

## Az Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének fókuszterületei és középtávú stratégiája

2019. december 12.

Az Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet (EK MFA) fő feladata nem változott az elmúlt években: kutatások végzése nanoméretű funkcionális anyagokon, feltárva azok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait, valamint az ismeretek hasznosítása integrált nano/mikroszközökben, szenzorokban és roncsolásmentes vizsgálati módszerek fejlesztésében. Ehhez járulnak olyan anyagtudományi vizsgálatok, melyek megújuló energia témaköréhez tartoznak. Fontos feladata a KKV-k és az egyetemi oktatás segítése, a kutatási infrastruktúra felhasználása a felsőoktatási (TDK, BSc, MSc, PhD) képzés támogatására Open Access Laboratory jelleggel.

### Nanoszerkezetek Laboratórium

A Nanoszerkezetek Laboratórium fő tevékenysége a kétdimenziós (2D) anyagok kutatása. Tevékenységük magában foglalja a 2D anyagok különböző módszerekkel történő előállítását, atomi szerkezetük pásztázószondás karakterizálását és nanotechnológiai eljárásokkal történő módosítását, valamint a kialakított 2D nanoszerkezetek elektromos és optikai tulajdonságainak vizsgálatát. A több mint tíz éve folytatott grafénkutatáson túl, mára már nagyobb hangsúlyt kap a 2D átmenetifém dikalkogenid kristályok, valamint a topologikus szigetelő kristályok kutatása. A 2D anyagok kutatása mellett, továbbra is aktívan kutatják a biológiai eredetű és bioinspirált fotonikus nanoszerkezeteket.

Középtávú stratégiájuk: Grafén és más két-dimenziós kristályok előállítása, atomi és elektronszerkezetének feltárása, valamint ezen anyagok szerkezetének atomi pontosságú módosítása a tulajdonságok célzott hangolására. Különböző 2D kristályokból rétegenként épített 2D hetero-struktúrák, tömbök (mesterséges kristályok) precíz előállítása szabályozott forgatási tájolással, valamint az új anyagok atomi és elektronikus szerkezetének vizsgálata. Változatos 2D anyagok nanométer pontosságú precíziós előállításán alapuló újszerű – eddig csak koncepció szintjén létező - elektronikus eszközök pásztázó szondás elektronmikroszkóppal (STM AFM). Új topologikus szigetelő kristályok előállítása és topologialag védett él-állapotaik vizsgálata. Kémiailag szelektív optikai gőzérzékelés optimalizálása bioinspirált nanoarchitektúrákkal. Az új anyagok demonstrációs eszközökbe integrálása.

### Vékonyréteg-fizika Laboratórium

A Vékonyréteg-fizika Laboratórium kutatási irányai a különféle vékonyrétegek és bevonatok fejlesztése, a modern 2D félvezető rétegek és heteroátmenetek kutatása; a műszaki és biokerámia fejlesztése, újfajta rétegezett  $\text{Si}_3\text{N}_4$  /grafén kompozit, valamint nanoszerkezetű kalciumfoszfát fejlesztése és vizsgálata; továbbá transzmissziós elektronmikroszkópiái (TEM) mintapreparálási, metodikai és vizsgálati módszerek fejlesztése és végzése.

Középtávú stratégiájuk: Folytatják a „Stratégiai műhely a megújuló alapú energiarendszer technológiai kihívásaira” VEKOP projekt kutatási feladatait, amelyben új  $\text{Fe}_2\text{S}_2$  és  $\text{FeSi}_4$  rétegeket dolgoznak ki és tanulmányoznak. Folytatják kerámia kompozitok fejlesztését (FLAG-ERA), valamint többrétegű  $\text{Si}_3\text{N}_4$  -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  / grafén - grafén bevonatok vagy nanoszerkezetű átlátszó AION kerámiák fejlesztését is. Új fizikai tulajdonságokkal rendelkező 2D félvezető rétegeket és eszközöket (FLAG-ERA) állítanak elő és tanulmányoznak. Az új generációs THEMIS mikroszkópnak köszönhetően várhatóan több hazai és nemzetközi projektben tudnak majd részt venni, valamint több ipari együttműködési megkeresést kap a Laboratórium. Tervezik az ország egyetlen gömbi hiba korrigált mikroszkópjában az *in situ* vizsgálatok (első lépésként fűthető mintartó MEMS chip fűtéssel fázisátalakulások követésére) megvalósítását. Kiemelten fontos lesz a modern transzmissziós elektronmikroszkópia oktatása a potenciális felhasználóknak, hiszen ez az anyagok és anyagszerkezetek karakterizációjának új módszere. Tradicionális kutatási területük a GaN és a széles tiltott sávú félvezetők szerkezete, elektron diffrakción alapuló metodikai és TEM minta előállítási fejlesztések. Ezen alapkutatások segítségével kimutatjuk a szerkezet hatását az újonnan fejlesztett anyagok tulajdonságaira, mely nélkülözhetetlen az optimális szerkezetet irányított létrehozásában.

### Nanoérzékelők Laboratórium

A Nanoérzékelők Laboratórium célja a nanotechnológia és anyagtudomány területén elért legfrissebb alapkutatási eredmények alkalmazása új típusú fizikai érzékelőkben, különös tekintettel a mikro- és nanoméretű elektromechanikai szenzorokra. Ehhez kapcsolódóan a Laboratórium egyaránt foglalkozik piezoelektromos anyagok kutatásával, félvezető alapú nanoérzékelőkkel, valamint alacsony fogyasztású, ill. önellátó szenzorrendszer fejlesztésével. A munkatársak egy hazánkban egyedülálló nanopreparációs laboratóriumot működtetnek, mely a Nemzeti Kvantumtechnológiai Program (HunQuTech) egyik kiemelt kísérleti infrastruktúrája. Emellett egy másik hazai együttműködésben atomi skálán memrisztív kapcsolást mutató nanoeszközöket hoznak létre.

Középtávú stratégiájuk: a rendszerintegrációban elért tapasztalatokat felhasználva gyakorlati problémák megoldására alkalmas nanoszenzor alapú prototípusok fejlesztése; a nanoanyagok és érzékelők területén szerzett ismeretek alapján új témák kezdeményezése szubmikron méretű aktuátorok és nanorobotok irányába. Mindezeket –a korábbi gyakorlatnak megfelelően– igyekeznek a hazai együttműködések mellett nemzetközi projektek keretében is kutatni.

Szintén tervezik egy nano-vibrációs laboratórium kialakítását, mely több modern kutatási témában is alkalmazható, pl. a nagy jóságú tényezőjű rezonátorok, a szubnanométer felbontású aktuátorok valamint a vibrációs energiagyűjtők (vibrational energy harvesters) területén. Mindez jelentős lépés lenne egyes detektorok áramellátás nélküli önálló működtetése felé.

### **Mikrorendszerek Laboratórium**

A Mikrorendszerek Laboratórium munkatársai olyan mikro és nanorendszerek, érzékelő szerkezetek fejlesztésén, kialakításán és integrációján dolgoznak, amelyek alkalmazása új perspektívákat nyithat az orvosi diagnosztika, a Minimálisan Invazív Műtéti eljárások, ill. az energia-hatékony autonóm rendszerek (szenzorhálózatok, önvezető autók) alkalmazásának területén is. Emellett kutatásaik az optikai alkalmazások (spektroszkópia), és a környezetanalitikai és –biztonsági (gázérezkelő) szenzorok területére is kiterjednek.

Középtávú stratégiájuk: A MEMS érzékelő alapelveinek kutatása; autonóm, flexibilis, hordozható és integrált mikro- és nanoszerkezetek fejlesztése környezeti (gáz / kémiai érzékelők), fizikai (mechanikai, optikai, hő), orvosi (mikrofluidikus, biokémiai érzékelők) alkalmazásokra és ezek validálása valós körülmények között. Speciális mikrofluidikai rendszerek fejlesztése a mintaszállítás, mintaelőkészítéséhez és elemzéséhez Lab-on-a-Chip eszközökben. A molekuladetektáláshoz alkalmazható szilárd nanofluidikai szerkezetek megmunkálási technológiájának kutatása és gyakorlati kidolgozása. Megfelelő technológiai fejlettségi szintű (alapkutatástól prototípusig: TRL1-TRL6) félvezető mikro- és nanoszerkezetek fejlesztése, új anyagok, szerkezetek létrehozása és technológiai transzfere ipari igények alapján, ipari partnerek számára.

A közelmúltban hangsúlyosabbá vált közeli infravörös fényemittáló diódák (NIR LED) fejlesztése, hiszen a széles sávú infravörös LED-ek spektroszkópiai alkalmazása környezetanalitikai, élelmiszerbiztonsági és orvosdiagnosztikai célokat tekintve is reményteljes. Mind a szélessávú, mind a több karakterisztikus emittált hullámhosszal rendelkező NIR LED eszközök fejlesztése, mind a spektroszkópiai alkalmazása megalapozott igényekkel találkozhat a mai miniatürizált, integrálható és hordozható analitikai berendezések fejlődő piacának irányából.

### **Fotonika Laboratórium**

A Fotonika Laboratórium egyedi módszereket és eszközöket fejleszt felületi nanoszerkezetek és anyagok roncsolásmentes optikai és mágneses méréséhez (spektroszkópia; mágneses anyagvizsgálat; bioszenzorok; felületek görbültsége; felületek tisztasága; víz szennyezettsége).

Középtávú stratégiájuk: Roncsolásmentes anyagvizsgálati és karakterizációs módszerek fejlesztése és továbbfejlesztése: az ipari anyagok mágneses teszteléséhez, egyrészeszkés spektroszkópiai vizsgálatokhoz és nanoszerkezetek előkészítéséhez, valamint felületek optikai érzékeléséhez és minősítéséhez. Új mérési elvek feltárása, a pontosság és a megbízhatóság növelése, az eredmények hasznosítása szabadalmakban, ipari és kutatási együttműködésekben és az oktatásban.

A célzott alkalmazások között szerepel az atomerőművi és gépipari szerkezeti anyagok minősítése is.

### **Nanobioszenzorika Kutatócsoport**

A Nanobioszenzorika Kutatócsoportban a jelölésmentes optikai bioszenzorok fejlesztésére és alkalmazására fókuszálnak, illetve ezen műszereket kombinálják egyedi sejt manipulációs technikákkal. A kutatási témáik széleskörűek; a sejtadhéziós kinetikától, migrációtól, szignalizációtól egészen a mért biológiai jelek matematikai modellezéséig terjednek.

Középtávú stratégiájuk: Fő célkitűzésük (egy) rendkívül érzékeny és megbízható, jelölésmentes optikai módszer(ek) kifejlesztése, amellyel képessé válnak egyetlen sejtet monitorozni egy heterogén sejtpopulációból. Ehhez a kifejlesztett optikai érzékelőket egysejt-manipulációs technikákkal (mikropipetta, FluidFM) kombinálják a vizsgált egyedi sejtek felvétele és elhelyezése céljából. További céljuk a jól kontrollált kémiai, mechanikai és geometriai tulajdonságokkal rendelkező funkcionális felületek előállítás. Különböző vegyületeket (rákellenes szerek, exoszómák, egyéb sejtek) adagolnak a sejtekhez és a szövetekhez, és reakciójukat monitorozzák. A mért jelek és változások kinetikájának értelmezésére optikai és biofizikai elméleti modelleket fejlesztenek.

### **Komplex Rendszerek Laboratórium**

A kis létszámú Komplex Rendszerek Laboratórium hagyományos kutatási területe az egyensúlyi és nem-egyensúlyi rendszerek statisztikus fizikai elemzése, ami az utóbbi években kezd kibővílni a tanulóalgoritmusok alkalmazásával és fejlesztésével.

Középtávú stratégiájuk: A biológiai és/vagy társadalmi rendszerekben való együttműködés fenntartását támogató jelenségek és mechanizmusok feltárása, valamint az evolúciós folyamatokat befolyásoló négyféle elemi kölcsönhatás közötti hatások szisztematikus elemzése. A statisztikai fizika fogalmainak és eszköztárának alkalmazásával különféle dinamikus folyamatokat (pl. Griffiths fázisok és lavinajelenségek) értékelnek egyes térbeli jellemzőket is magában foglaló hálózatokon. Különböző öntanulási algoritmusok kifejlesztésével vizsgálják a népdalok és a genetika adataiban rejtett jellemzők közötti kapcsolatokat és történelmi összefüggéseket.