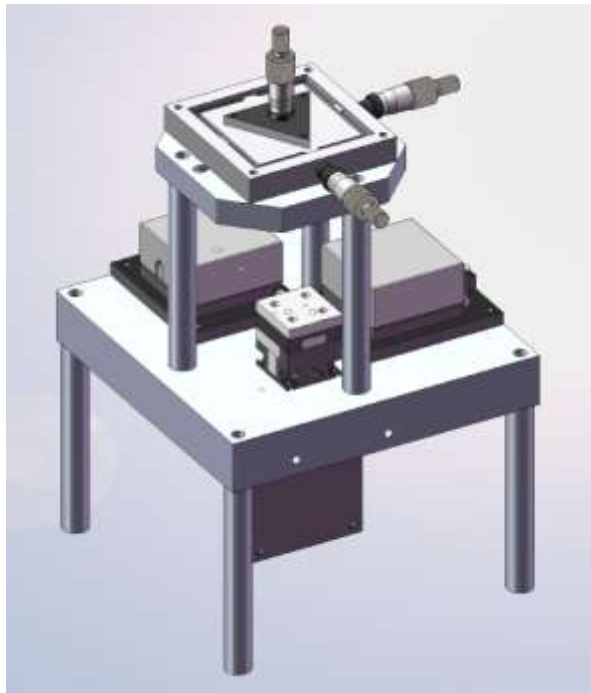


Az elért eredmények rövid ismertetése:

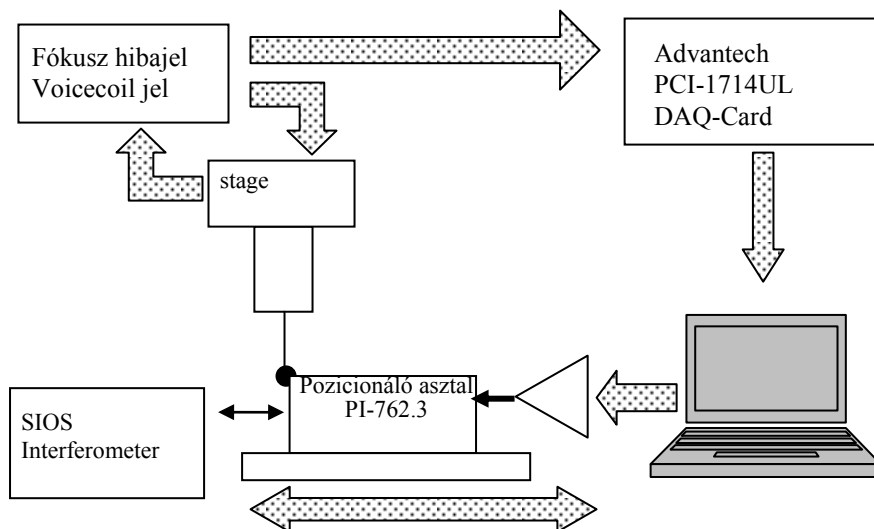
A pályázatban megfogalmazott munkaterv a projekt 2007 decemberi befejezését tűzte ki. A támogatási szerződés megkötésének kilenc hónapos csúszása miatt azonban a véghatáridő és ennek következtében, a részhatáridők is módosultak. Így a kutatás 2008 szeptember végén fejeződött be.

A 2007 során elkészített tapintók vizsgálatához 3D-s nagyfelbontású kalibráló berendezést készítettünk. A berendezés magját egy mindhárom koordináta irányba 1nm felbontással 100-100 μm elmozdulásra képes pozicionáló asztal képezi. A mozgást piezokerámia elemek végzik, amelyeket közép feszültségű erősítők hajtanak meg. Ezek vezérlő feszültségét egy négycsatornás D/A kártya segítségével számítógép állítja elő. A függőlegesen elhelyezett tapintót az alaplemezről 150 mm távolságra található tárgy lemezre szerelt mikrométer tartja, amellyel egyúttal a függőleges irányú „durva” pozicionálást is biztosítottuk. A függőleges elhelyezéssel minimalizáljuk a gravitációs erő hatását a mérésre. Az alaplemez két koordináta menti pozicionálását mikrométerekkel oldottuk meg és így 1mm-es löketet és 0,5 μm -es felbontást biztosítottunk.



1. ábra A kalibráló berendezés mechanikai felépítése

A koordináta asztal tengelyirányú mozgásait három darab 1 nm-es felbontású lézer interferométerrel mérjük. Mivel a felhasznált interferométerek kétsugarasak, egyidejűleg képesek vagyunk a pozicionáló asztal szöghibáinak mérésére és az ebből adódó hibák kompenzálására is. A tapintónak a neutrális helyzetbe való pozicionálását üvegszálás mikroszkóp segíti elő.



2. ábra A kalibráló berendezés vezérlése

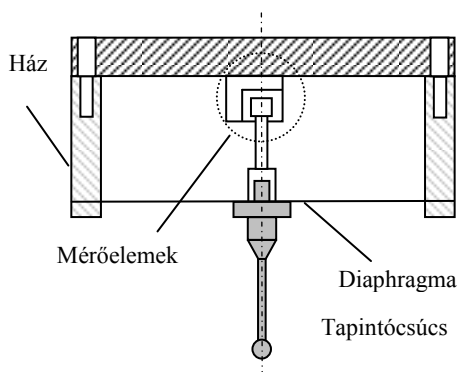
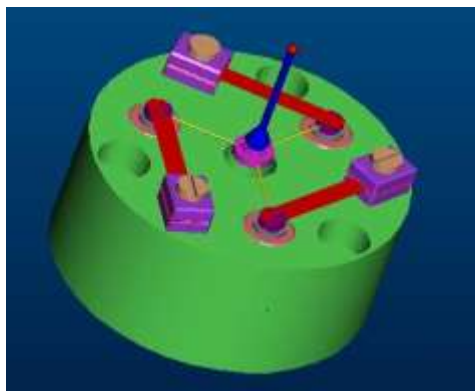
A berendezés elemeit a hőtágulás hibahatásának minimalizálása érdekében Invarból készítettük el és a maradó hőtágulás kompenzálása érdekében mind az interferométerek, mind a pozicionáló asztal alatt platina hőmérőkkel mérjük a testhőmérsékletet. Ezzel lehetővé vált a mérés ideje alatt bekövetkező méretváltozások meghatározása és a mérési eredmények kompenzálása.

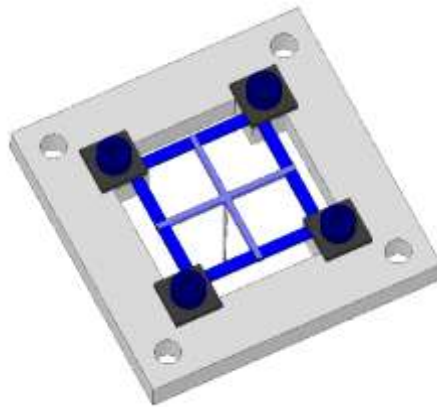
Megbecsültük a mérési bizonytalanság összetevőit és meghatároztuk az eredő mérési bizonytalanságot, amit az alábbi táblázatban foglaltunk össze:

Bizonytalanság forrásai	Valószínűségi eloszlás	Osztó	Sztandard bizonytalanság
A véges felbontásból származó bizonytalanság	Egyenletes	$\sqrt{3}$	0,57 nm
Hullámhossz kompenzálás hibája	Egyenletes	$\sqrt{3}$	0,025 nm
Holt út kompenzálás*	Egyenletes	$\sqrt{3}$	12,4 nm
Koszínusz hiba	Egyenletes	$\sqrt{3}$	0,02 nm
Eredő bizonytalanság	Normál	-	12,4 nm

*tartalmazza a hőkompenzálás bizonytalanságát is

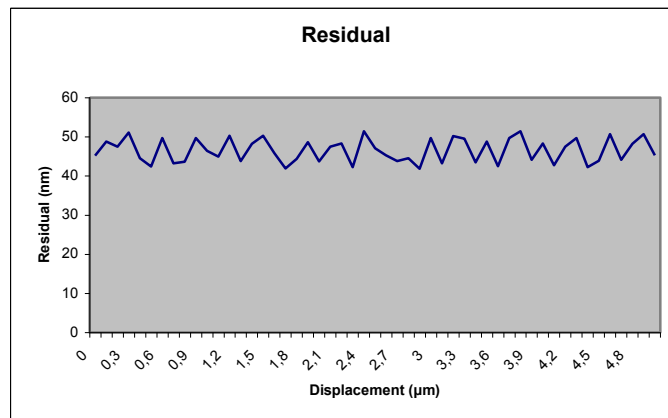
Mind a statikus, mind a dinamikus vizsgálatok során az alábbi három - általunk kidolgozott - mérőfej konstrukció jellemzőit határoztuk meg. A mérőfejek felépítését és működését részletesebben a 2007-es részjelentés tartalmazza:





3. ábra A vizsgált mérőtapintó konstrukciók

Az elvégzett statikus vizsgálatokkal meghatároztuk az egyes tapintók mérési hibáját a tapintócsúcs kitérítési irányának függvényében. A mérési hiba irányfüggését, a tapintócsúcs visszatérítésére szolgáló rugó, rugóállandójának irányfüggése és az ebből adódóan a kitérítési erő változó nagysága okozza. A mérési eredmények azt mutatták, hogy a kidolgozott mérőfej konstrukciónál a mérés ismétlési pontossága 40-60 nm között változott a mérési irány függvényében. A mérések valamint az elvégzett számítások eredményei, figyelembe véve az anyagállandók adatainak bizonytalanságát, jó egybeesést mutatnak. Az aktuális anyagállandókról ugyanis csak a szállítótól kapott adatokkal rendelkezünk.



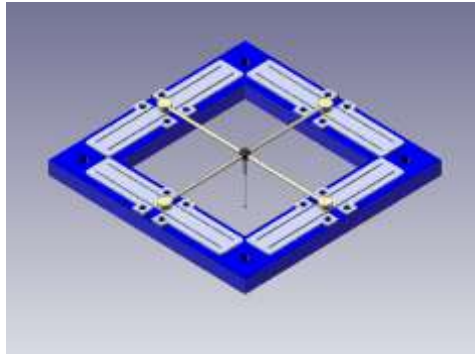
4. ábra Egy főtengely menti kitérítés

Dinamikus vizsgálatokat azzal a céllal végeztük, hogy megállapítsuk a tapintónak, mint rendszernek a csillapítását és a tapintó mozgatása során a tehetetlenségből adódó kitérítést. A kialakított konstrukciókban a rendszer csillapítását a kicsiny mozgó tömegek miatt alapvetően a felhasznált rugóanyag belső csillapítása határozza meg. Mivel a rendszer csillapítása határozza meg egy-egy térbeli pont helyzetének meghatározásához szükséges időt, ezért ez az adat fontos a felhasználás szempontjából. Vizsgálataink szerint ez az adott konstrukciók esetén nem haladja meg a 0,1 másodpercet. A járatos mérési mozgások mellett a gyorsulás okozta kitérítés, a kicsiny mozgó tömegek miatt elhanyagolható.

A hibakompenzáció elsődleges célja a tapintócsúcs deformációjának kompenzálása a kitérítés irányának és nagyságának ismeretében. A tapintót, mint egyik végén befogott két állandó keresztmetszetű rúdból álló tartót modelleztük. Ezzel a gyakorlatban használatos valamennyi tapintócsúcs modellezhető. A kompenzáció meghatározásánál figyelembe vettük a

hőmérsékletváltozás hatását is, amely a tapintócsúcs hosszának megváltozásaként jelenik meg. A kompenzáció révén a rendszeres mérési hiba mintegy 25%-kal volt csökkenthető. A számításokat a mérőfejbe beépített mikrokontrollerrel végeztetjük el

A fent bemutatott három konstrukcióval szerzett tapasztalatok alapján egy újabb változatot készítettünk, azzal a céllal, hogy a parazitamozgásokat a lehető legkisebb mértékűre csökkentsük.



5. ábra Az új mérőfej konstrukció

Az elért eredmények hasznosítása érdekében a kutatásokat három irányban folytatjuk tovább:

- nanoNewton nagyságrendű erők mérésére szolgáló erőmérő kidolgozása a visszatérítő rugók pontosabb vizsgálata érdekében,
- a különböző rugóanyagok belső hiszterézisének vizsgálata
- a kialakított tapintók élettartam vizsgálata

A zárójelentés részét képező, már megjelent közleményeken kívül további négy nemzetközi konferencián elfogadott előadásunk (INES 2009, SAMI 2009, SACI 2009, MSM 2009), egy magyar nyelvű szakmai és két idegen nyelvű hazai tudományos folyóirat által elfogadott és két nemzetközi folyóirathoz beküldött cikkünk van.