

Czene Szabolcs

Gyémánt nanorészecskék felületmódosítása és tulajdonságaik vizsgálata



HUN
REN



Témavezető:

Dr. Gali Ádám tudományos tanácsadó

Konzulens

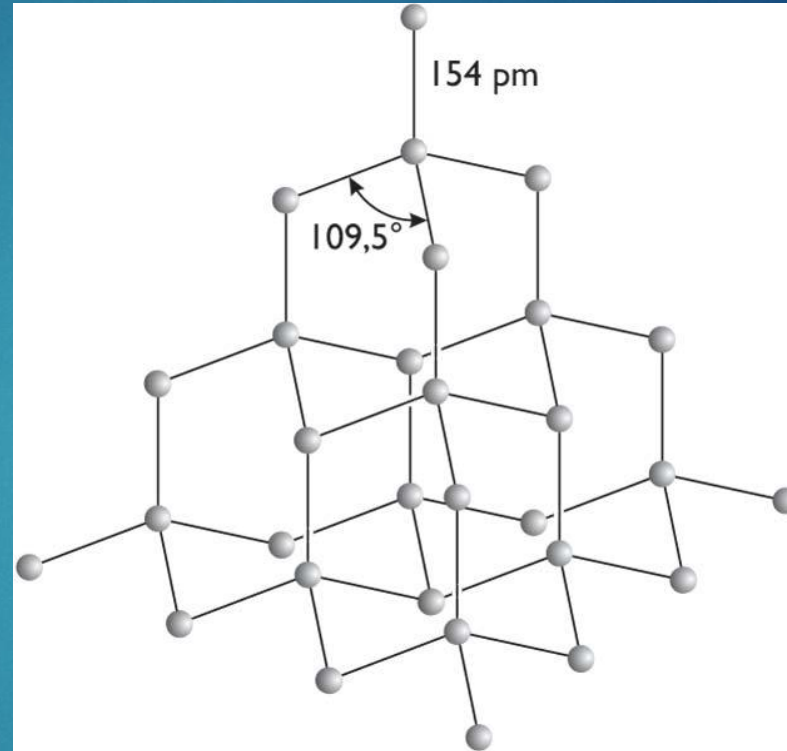
Dr. Beke Dávid tudományos munkatárs
Wigner Fizikai Kutatóközpont

- Gyémánt jellemzése
- Nanorészecskék (NPs) előállítása
- A nanorészecskék bemutatása
- Motiváció és célkitűzés
- A felületmódosítás végrehajtása
- Szerkezet és optikai vizsgálat
- Összefoglaló és jövőbeli tervek

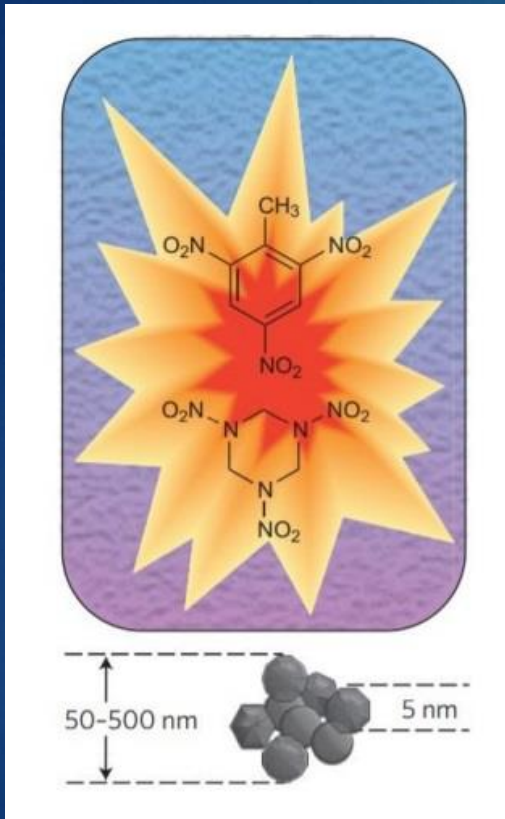
Gyémánt jellemzése

3

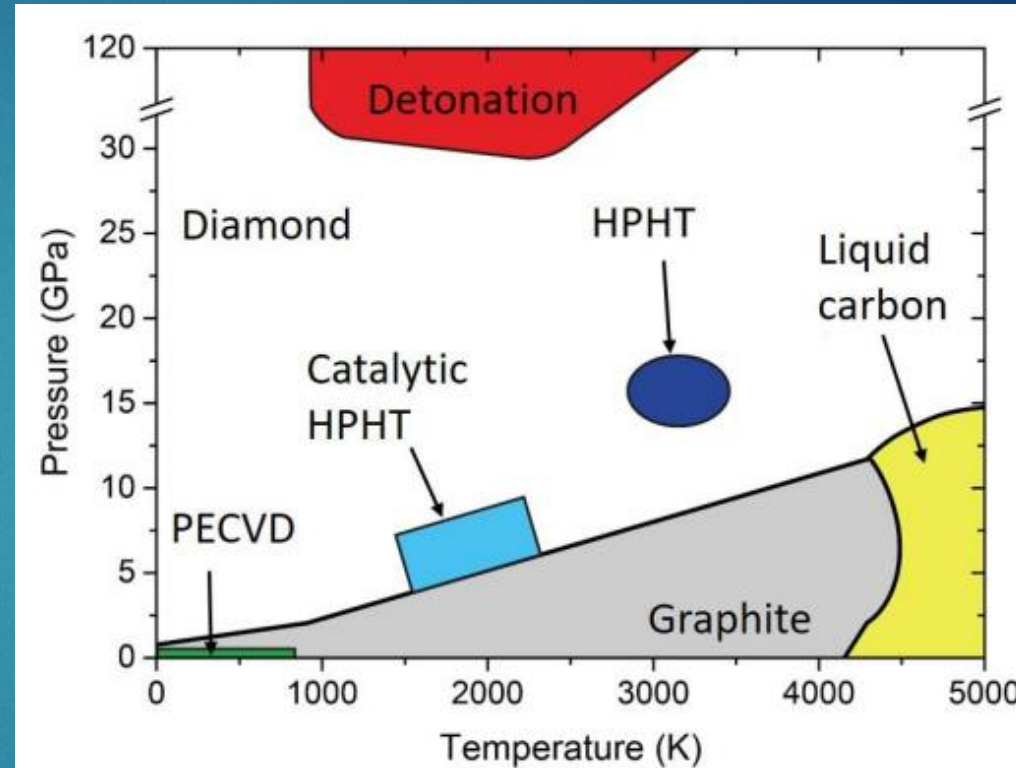
- rendkívüli keménység
- széles tiltottsáv
- jó hővezetés
- kémiaailag inert, biokompatibilis



- ▶ Szerves vegyületek vagy azok keverékét robbantják föl egy bombacsőben.

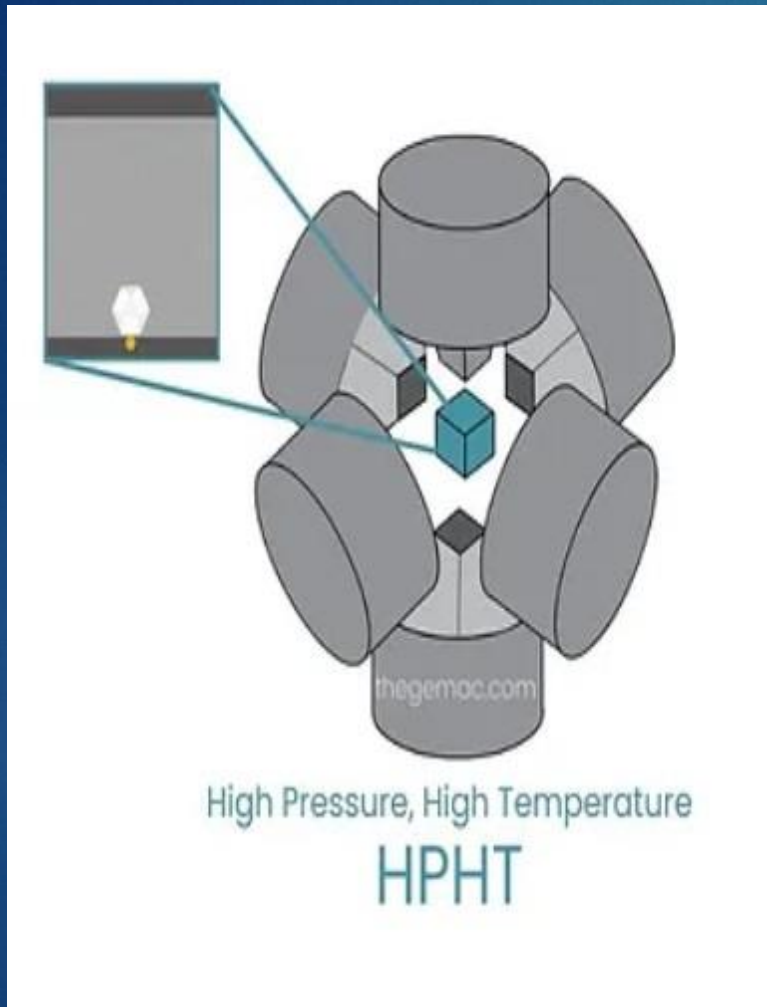


- Száraz eljárás feltöltés gázzal pl. N₂, CO₂
- Nedves eljárás víz hozzáadásával



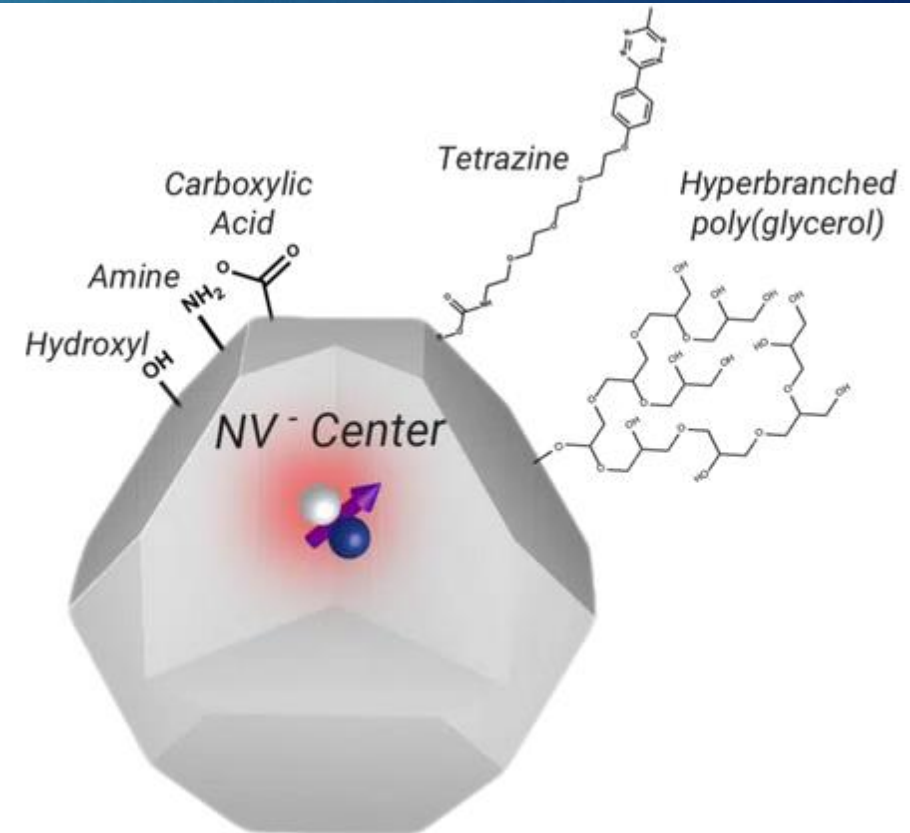
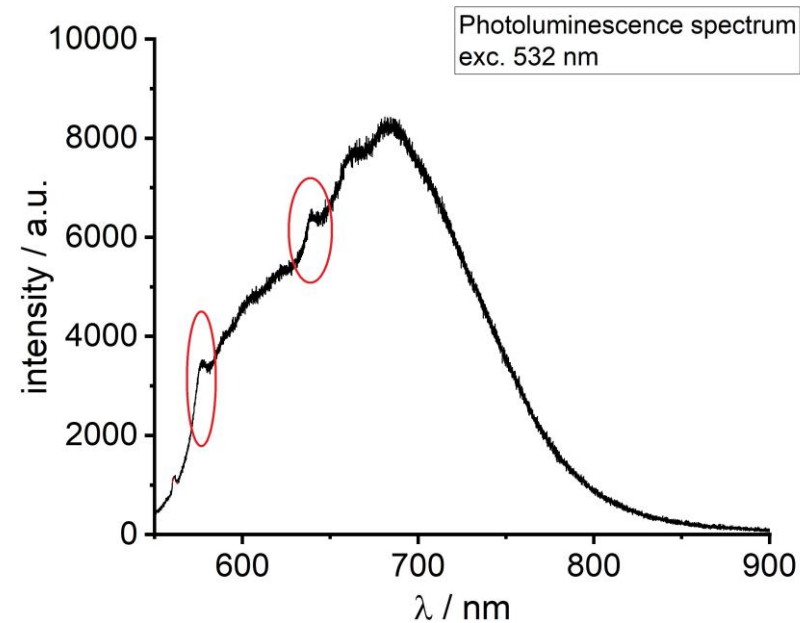
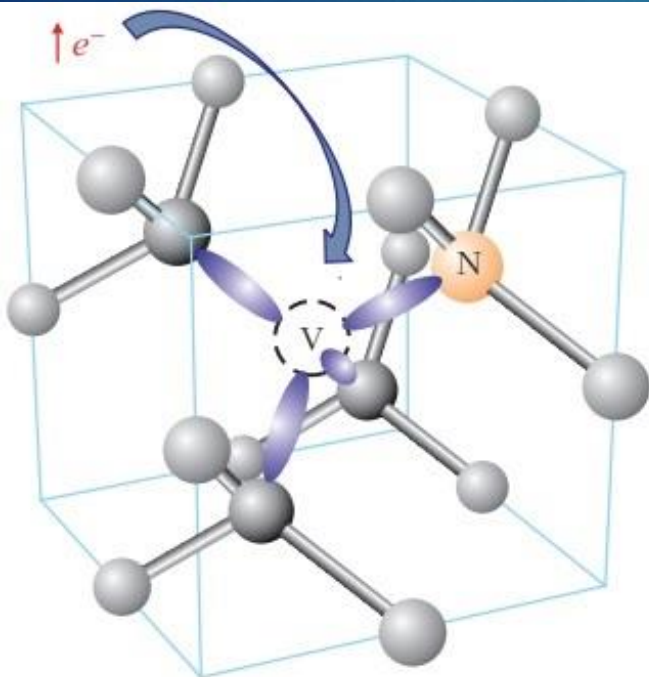
sok detonációs korom,
fémszennyezés a
kamra falából

→ Tisztítás: tömény
HNO₃/H₂SO₄/HClO₄



- hasonló körülmények, mint a Föld mélyén
- akár mikrokristályos méret is
- nanokristályok előállítása őrléssel
- hasonló savas kezelés, mint a DND esetén
- szabálytalan alak, széles méreteloszlás
- centrifugálás és szűrés a szűkebb méreteloszlású termék kinyerésére

- a felületen különböző funkciócsoportok
- nitrogéntartalom a rácsban → hibahely, NV centrum
- részletesen vizsgált töltésállapotok: NV⁰ és NV⁻
- NV⁻ mint kvantumbit, vizsgálat optikailag detektált mágneses rezonancia (ODMR)



Motiváció:

- A funkciós csoportok befolyásolják a NPs tulajdonságait (oldhatóság, kolloid stabilitás, optikai tulajdonságok).
- A funkciós csoportok lehetőséget adnak a tulajdonságok változtatására a felület módosításán keresztül.
- Stabil fluoreszcenciájuk van szemben a festékmolekulákkal

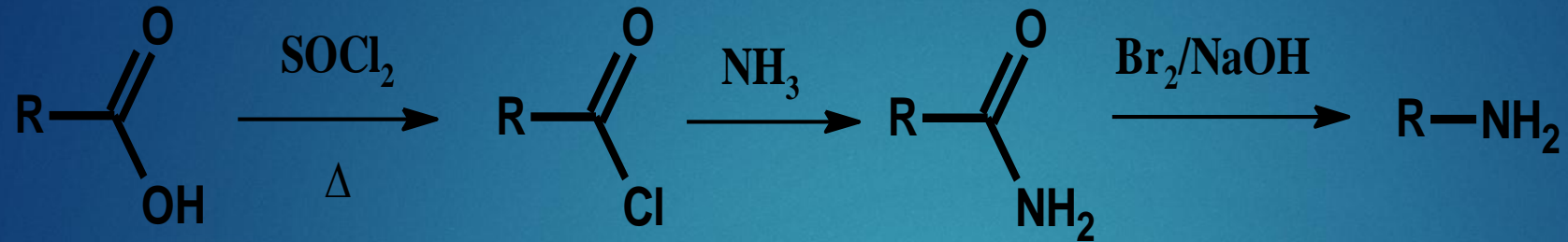
Célok:

- Aminocsoportok kiépítése közvetlenül a felületen
- Az NV centrum állapotára gyakorolt hatásának vizsgálata
- A reakció végrehajtása több méreten is (10 nm, 30 nm, 40 nm, 50 nm, 70 nm, 90 nm, 140 nm Adamastól, HPHT-s gyémántokon)

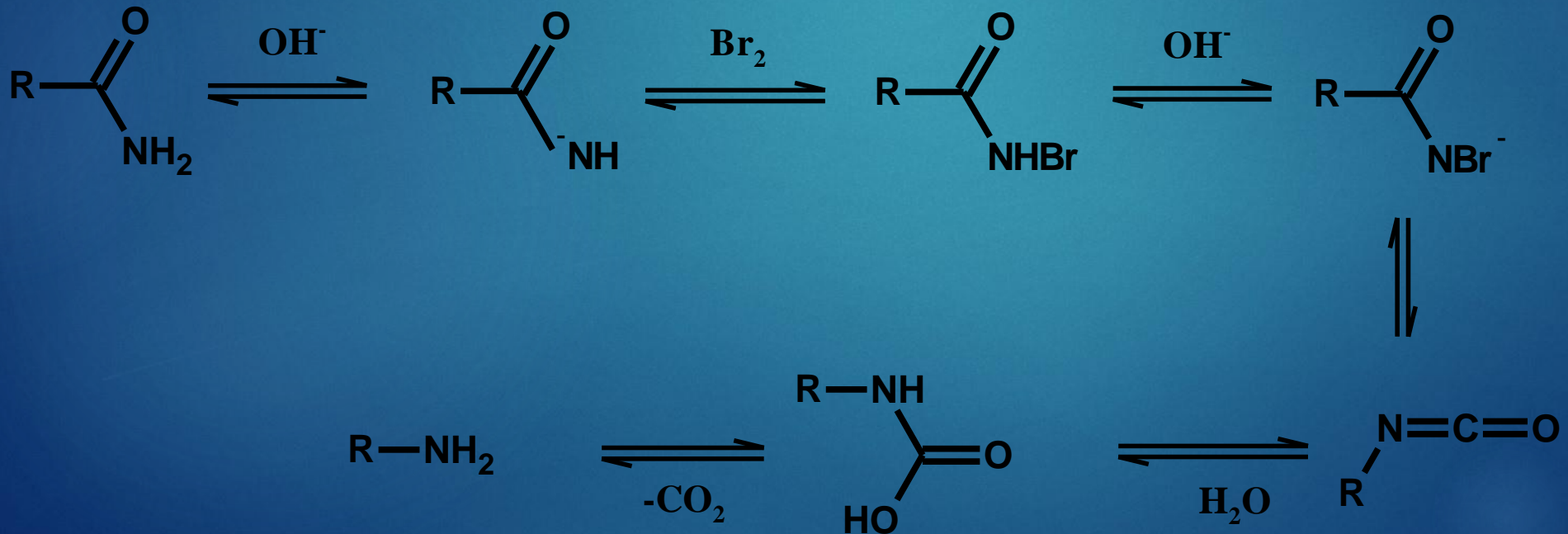
A felületmódosítás végrehajtása, a Hofmann-lebontás

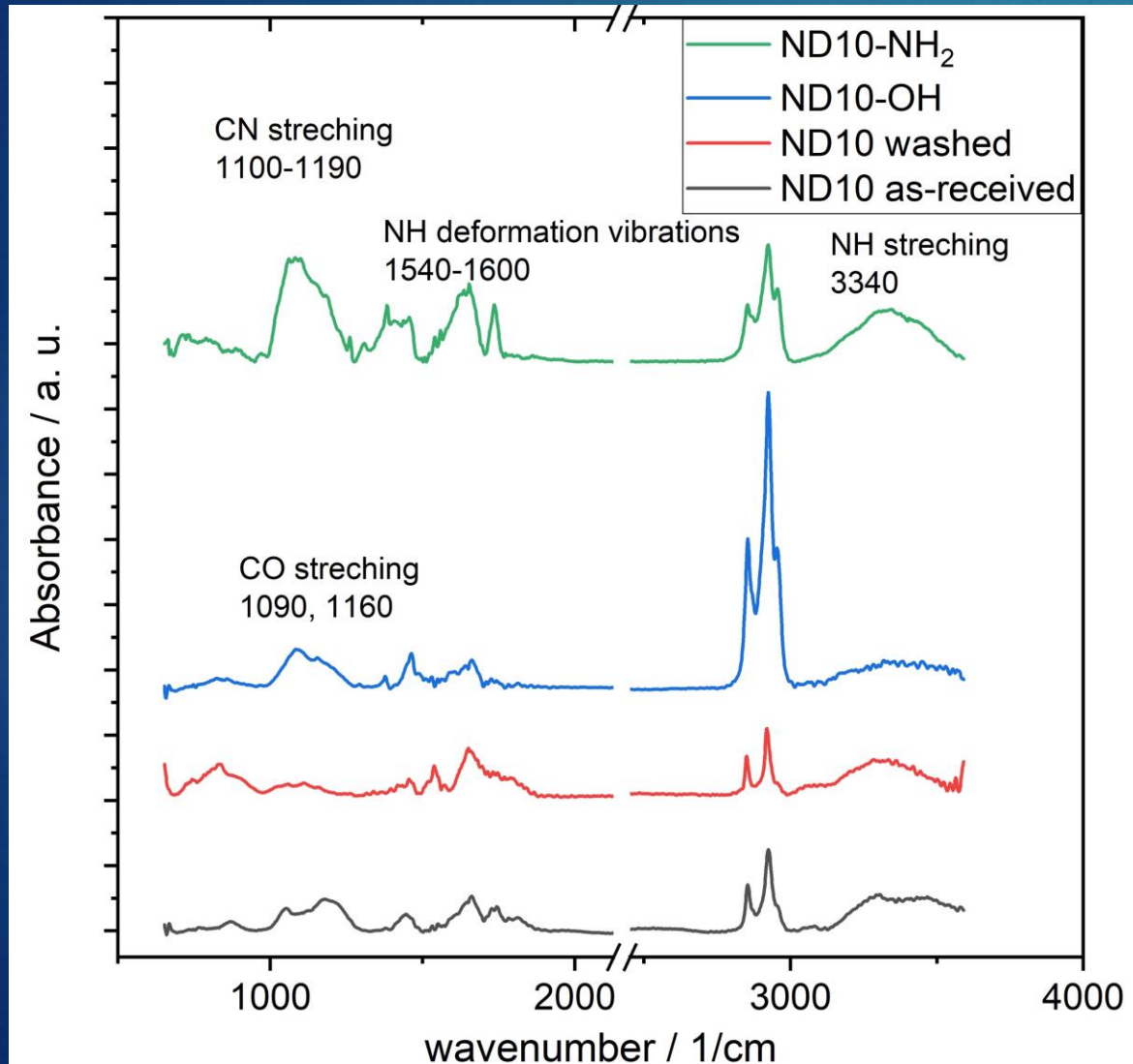
8

A reakcióegyenlet:



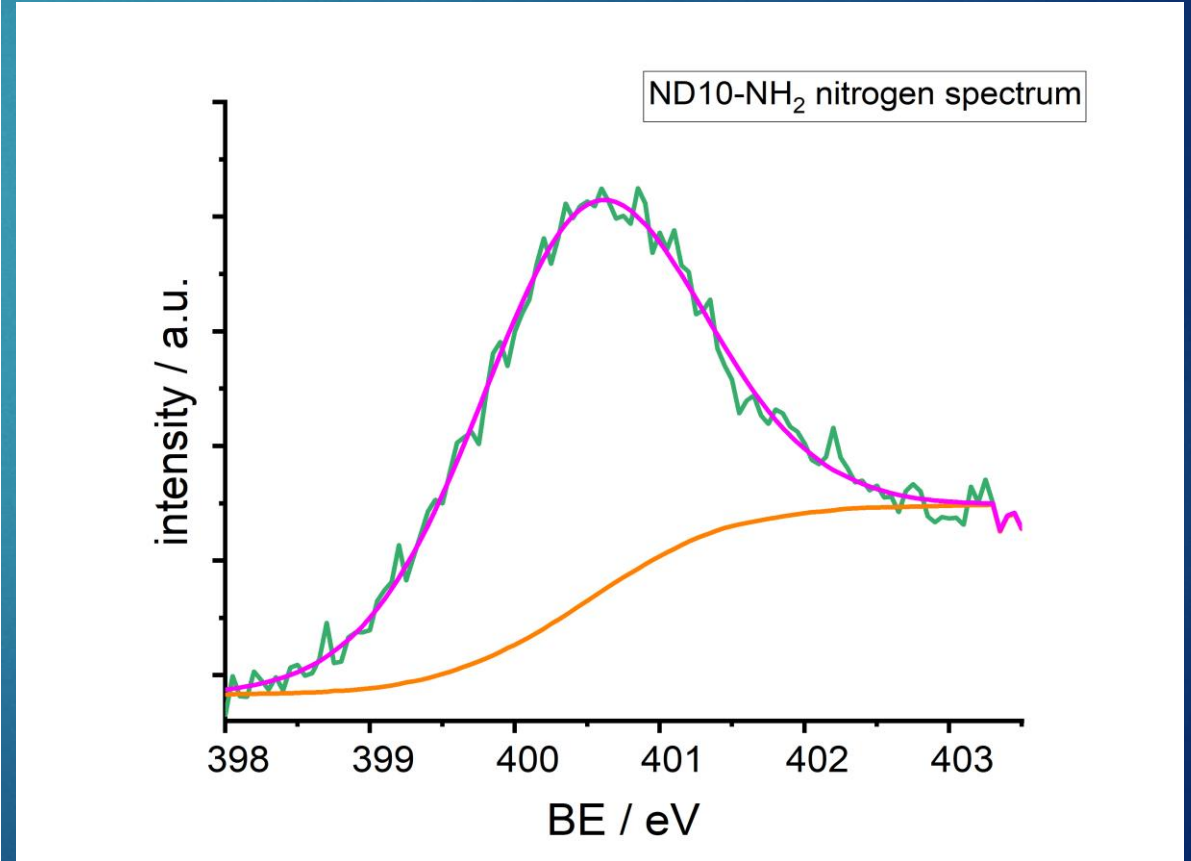
A reakció mechanizmusa:

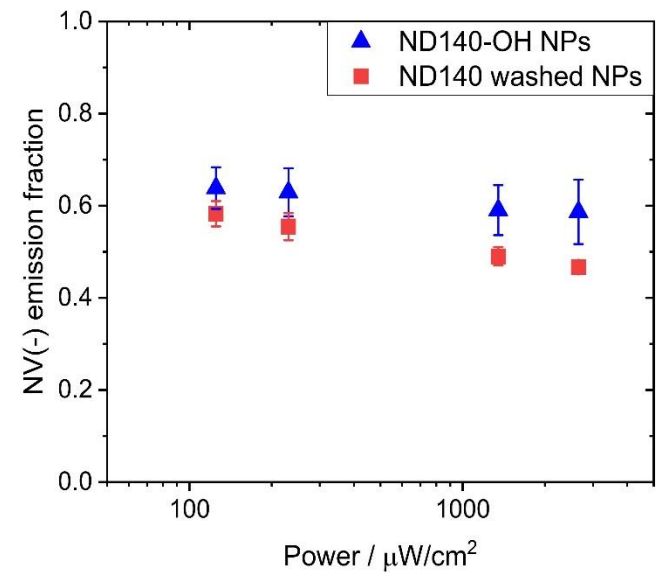
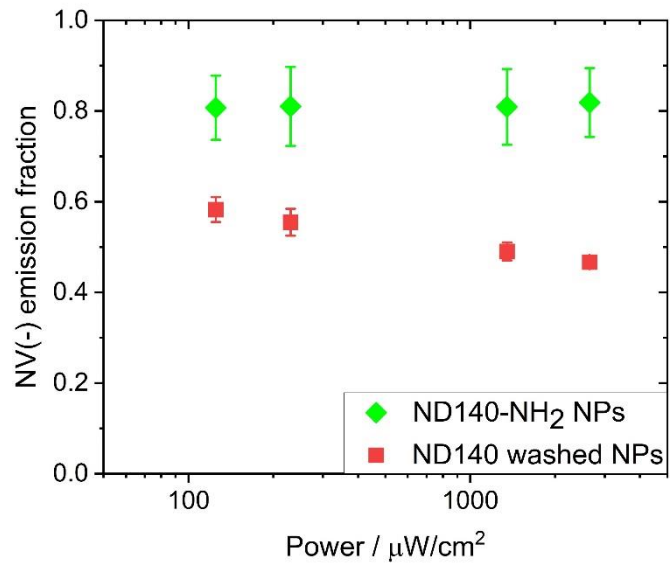
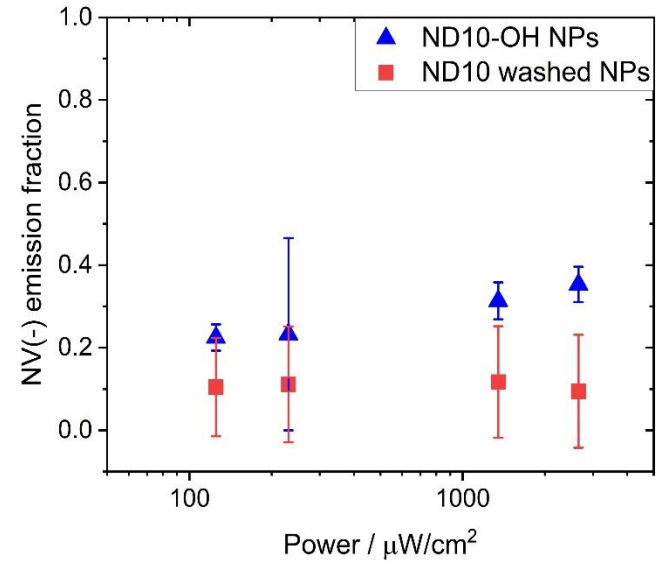
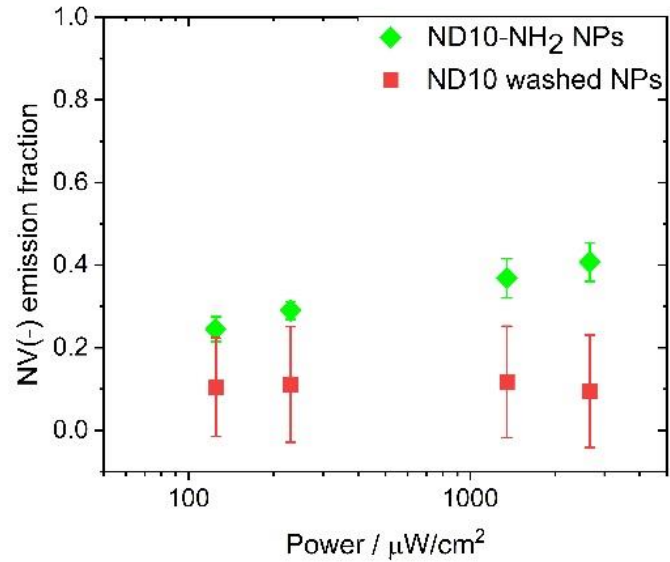




A kereskedelmi („as-received”) anyagban tenzideket használnak, ami centrifugálással eltávolítható.

↓
„washed” minta





- felületmódosítási reakciók végrehajtása, -NH_2 nanogyémánton még nem alkalmazott módszerrel
- IR és XPS \longrightarrow sikeres felületmódosítás
- PL mérésekből meghatároztuk az NV-től származó fluoreszcencia arányát a teljes NV-től származó arányhoz képest
- Az -OH és az -NH_2 csoportok is stabilizáló hatással bírnak, de az NH_2 esetében sokkal jelentősebb hatás, 140 nm esetén NV centrumok közel 80%-a NV-

Kitekintés

- Fluorozási reakció kidolgozása, kiváltva a fluorral történő módosítást, valamint hasonló vizsgálatok elvégzése
- Gyémánttal jelzett szerves vegyületek szintézise

Spin reflexometry and optical properties of nitrogen color centres in diamond nanoparticles

Nikoletta Jegenyés,¹ Vladimir Verkhovlyuk,¹ Szabolcs Czene,^{2,1}
Attila Csáki,¹ David Beke,^{1,3} Katalin Kamarás,^{1,4} and Adam Gali^{1,3}

¹*Wigner Research Centre for Physics, P.O. Box 49, H-1525 Budapest, Hungary*

²*Doctoral School on Materials Sciences and Technologies,
Óbuda University, Bécsi út 96/b, H-1034 Budapest, Hungary*

³*Department of Atomic Physics, Institute of Physics,
Budapest University of Technology and Economics,
Műegyetem rakpart 3., H-1111 Budapest, Hungary*

⁴*Institute of Technical Physics and Materials Science,
Centre for Energy Research, P.O. Box 49, H-1525 Budapest, Hungary*

(Dated: November 23, 2023)

Understanding and controlling of fluorescent nanodiamonds (FND) with optically readout qubits are in the focus of research because they show a high potential for the detection of electric, magnetic fields, temperature and other physico-chemical quantities at the nanoscale, so they are much sought-after in chemistry and biology. Proper functionalization of FNDs is required to apply them as probes in the chemical and biological processes. However, changing the surface of FNDs could affect the properties of qubit sensors. In this work we thoroughly study the basic properties of FNDs with nitrogen-vacancy (NV) center quantum sensors as a function of size and surface termination. In particular, we use high-pressure, high-temperature (HPHT) nanodiamonds as starting material and their surface is then treated to produce $-\text{OH}$ and $-\text{NH}_2$ terminations which can be directly linked to bind proteins and other species to the FNDs. The charge state stability of the NV sensor, its average zero-field splitting parameters in the ground state and its longitudinal spin-relaxation time are monitored upon illumination of these FNDs. We provide a database of these key parameters that could be useful to select the proper FNDs for the target application. We find that stabilization of the NV(-) fraction was achieved by both terminations in the case of $-\text{OH}$ termination from nanoparticles (NPs) size of 50 nm and at $-\text{NH}_2$ from 30 nm independently from the applied excitation laser power. The T_1 longitudinal relaxation rate of the NPs was in the range of 10^4 - 10^5 1/s independently of the termination.

Keywords: diamond nanoparticle, fluorescent nanoparticle, defects in diamond, fluorescence lifetime, FTIR spectroscopy, $-\text{OH}$ termination, $-\text{NH}_2$ termination

Gali Ádám

Kamarás Katalin

Beke Dávid

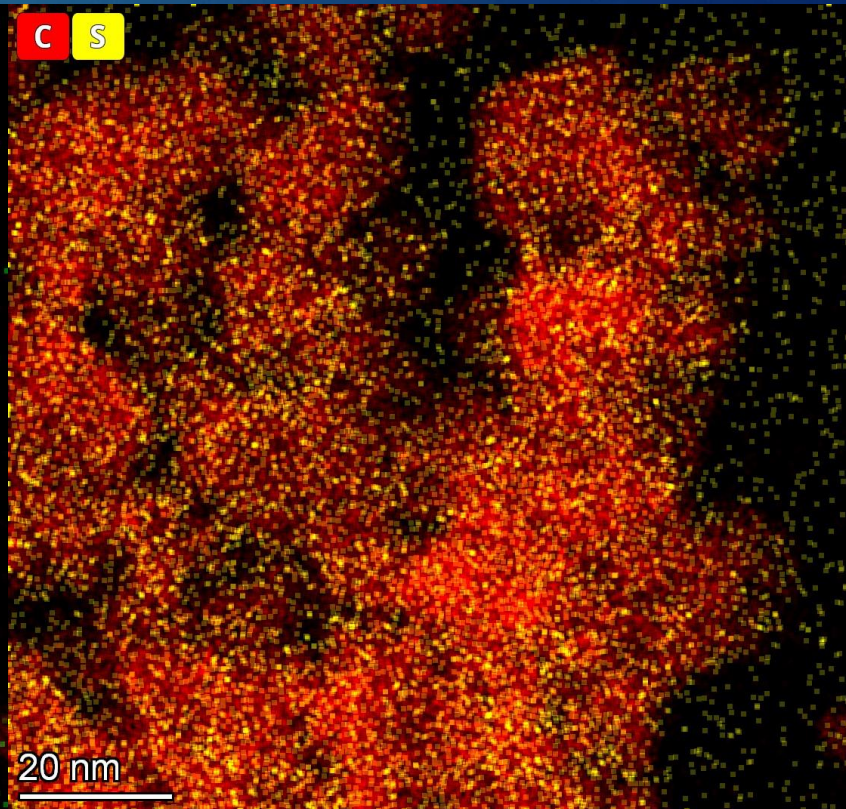
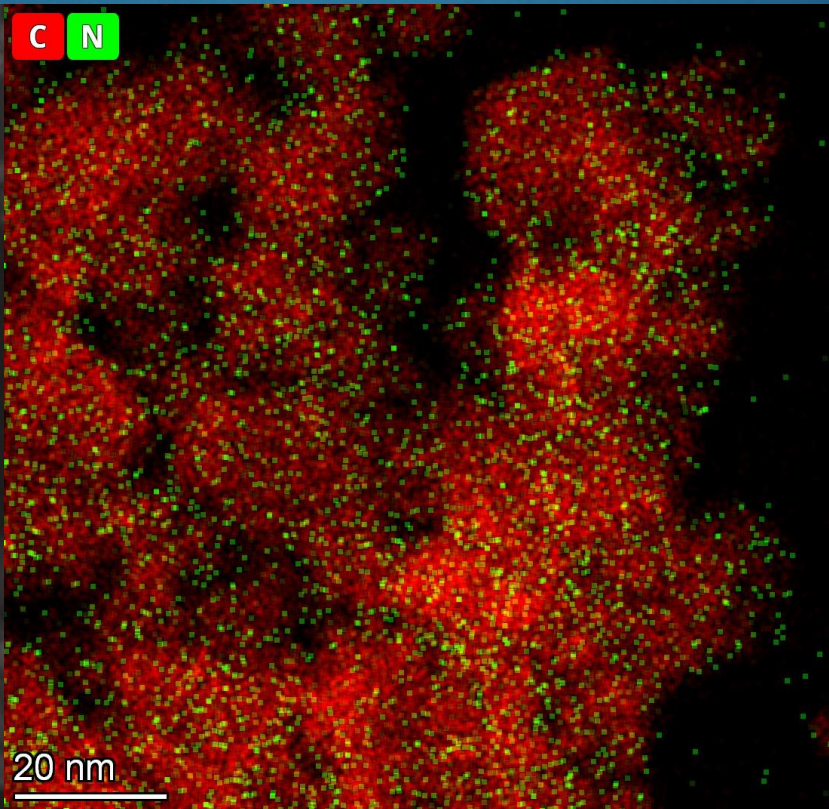
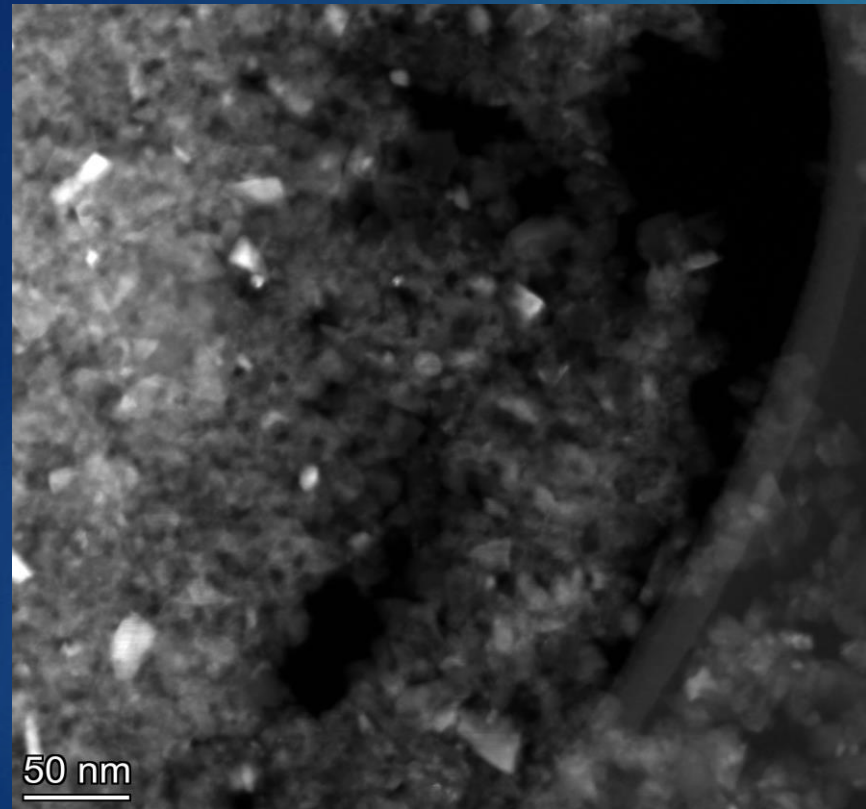
Krafcsik Olga

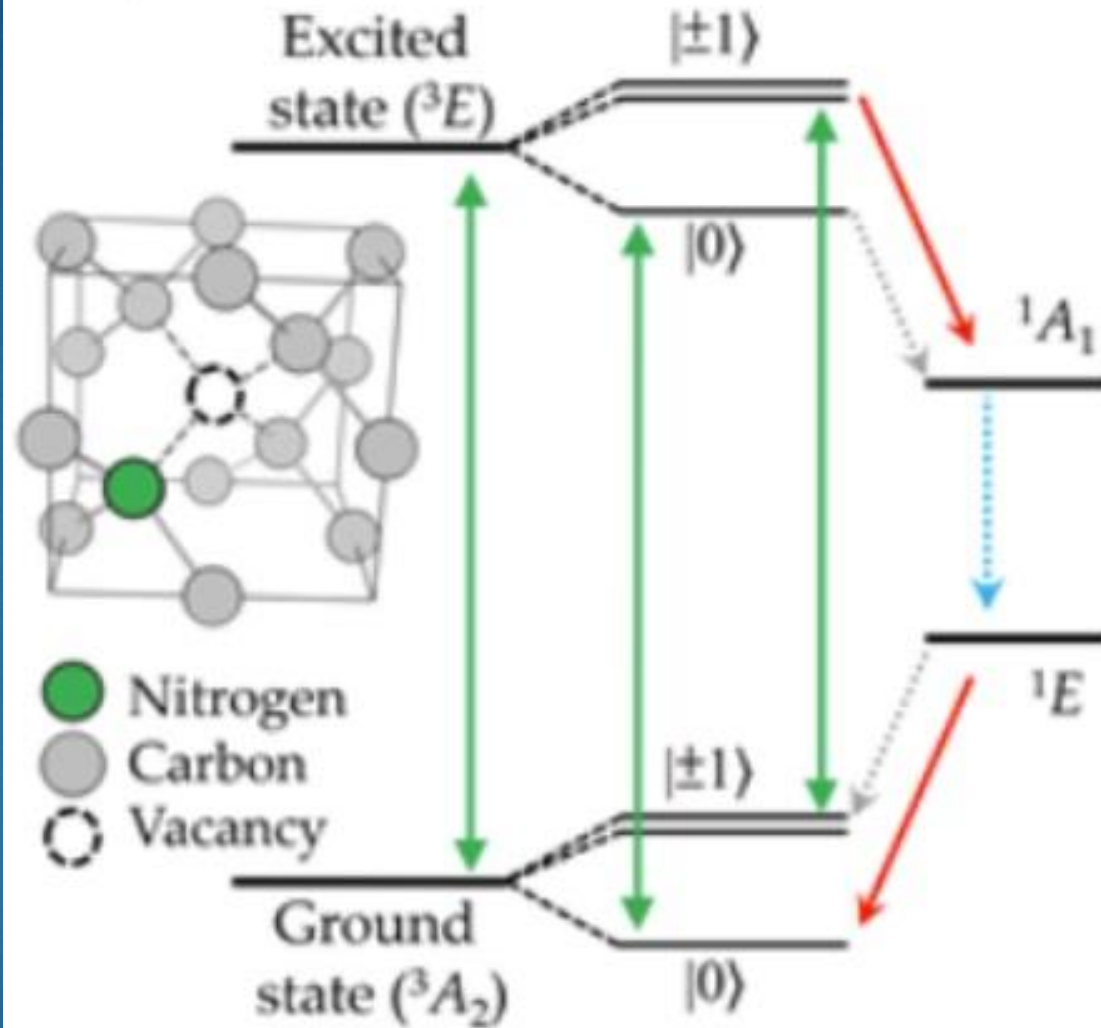
Jegenyés Nikoletta

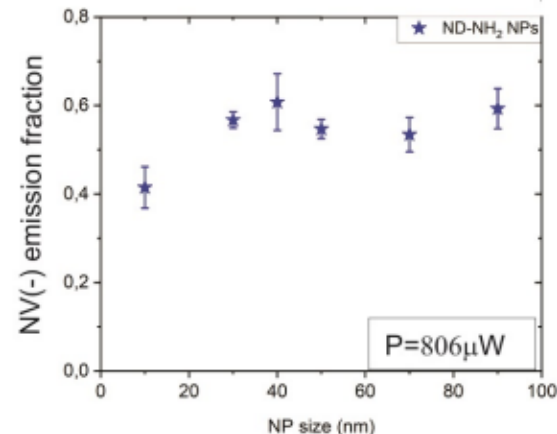
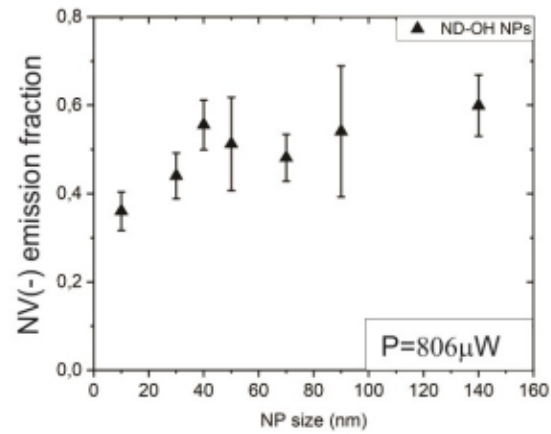
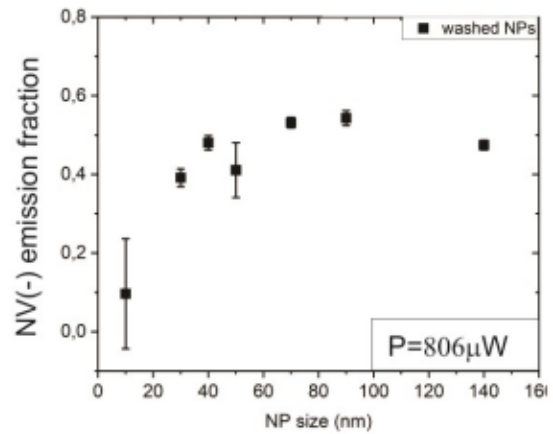
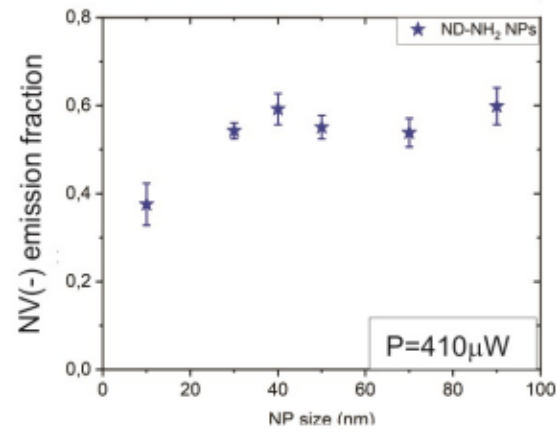
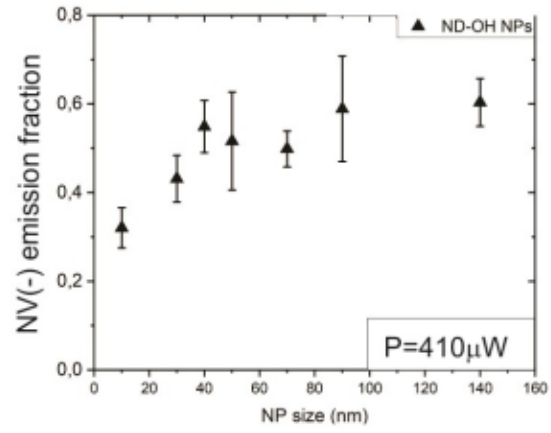
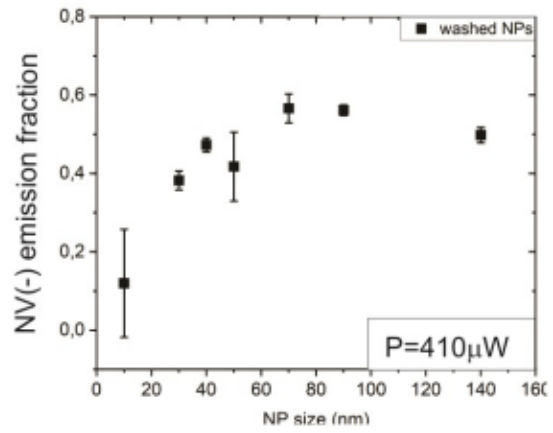
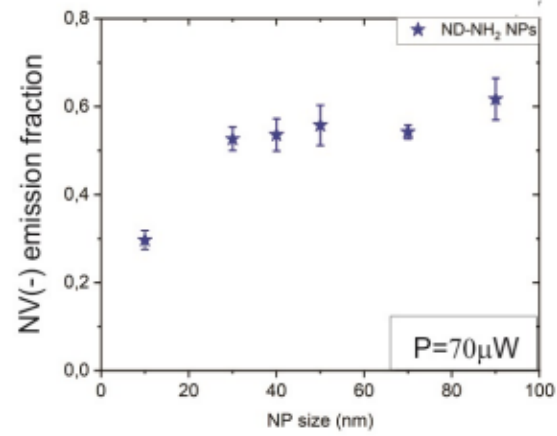
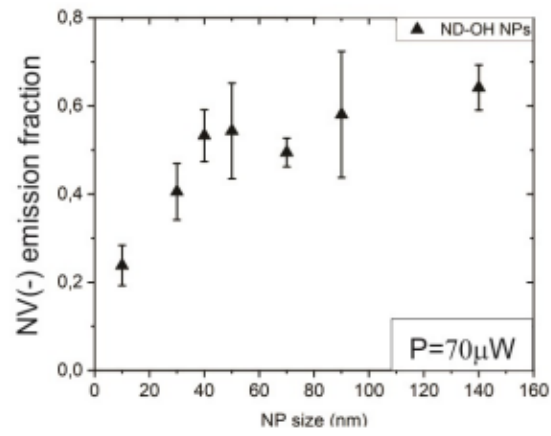
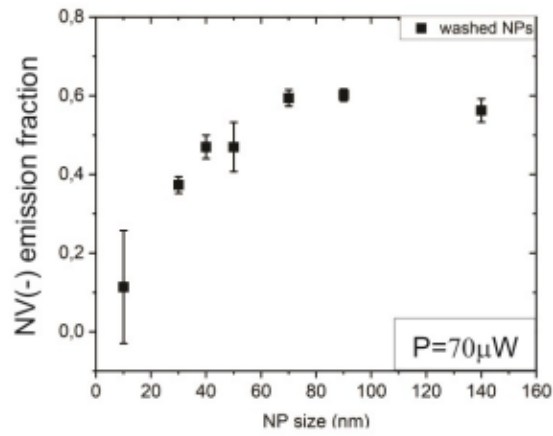
Czigány Zsolt

Vlagyimir Verhovljuk

Csáki Attila



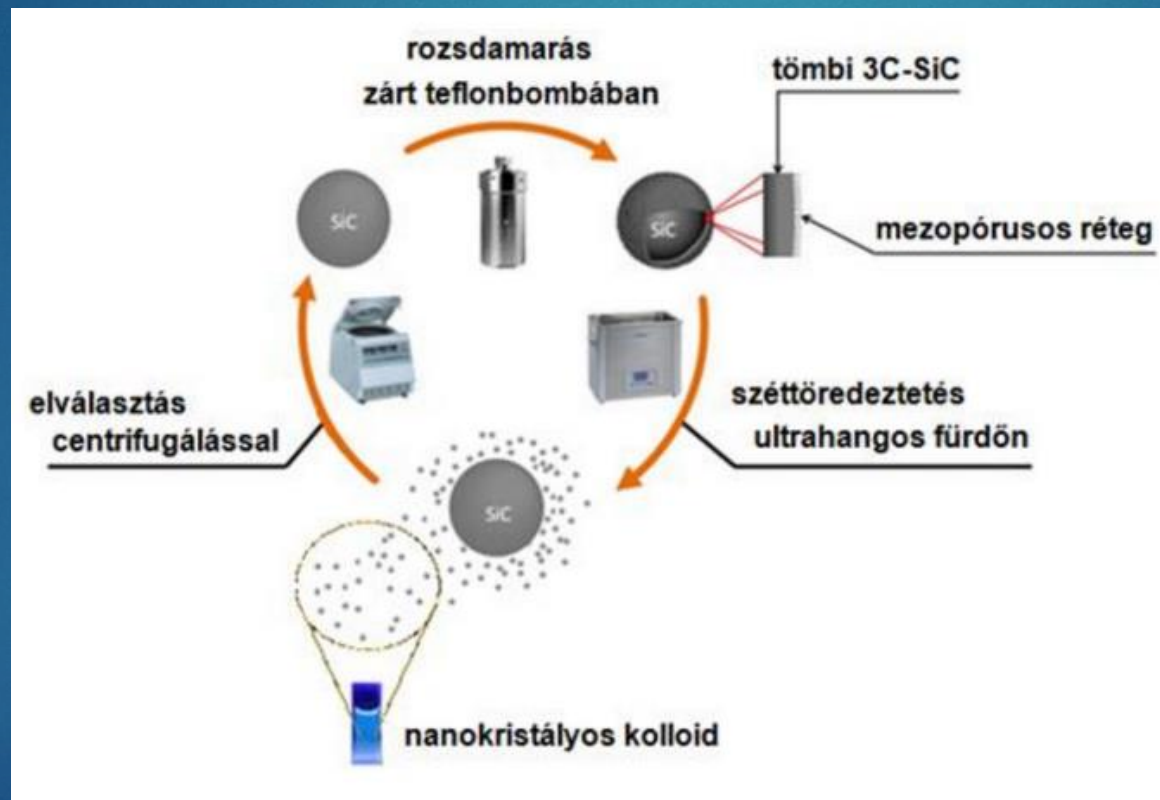




A SiC bemutatása és a nanorészecskék előállítása

A SiC figyelemreméltó tulajdonságai:

- nagy keménység, széles tiltotsávú indirekt félvezető
- nagyfokú inertség pl. tömény savakkal és lúgokkal szemben
- inertsége miatt alkalmas bioszenzor jelöltnek (*in vivo* alkalmazás)



- S. E. Sadow, "Silicon carbide biotechnology : a biocompatible semiconductor for advanced biomedical devices and applications." Elsevier, 2012