

Trendek a kvantumtechnológiában mesterséges atomokkal

Gali Ádám



Európai Unió és világtendenciák Quantum Information National Laboratory HUNGARY

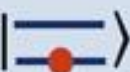


- quantum computing
- quantum simulation
- quantum communication
- quantum metrology and sensing

Szilárdtestekben mesterséges atomok:

- kvantumszámítás
- kvantumszimuláció
- kvantumkommunikáció
- kvantummetrológia és kvantumszenzorok

Mesterséges atomok: megvalósítási lehetőségek

Material System	$ 0\rangle$	$ 1\rangle$
Ion traps		
Defects in solids		
Semiconductor quantum dot		
Superconducting		
Topological nanowire		

- ion és atomcsapdák: atom-foton interfész
- ponthibák szilárdtestekben: spin-foton interfész
- félvezető kvantumpöttyök
- szupravezetők
- topologikus állapotú nanohuzalok

James N. Eckstein and Jeremy Levy, MRS Bulletin 38, 783, (October 2013)

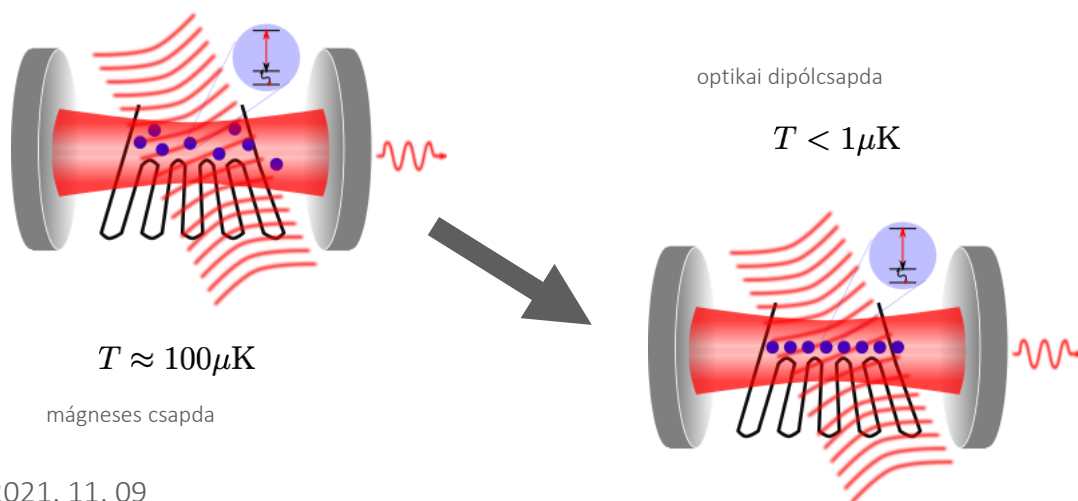
Atom-foton interfész

- Atom – ideális kvantumobjektum: sokféle rezonancia + az atomok azonosak
- Foton – ideális kvantumbit hordozó: gyengén hat kölcsön a környezettel
- atom-foton kölcsönhatás kvantumos szinten: nehéz feladat, rezonátor kell hozzá

Cél: mikrohullámú és optikai fotonokban hordozott kvantuminformáció koherens átadása

Kiindulópont: lézerrel hűtött Rb atomok optikai rezonátorban, UHV vákuum, frekvenciastabilizált lézerrendszer, mágneses mezők

Feladat: az atomok rendezése optikai rácsba



Kvantumoptika Laboratórium @ Wigner

Spin-foton interfész

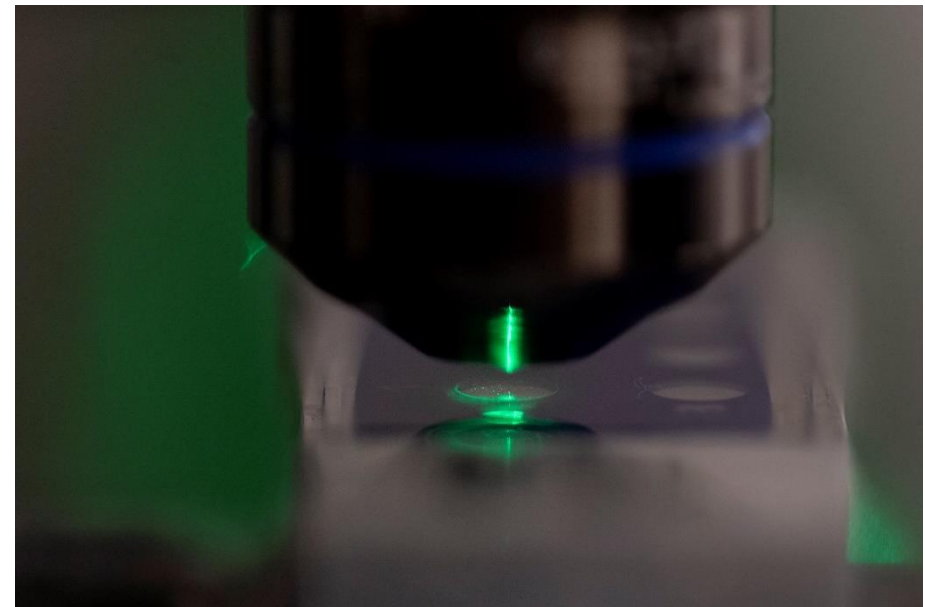
- Spin szilárdtestben – kvantumobjektum: sokfajta rezonancia, közepes kölcsönhatás a környezettel
- Foton – ideális kvantumbit hordozó: gyengén hat kölcsön a környezettel
- spin-foton kölcsönhatás kvantumos szinten: azonos spinek előállítása, az optikai jel erősítése

Cél: mikrohullámú és optikai fotonokban hordozott kvantuminformáció koherens átadása

Spin centrumok előállítása

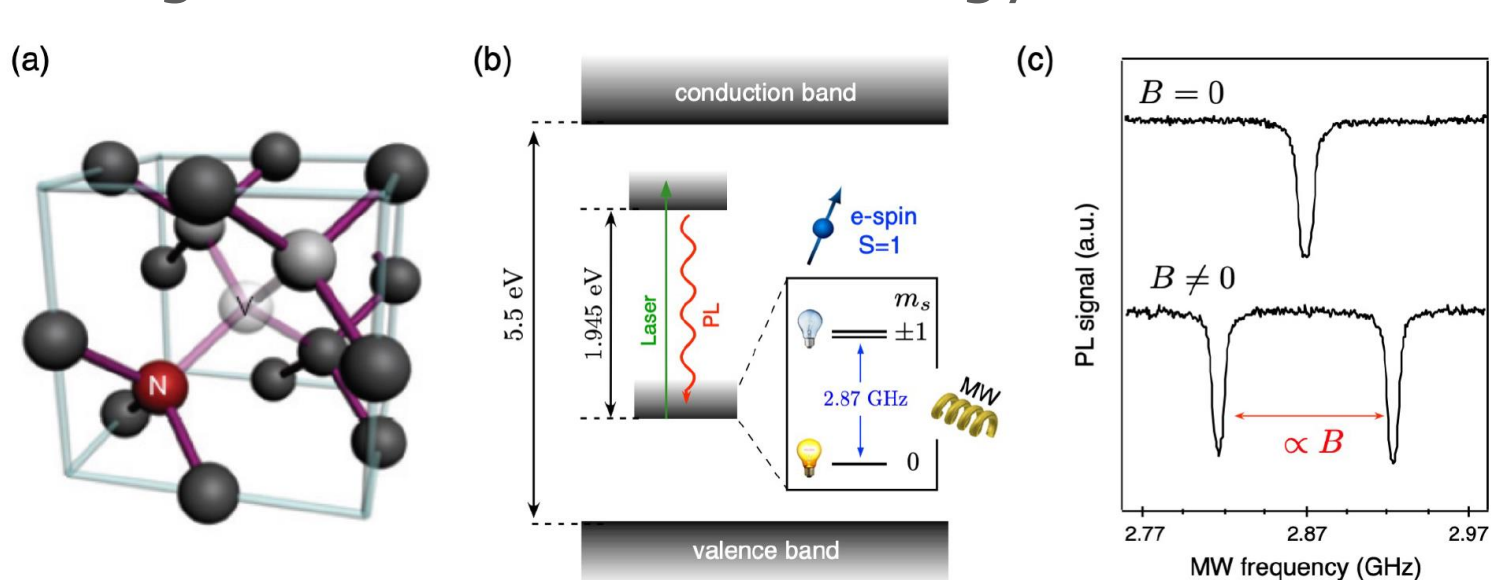


Spin centrumok koherens manipulációja fénnel



Kvantumbitek szilárdtestekben

Nitrogén-vakancia centrum a gyémántban



ASTERIOS

KV: THALES

Wigner FK (Gali Ádám)

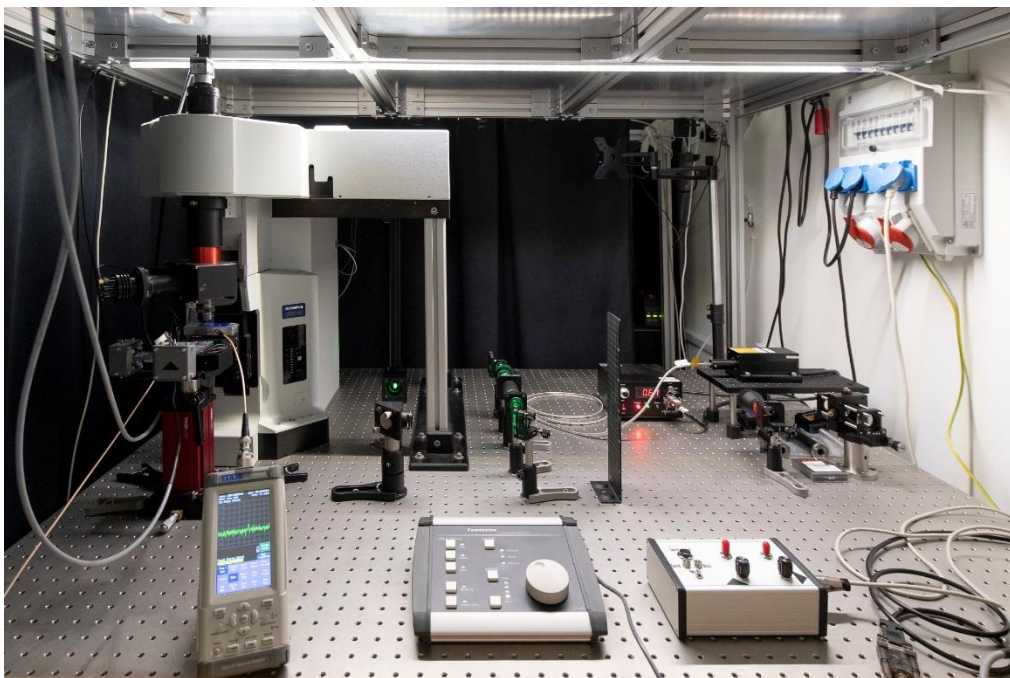
Bosch GmbH, és mások

Optikailag detektált mágneses rezonancia (ODMR)

Nanoskálájú térfelbontással működő kvantumszenzor

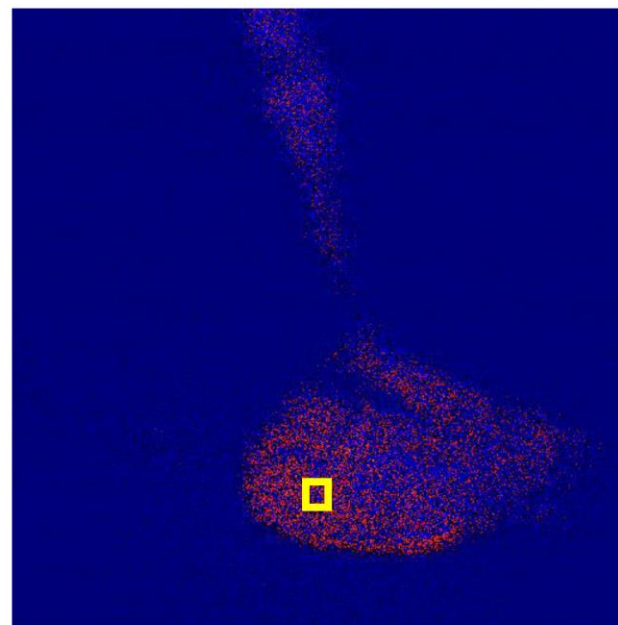
Kvantumbitek szilárdtestekben

Nitrogén-vakancia centrum a gyémántban

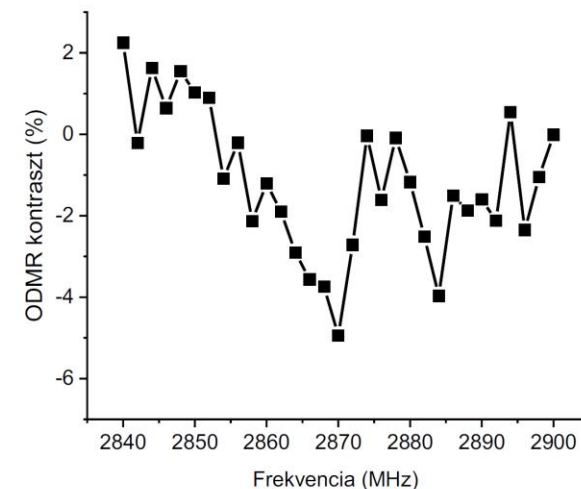


ODMR laboratórium @ Wigner FK

szobahőmérsékleten működő ODMR
mikroszkóp



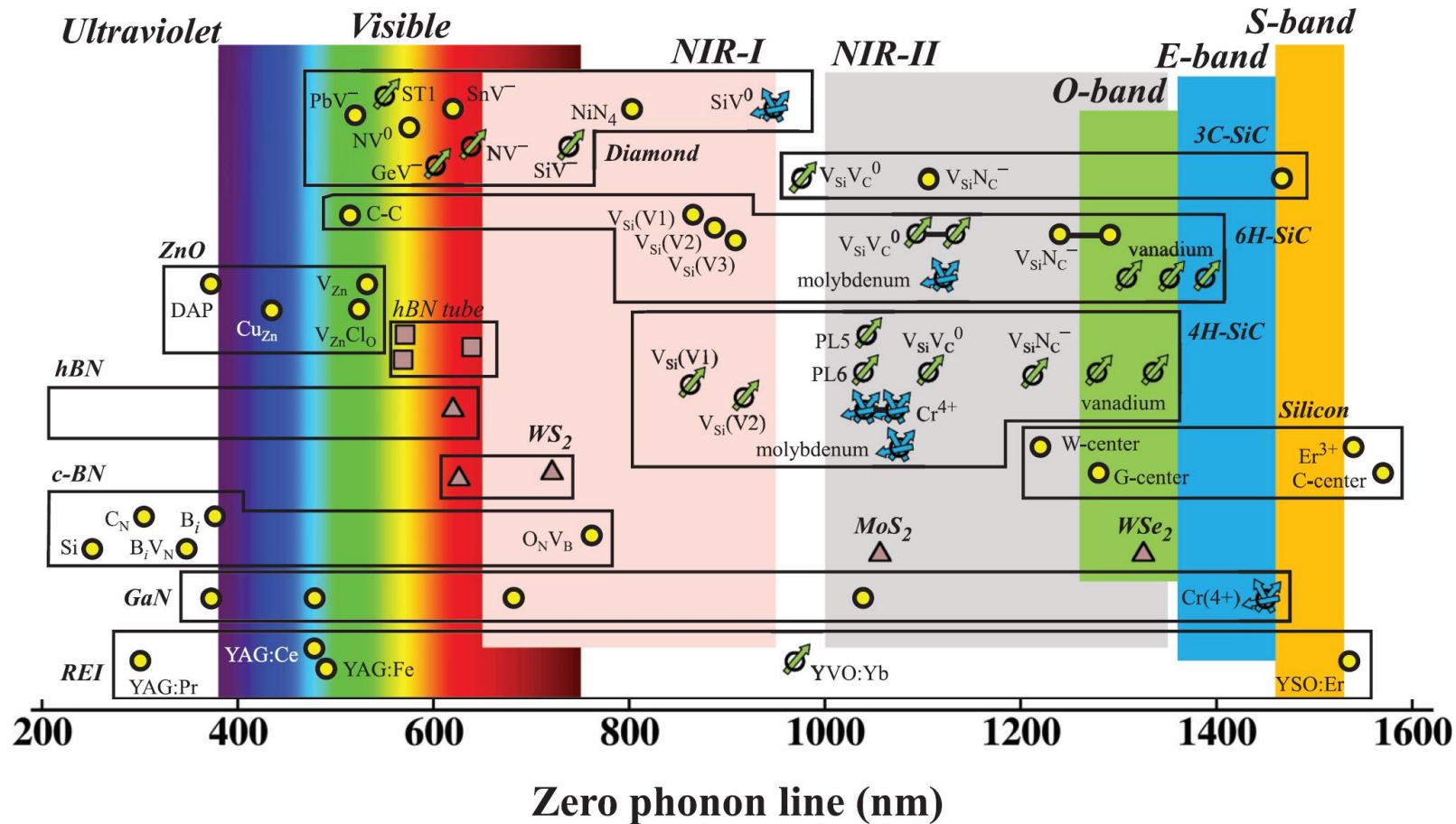
a)



b)

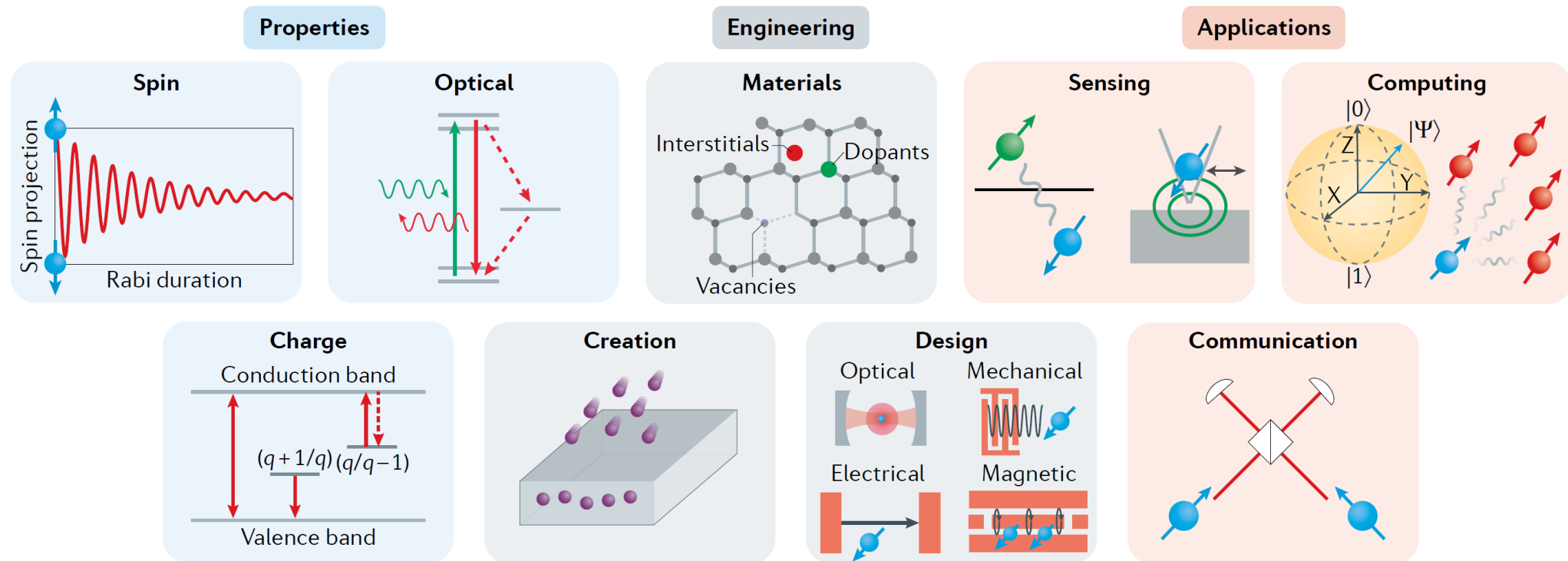
agysejt NV nanogyémánt markerekkel
Femtonics Kft-vel együttműködésben

Kvantumbitek szilárdtestekben



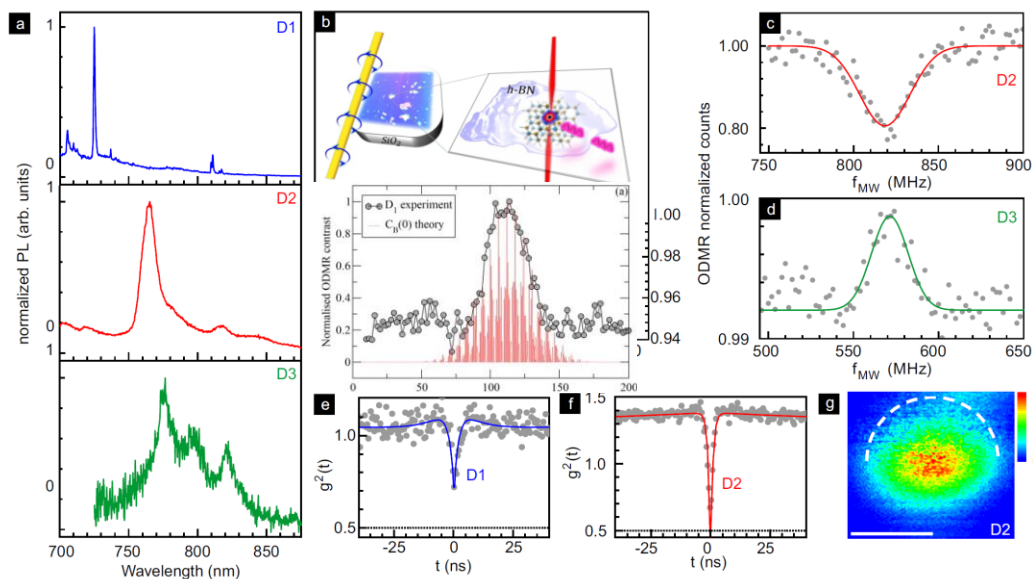
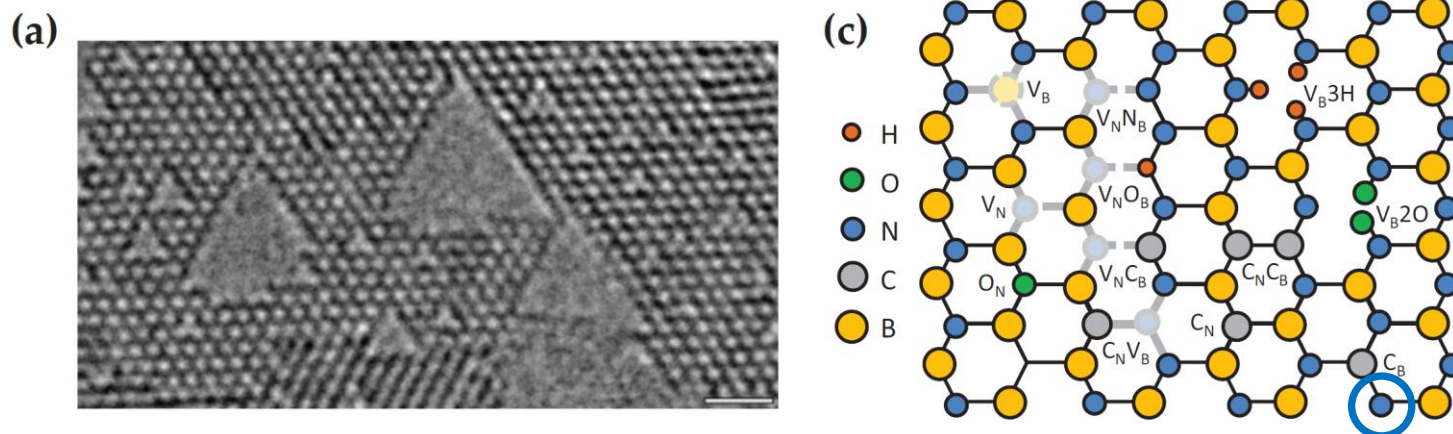
A. Gali et al., Applied Physics Reviews, 7, 031308 (2020)

Kvantumbitek szilárdtestekben



D.D. Awschalom, G. Galli and [A. Gali et al.](#), Nature Reviews Materials (2021)
10.1038/s41578-021-00306-y, [Qubit guidelines for solid-state spin defects](#)

Kvantumbitek szilárdtestekben



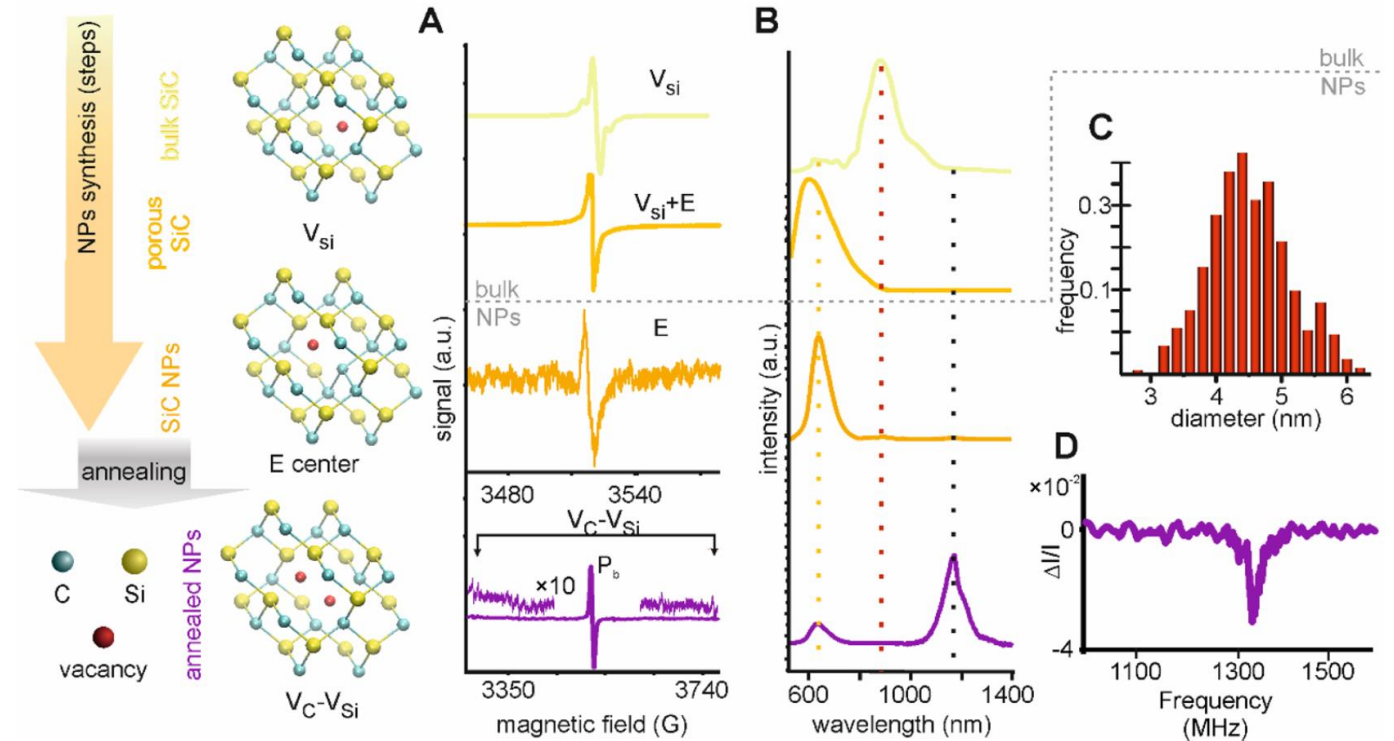
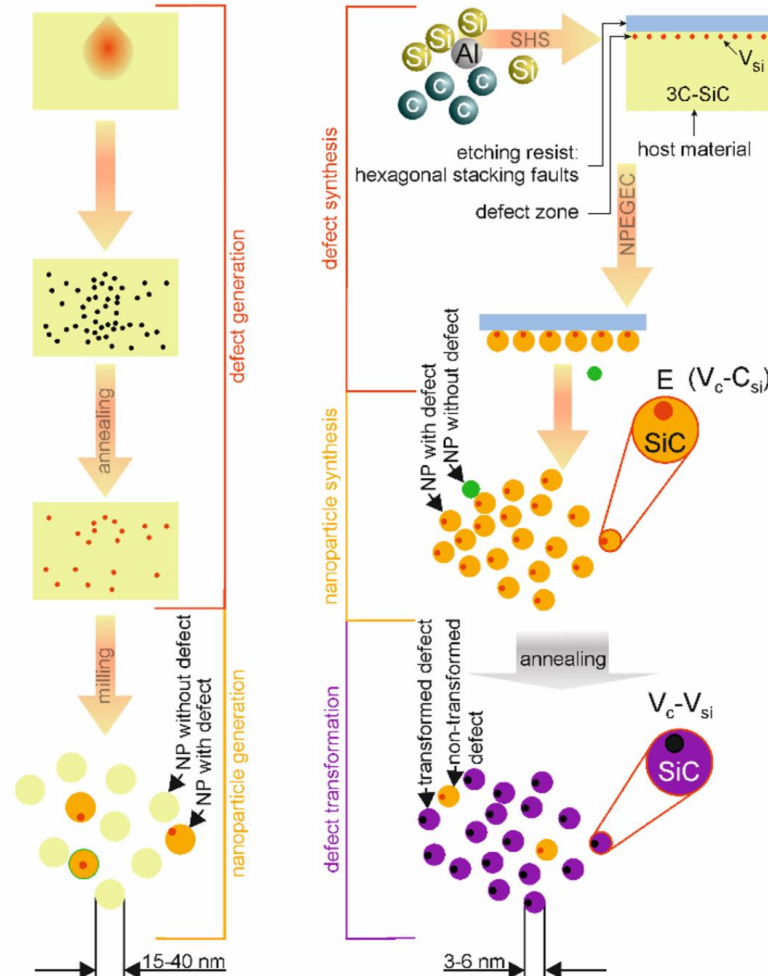
ODMR centrumok kétdimenziós anyagokban (hexagonális bór-nitrid)

J. Wrachtrup and [A. Gali et al.](#), Nature Materials 10.1038/s41563-021-00979-4 (2021),
Single-spin resonance in a van der Waals embedded paramagnetic defect

Spin centrumok nanokristályokban – bioinert szilícium-karbid

implantation / irradiation

chemical lithography



A. Gali et al., Journal of Physical Chemistry Letters (2020),
Room-Temperature Defect Qubits in Ultrasmall Nanocrystals
+ beadott szabadalom

Kvantumbitek szilárdtestekben

Nitrogén-vakancia centrum a gyémántban

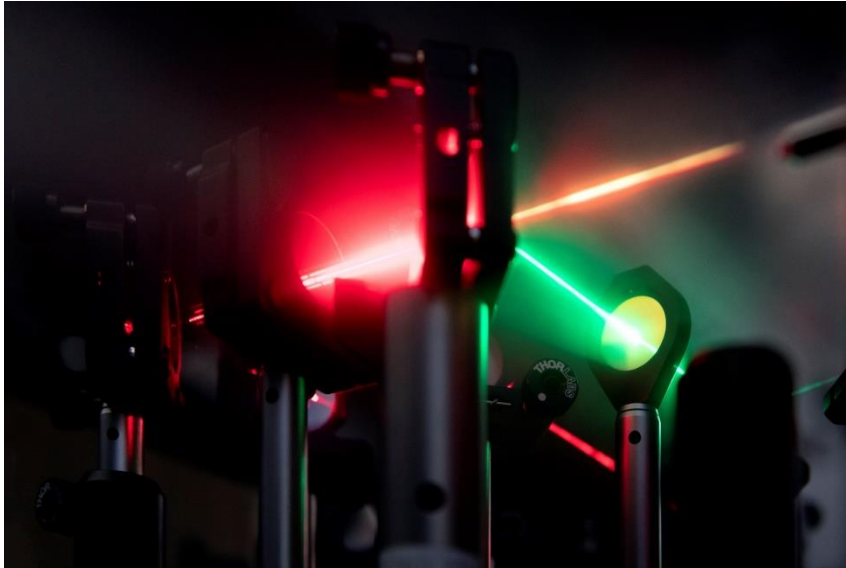


Hensen, Hanson et al., Nature **526**, 682-686 (2015)

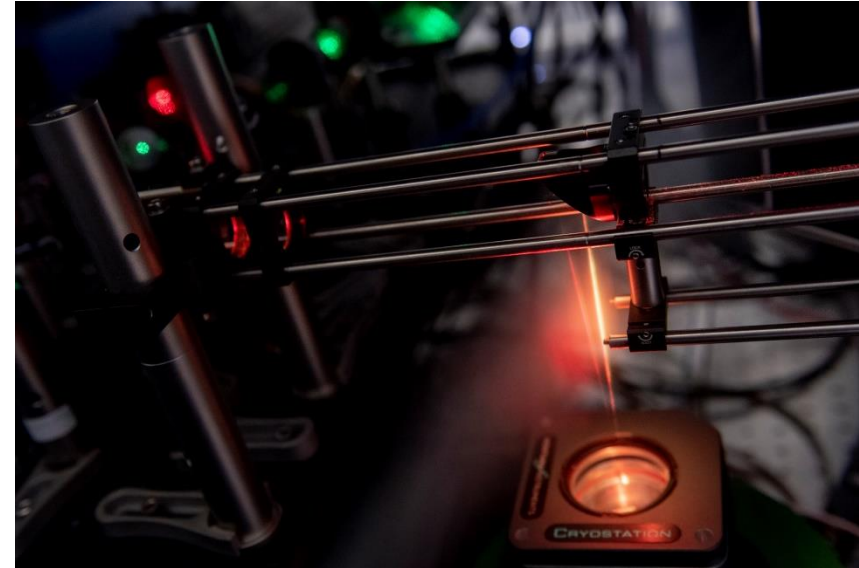
Bell-teszt távoli pontok között: kvantumkommunikáció

Kvantumos jelerősítés összefonott kvantumbit párok segítségével

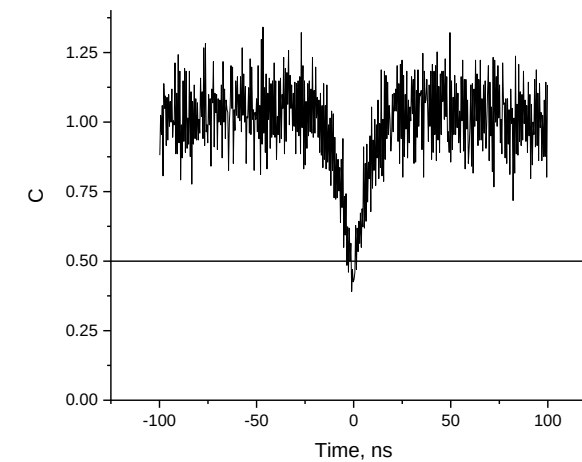
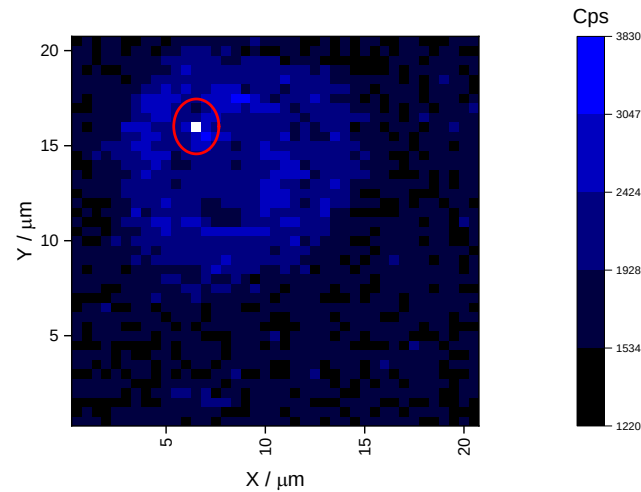
Spin centrumok – kvantumkommunikáció



ODMR laboratórium @ Wigner FK



ODMR laboratórium @ Wigner FK



Spin centrumok – kvantumkommunikáció



KV: Uni Wien

PI: Gali Ádám

QTLabs, és mások

Cél:

- kvantum „jelerősítők” (quantum repeater) előállítása a kvantumkommunikációs csatorna sebességének növelése érdekében
- az elosztott kvantumszámítás és kvantumos érzékelők összekötése – távoli összefonódás megvalósítása

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium keretében.

This research was supported by the Ministry of Innovation and Technology and the National Research, Development and Innovation Office within the Quantum Information National Laboratory of Hungary.