

# Link elektronų sukinių mikrobangų kvantinės atminties

## Towards spin-based microwave quantum memory

Mantas Šimėnas<sup>1,2</sup>, James O'Sullivan<sup>2</sup>, Oscar W. Kennedy<sup>2</sup>, Joseph Alexander<sup>2</sup>, Christoph W. Zollitsch<sup>2</sup>, Vidmantas Kalendra<sup>1</sup>, Jūras Banys<sup>1</sup>, John J.L. Morton<sup>2</sup>

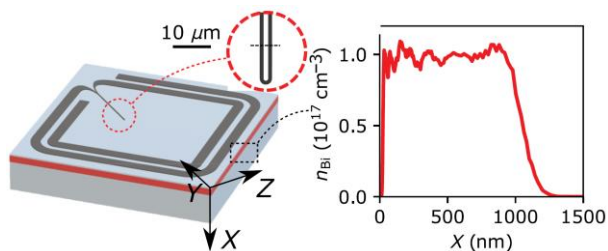
<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, Vilnius, Lietuva

<sup>2</sup>London Centre for Nanotechnology, University College London, JK  
mantas.simenas@ff.vu.lt

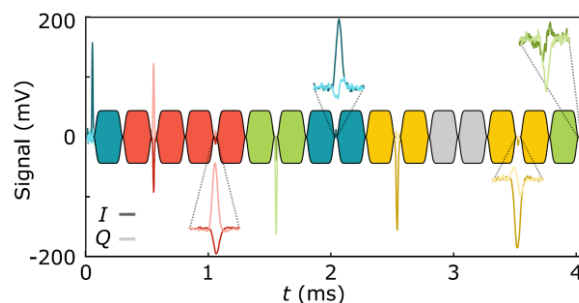
Viena iš perspektyviausių kvantinių technologijų platformų yra elektronų sukinių kietojo kūno medžiagose, kurie gali pasižymėti itin ilgu kvantinio koherentiškumo laiku lyginant su kitomis kvantinių bitų (kubitų) realizacijomis (pvz. superlaidžiais kubitais) [1]. Ilgas kvantinės būsenos koherentiškumo laikas yra būtinas norint atlikti daug kubitų manipuliavimo (skaičiavimo) operacijų bei efektyvią skaičiavimo klaidų korekciją. Elektronų sukinių taip pat yra viena iš esminių hibridinio ateities kvantinio kompiuterio architektūros dalių, kur skaičiavimo operacijos būtų atliekamos superlaidžių kubitų, o kvantinės būsenos būtų saugomos elektronų sukinių kubitų mikrobangų kvantinėje atmintyje [2].

Šiame darbe apžvelgsime mūsų naujausius įvairių sukinių kubitų elektronų sukinių rezonanso (ESR) tyrimus bei jų taikymą kvantinių mikrobangų atminčių vystyme. Viena iš naujausių tokių elektronų kubitų sistemų yra VI-grupės elementai implantuoti itin arti (~20 nm) silicio paviršiaus [3]. Mūsų tyrimai parodė, kad paviršius jonizuoja implantuotus <sup>125</sup>Te izotopus bei taip sukuria ESR aktyvius paramagnetinius Te<sup>+</sup> centrus. Nepaisant paviršiaus įtakos, šie kubitai geba išlaikyti itin ilgą (~1 ms) koherentiškumo laiką. Taip pat pristatysime kitų donorų kubitų implantuotų į Si paviršių bei lokalizuotų kubitų Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> kristaluose ESR tyrimus, naudojant superlaidžius mikrobangų mikrorazonatorius [4,5] (1 pav.), bei jų taikymą operatyviosios kvantinės atminties eksperimentiniame realizavime [2] (2 pav.).

Tokių kubitų taikymas bei tyrimai reikalauja naujo tipo itin jautrių mikrobangų sąsajų bei matavimo instrumentų. Šiame darbe taip pat apžvelgsime mūsų sukurtus superlaidžius mikrorazonatorius, veikiančius mK temperatūroje, bei ESR spektrometrus su kriogeniniais itin žemo triukšmo mikrobangų stiprintuvais [6,7], kurie leido atlikti tokių medžiagų ESR tyrimus.



1 pav. Superlaidus mikrobangų rezonatorius ant Si padėklo su arti paviršiaus implantuotais Bi donorų kubitais. Implantavimo profilis pateiktas kairėje [4].



2 pav. Eksperimentinis operatyviosios kvantinės atminties realizavimas naudojant čirpuotus mikrobangų impulsus bei Si:Bi kubitus, surištus su superlaidžiu mikrobangų mikrorazonatoriumi [2].

*Reikšminiai žodžiai: sukiny, kubit, kvantinė atmintis, elektronų sukinių rezonansas.*

### Literatūra

- [1] A. M. Tyryshkin, et al. Nat. Matter. **11**, 143 (2012).
- [2] J. O'Sullivan, et al. Phys. Rev. X **12**, 041014 (2022).
- [3] M. Šimėnas, et al. Phys. Rev. Lett. **129**, 117701 (2022).
- [4] J. O'Sullivan, et al. Phys. Rev. Appl. **14**, 064050 (2020).
- [5] J. Alexander, et al. Phys. Rev. B **106**, 245416 (2022).
- [6] M. Šimėnas, et al. J. Magn. Reson. **322**, 106876 (2021).
- [7] V. Kalendra, et al. J. Magn. Reson. **346**, 107356 (2023).