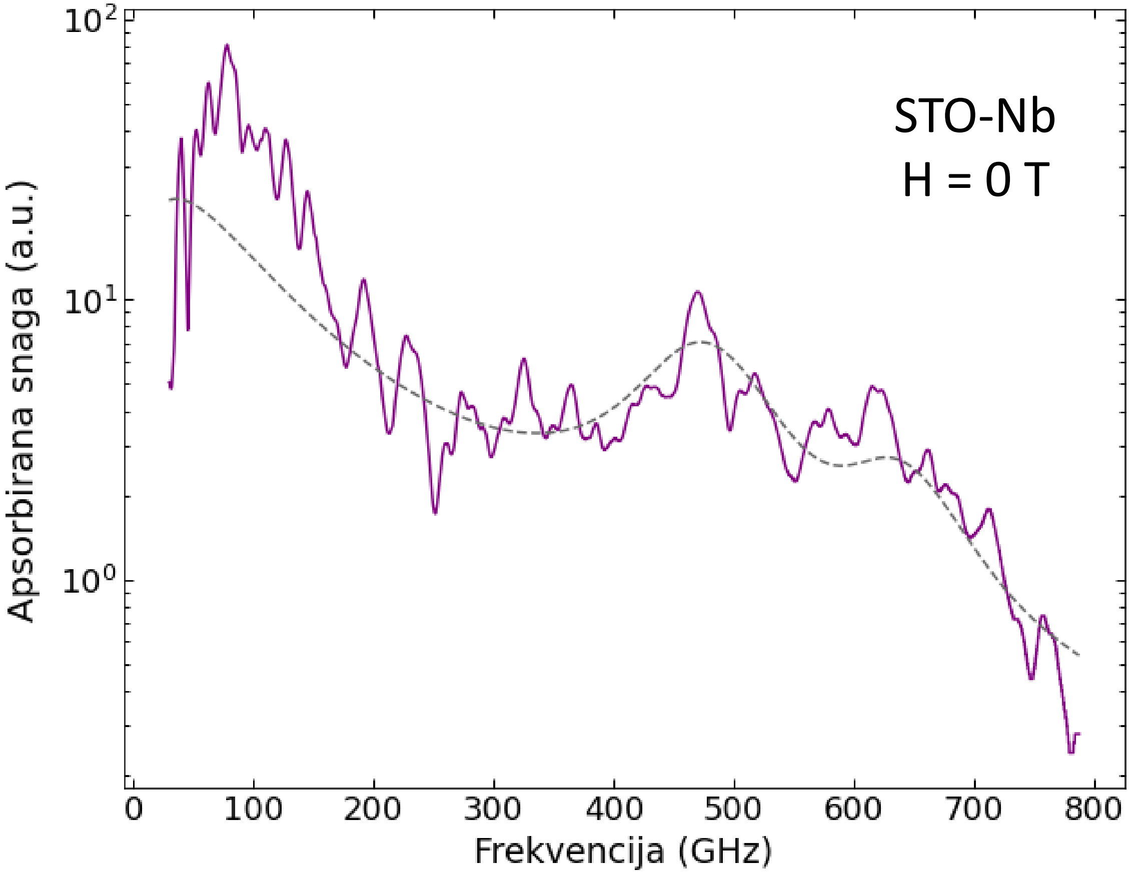
$$\Re(\tilde{n}) \equiv n = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\epsilon' + \sqrt{\epsilon'^2 + \epsilon''^2}}$$

$$\Im(\tilde{n}) \equiv k = \frac{\epsilon''}{2n}$$

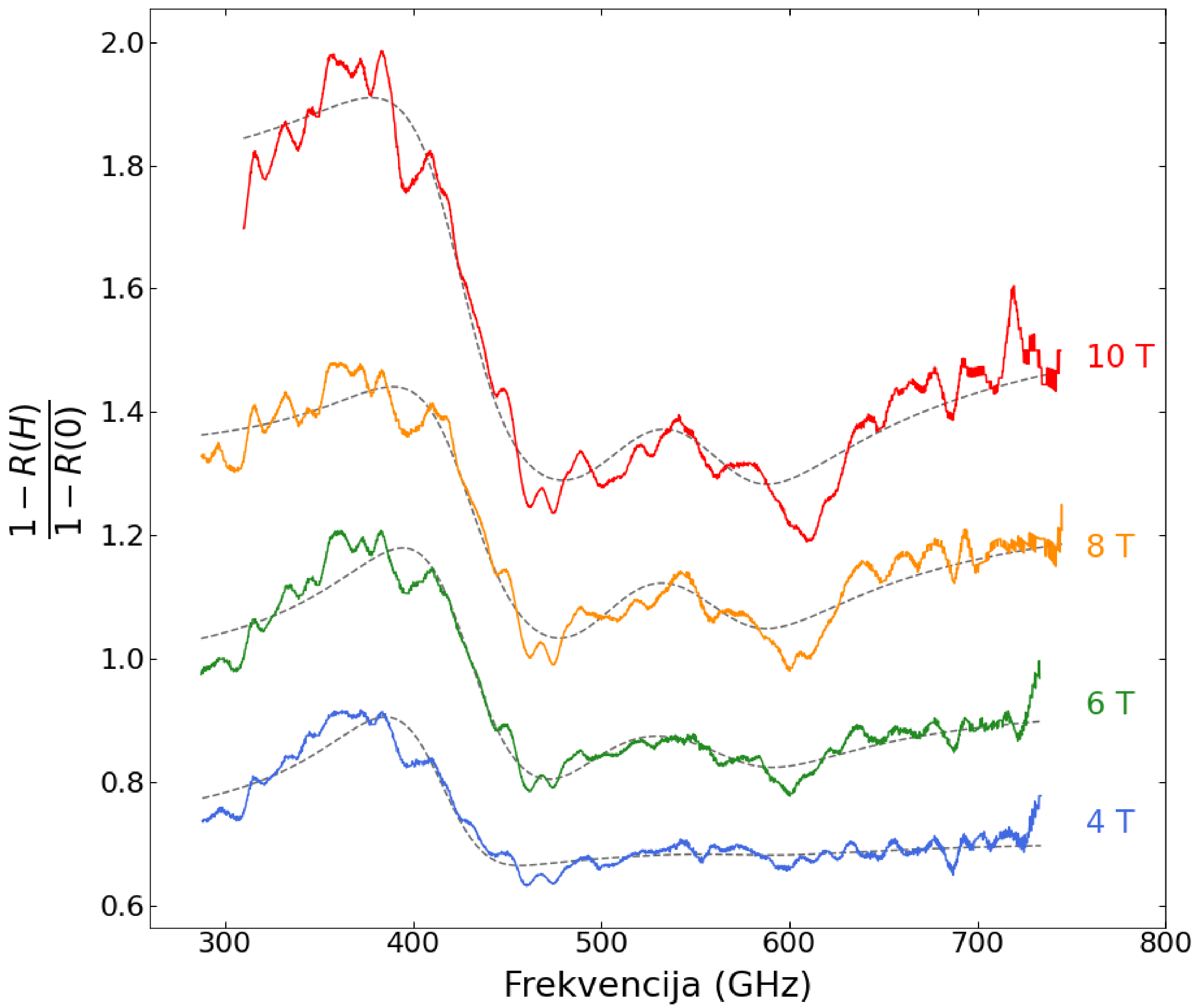
$$\Rightarrow \quad R = \frac{(1 - n)^2 + k^2}{(1 + n)^2 + k^2}$$

REZULTATI

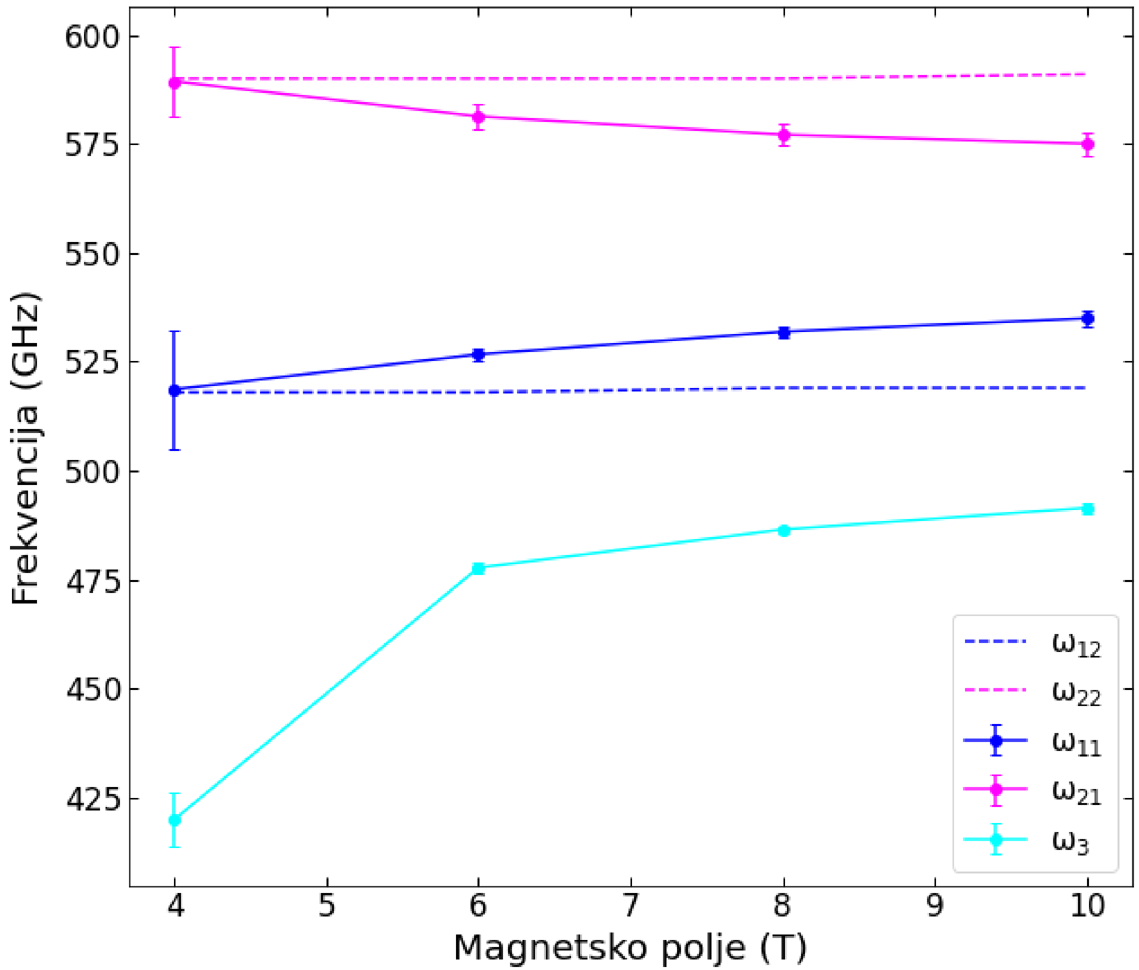
- T = 1.5 K
- STO-Nb: helij-4 kriostat
- STO-OVD: *cryo-free sustav*
- pozadina umanjena normiranjem

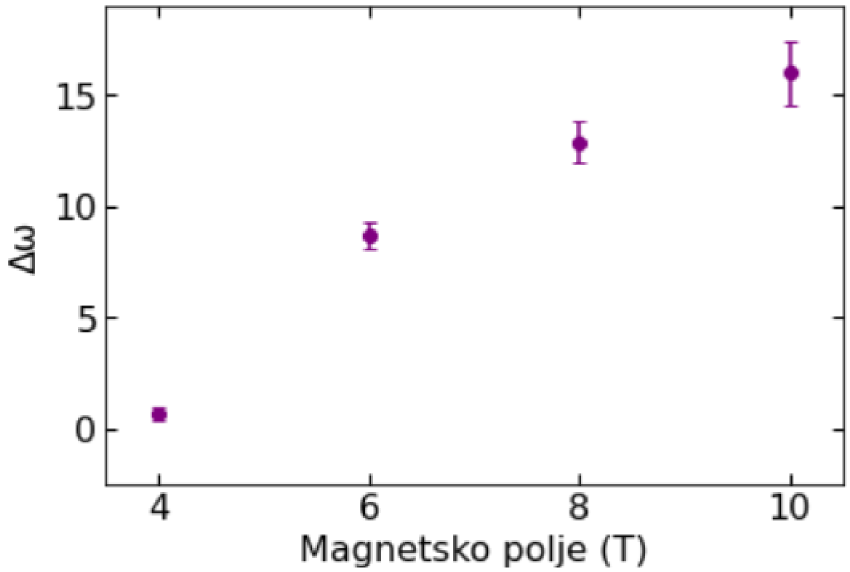


STO-Nb

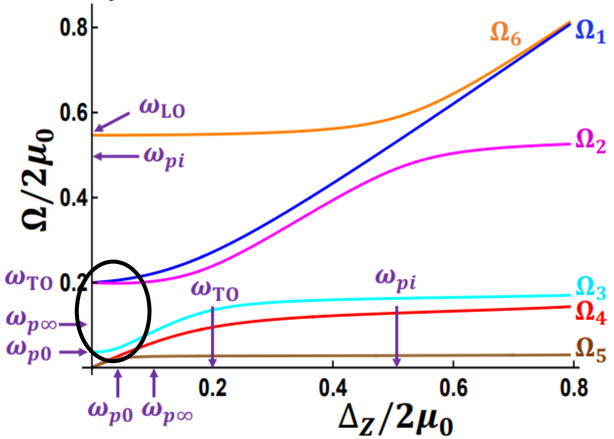

2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
$\frac{1-R(H)}{1-R(0)}$
300
400
500
600
700
800
Frekvencija (GHz)
10 T
8 T
6 T
4 T

STO-Nb

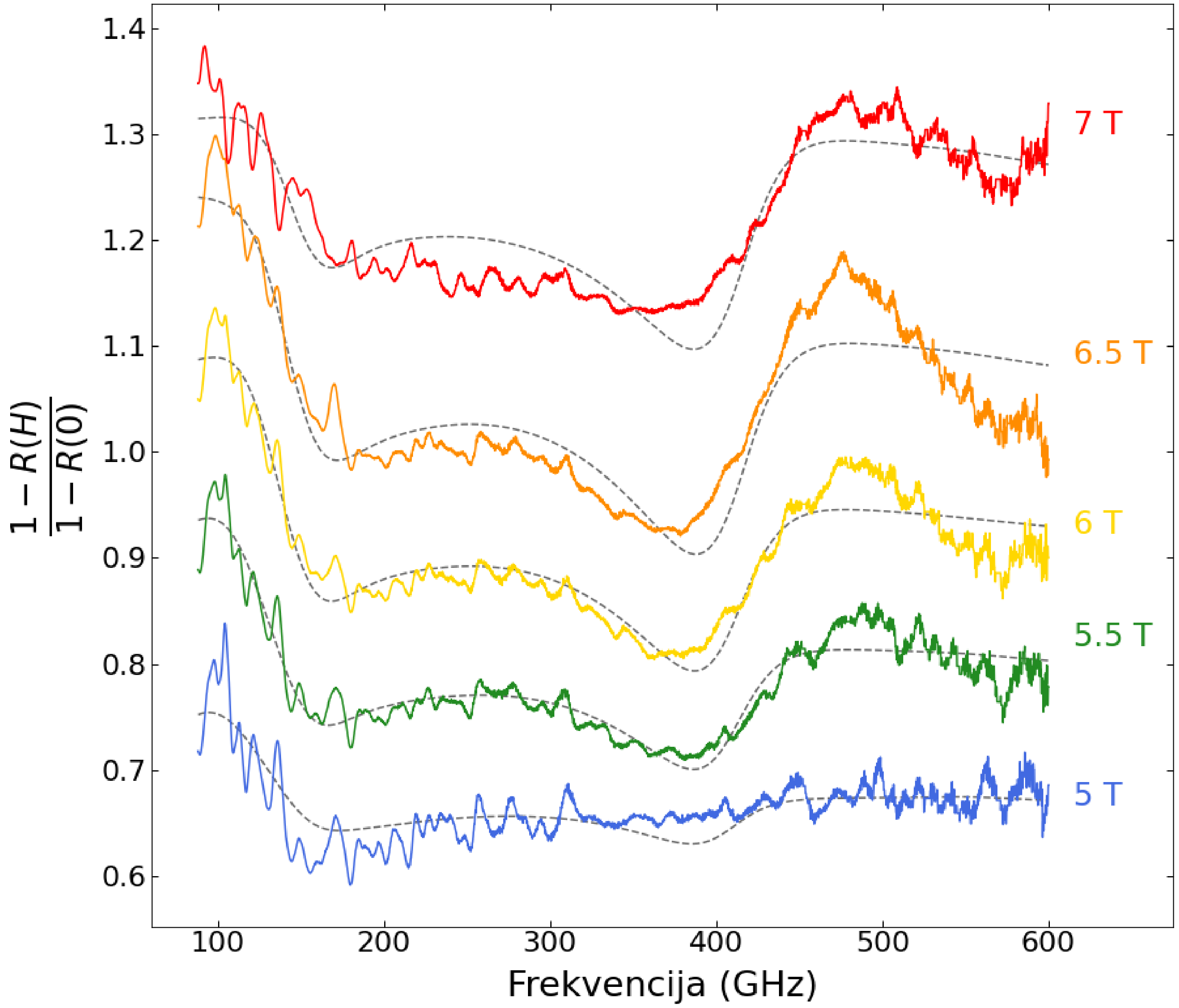


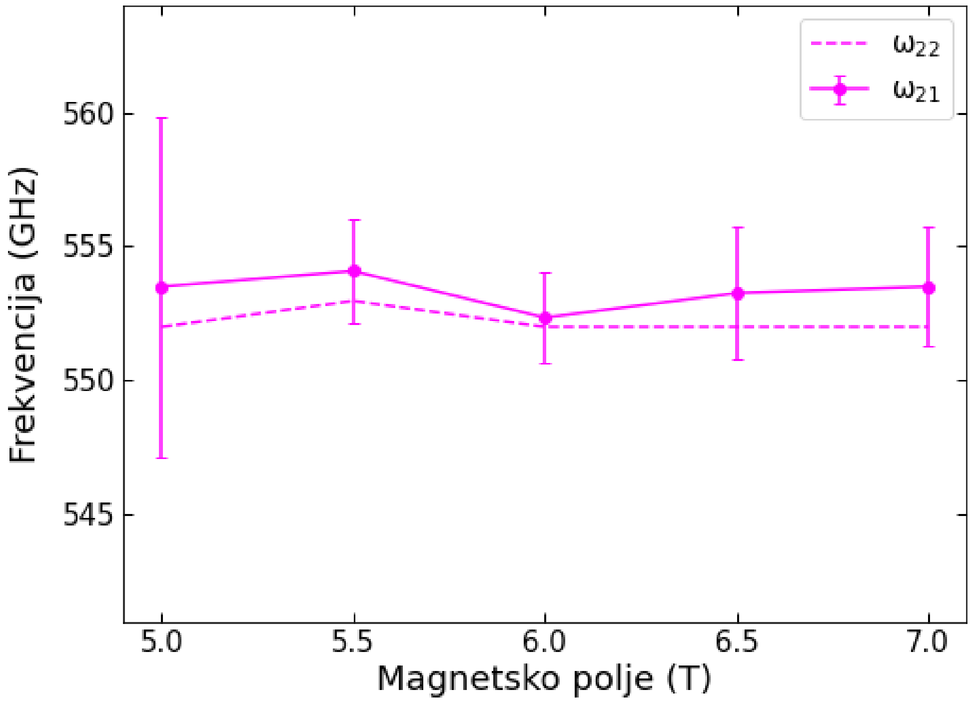


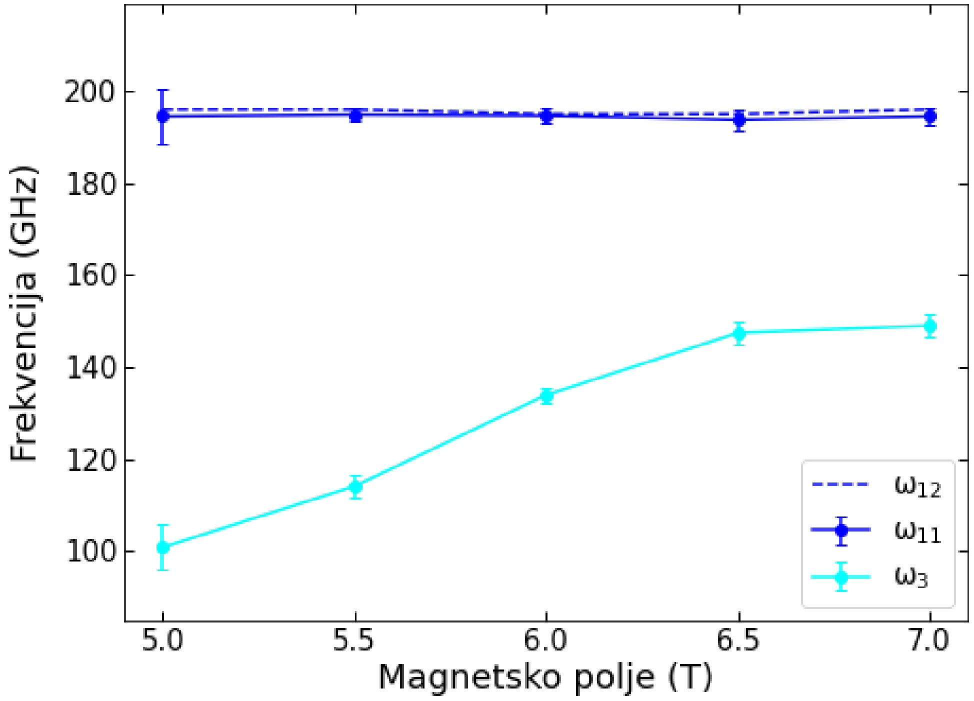
Podsjetnik:



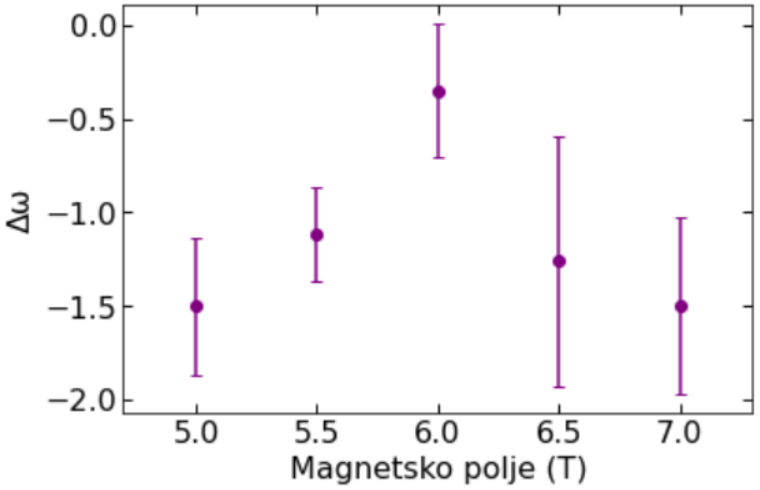
STO-OVD


1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
$\frac{1-R(H)}{1-R(0)}$
100
200
300
400
500
600
Frekvencija (GHz)
7 T
6.5 T
6 T
5.5 T
5 T


ω22
ω21
560
555
550
545
Frekvencija (GHz)
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
Magnetsko polje (T)


200
180
160
140
120
100
Frekvencija (GHz)
ω12
ω11
ω3
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
Magnetsko polje (T)

STO-OVD


0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
Δω
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
Magnetsko polje (T)

ZAKLJUČAK

- **STO-Nb:** oblik i frekvencije modova se očekivano mijenjaju kroz magnetska polja
- **STO-OVD:** promjene nisu toliko vidljive zbog slabijeg magnetskog polja i manjeg dopiranja
- temelj za daljnja kvantitativna istraživanja vektorskog elektron-fonon vezanja pri jačim magnetskim poljima
- doprinos objašnjenju supravodljivosti u stroncijevom titanatu

HVALA NA PAŽNJI!