

## Anyagtechnológiai fejlesztésekkel járulnak hozzá a HUN-REN EK MFA kutatói a Qubit alapú kvantumszámítógépekhez

**A HUN-REN Energia tudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének (HUN-REN EK MFA) kutatói nemzetközi együttműködésben részt vettek a kvantumszámítógépek alapját képező Qubit-ek fejlesztésében. A projekt során egy olyan JoFET Qubit-et fejlesztettek ki, amely kompatibilis a szilícium-alapú gyártási eljárásokkal, így a későbbiekben könnyebben lehet nagy mennyiségben előállítani. A kutatásban korszerű, új típusú anyagokat és saját fejlesztésű karakterizációs eljárásokat alkalmaztak, amelyek lehetővé tették a szükséges szupravezető rétegek kialakítását.**

A HUN-REN Energia tudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének (HUN-REN EK MFA) kutatói az elmúlt három évben a Nanotudományi és Nanotechnológiai Központtal (C2N) és az Uppsalai Egyetemmel egy konzorciumban részt vettek a SIQUOS projektben, a kvantumszámítógépek alapját képező Qubit-ek fejlesztésében. A SIQUOS projekt eredményei egy lépéssel közelebb visznek a meglévő fejlett szilícium-technológián alapuló, skálázható - azaz a tömeges gyártást lehetővé tevő- Qubit-ek megvalósítása felé. A Qubit-ek kvantum-technológiai eszközök alapelemét képezik, és mind a kvantum számítógépek fejlesztésében, mind újfajta érzékelők megvalósításában szerepük lesz.

A Qubit-ek megvalósítására eddig használt többféle technológia közül a legfejlettebb a szupravezetőket használó szilárdtest-elektronikai megoldás. Ezek alapja általában két szupravezető kontaktus közti gyenge csatolást tartalmazó Josephson junction (JJ). A jelenlegi Qubit-ek egyik típusa, a transmon (JJ-k alagút átmenetes megoldáson alapul) nehezen skálázható, nagy tömegben óriási hő termel. Ezért egy új megoldás a gatemon (amiben JJ-ket egyetlen gate-kontrollált, szupravezető/félvezető hibrid nanoszerkezetű JJ helyettesíti) került előtérbe, amely jobban illeszkedik a modern félvezető-technológiákhoz. Ez utóbbinak egy speciális változata a JoFET, ahol a félvezető source és drain (S&D) kontaktusok és a félvezető csatorna között jó az elektromos átjárhatóság (transparency) és a gate hossza kellően rövid, az eszközben egy nem-disszipatív szupravezető áram folyik, aminek amplitúdója az elektrosztatikus gate-tel szabályozható.

**A SIQUOS projekt elsődleges eredménye, hogy a JoFET-hez szükséges tranzisztor szerkezeteket kizárólag a meglévő Si-technológiával kompatibilis anyagokkal (PtSi, CoSi<sub>2</sub> és bórral erősen adalékolt szilícium (Si:B)) hozta létre, így a későbbiekben ezekre alapozva lehet a skálázható gyártást megvalósítani.**

A tranzisztor S&D kontaktusaihoz szükséges vékony szupravezető rétegek létrehozásához és a Si/PtSi határfelület Schottky-barrierjének csökkentéséhez új (ám a meglévő technológiákkal kompatibilis) technológiai lépések kidolgozására volt szükség. A CoSi<sub>2</sub> szupravezető kontaktus esetén a kívánt minőségű Si/CoSi<sub>2</sub> határfelület kialakítása is a hőkezelési lépés módosítását követelte meg. A francia és svéd partnerek technológia fejlesztését a HUN-REN EK MFA atomi szintű szerkezetvizsgálatai segítették, melyben nagy szerep jutott az ország egyetlen gömbi hiba korrigált elektronmikroszkópjának. A projekt során a meglévő karakterizációs technológiai eljárásokat saját módszertani, elektrondiffrakciós fejlesztésekkel bővítették. Ezzel is bebizonyosodott, hogy az ilyen magas technológiai szintű félvezető fejlesztések nem követhetők nagyfelbontású elektronmikroszkópia nélkül.

A 2019-2.1.7-ERA-NET-2022-00032 számú, „Szupravezető szilícium qubit a CMOS technológiában” című projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával valósult meg.

Bővebb információ, kapcsolat:

<https://www.mfa.kfki.hu/kutatas/projektek/siquos/>

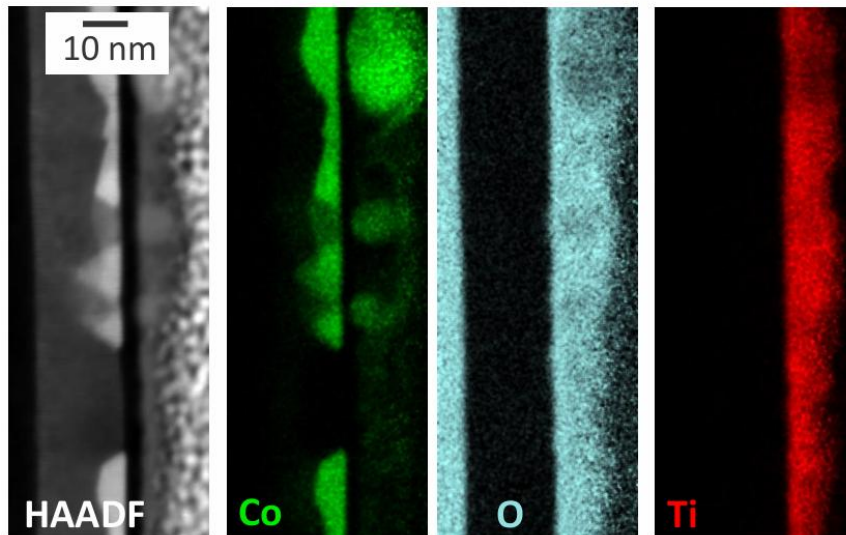
Dr. Lábár János, projektvezető, [labar.janos@ek.hun-ren.hu](mailto:labar.janos@ek.hun-ren.hu)



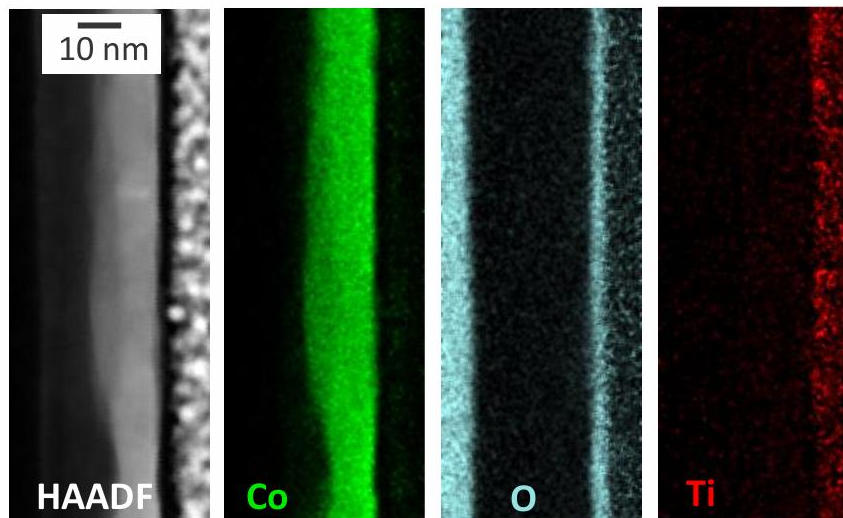
NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROJEKT

## STANDARD



## LASER



*Az ábra az új, lézeres hőkezelés hatékonyságát demonstrálja a bevett technológiával szemben. A lézeres lépés a szilicid képződést preferálja az oxidációval szemben és simább Si/CoSi<sub>2</sub> határfelületet, egyenletesebb rétegvastagságot biztosít a JoFET-hez szükséges <math><10^{\circ}</math>nm vastagságú CoSi<sub>2</sub> rétegek esetén. A HAADF STEM kép nagy szögű, gyűrű alakú detektorral („high angle annular dark field detector (HAADF)”) készült, ami az átlag rendszámmal monoton változó kontrasztot ad. A többi felvétel a jelölt elemek térbeli eloszlását mutatja (Kobalt, Oxigén, Titán).*



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROJEKT