

## 1.félévi beszámoló

**Varga Dániel** (varga.daniel@wigner.hu)

Statisztikus Fizika, Biológiai Fizika és Kvantumrendszerek Fizikája PhD  
program

Témavezetők: Domokos Péter, Dombi András

(Wigner FK, Kvantumoptika „Lendület” Kutatócsoport)

Dolgozat címe: *Fény-anyag kvantuminterfész*

### **Bevezetés:**

A “Fény-anyag kvantuminterfész” címen meghirdetett doktori kutatási téma fókuszában az ultrahideg atomok fizikája és a rezonátoros kvantumelektrodinamika áll.

A Wigner Fizikai Kutatóközpontban működő kvantumoptika laborban atomi szintű fény-anyag kölcsönhatást vizsgáló kvantumelektrodinamikai kísérleteket végeznek. Ultranagy vákuumban elhelyezett magneto-optikai csapdában gyűjtött és lézeresen hűtött rubídium atomokat egy Fabry-Perot típusú üregrezonátorban létrehozott egymódusú optikai mezővel hoznak kölcsönhatásba, kontrollált módon. A módus és az atomok között létrejövő kollektíven erős, elektromos dipólkölcsönhatás miatt a rendszer nemlineáris optikai jelenségek vizsgálatára alkalmas. Emellett az erős csatolás lehetővé teszi kvantuminformáció koherens átadását fény és atomi hordozók között.

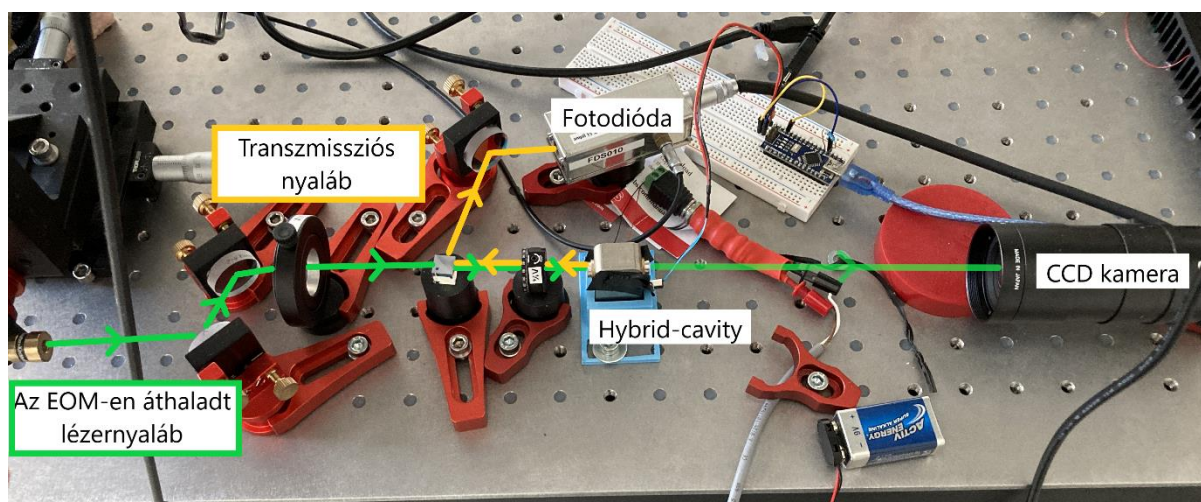
A doktori kutatómunka fő feladata egy hasonló rendszer megépítése és beüzemelése, amelyben a csapdázott, hideg atomokat a lézerek mellett közeltér mikrohullámú mezőkkel is lehet gerjeszteni.

Az optikai és mikrohullámú frekvenciatartomány együttes használatának motivációja a kvantumszámítási műveletek és a nagy távolságú kvantumkommunikáció összekapcsolása. Előbbit többnyire a mikrohullámú tartományban végzik, míg az adattovábbításnál fényjel közvetíti a kvantum információkat, optikai szálakon keresztül.

## Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

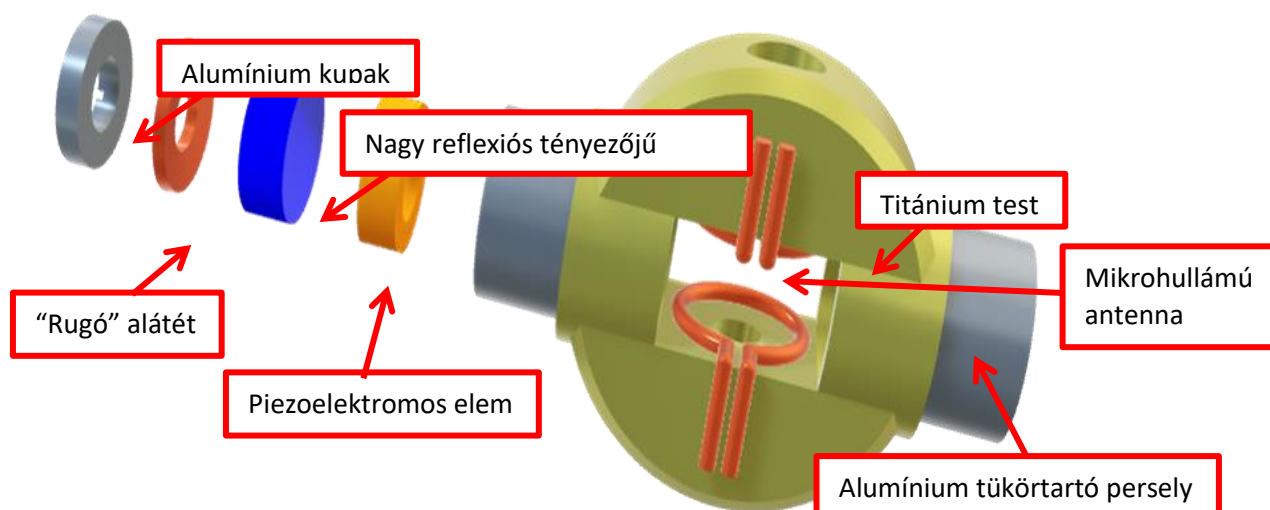
Ebben a félévben az új atom-foton kísérleti rendszer építésével foglalkoztam. Az egyik feladat a lézer optika beüzemelése és optimalizálása, a másik a mikrohullámú és optikai részt is tartalmazó rezonátor megépítése és tesztelése volt.

Elsőként a lézer optikai útjának kiépítését végeztem, azért, hogy a lézernyalábot be tudjam csatolni a rezonátorba. Ehhez a fényt optikai szálba csatoltam, és tükrök segítségével juttattam el az asztal megfelelő pontjára, ahol további elemek, polarizáció forgatók és nyalábosztók fölhasználásával építettem ki a rezonátor teszteléshez használt rendszert, 1.ábra.



1.ábra A rezonátor teszteléséhez kiépített optikai rendszer

Ezt követően a rezonátor építését és tesztelését végeztem, amivel alacsony intenzitású mikrohullámú és optikai mezők keverését valósítjuk meg, saját tervezésű közeltér-antenna segítségével, 2.ábra.



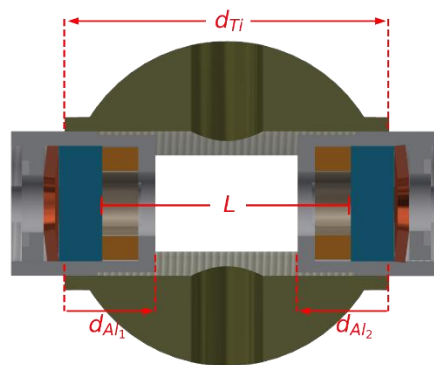
2.ábra A "hybrid-cavity" felépítése, a mikrohullámú közeltér hurkok antennával

A teszteléshez elsőként módust kerestem az optikai rezonátorban, ami precíziós és időigényes munka, mivel nagy reflexivitással,  $>99.6\%$  rendelkező tükröket használunk, 2.ábra.

Ezt követően végeztem a rezonátor mechanikai részének vizsgálatát, mely két különböző hőtágulású, megfelelően elhelyezett anyagból épül fel, így hőmérsékletváltozás esetén a tükrőtávolság ( $L$ ) változás kompenzálódik, 3. ábra. Ennek a kompozíciónak a hőmérséklet stabilitását vizsgáltam a tükrőtartó perselyek pozíciójának függvényében, megkeresve egy ideális pontot. Elméletileg lehetséges olyan alumínium-titán arányt beállítani, hogy  $\Delta T$  hőmérsékletváltozás során ne változzon a rezonátor hossza, vagyis  $\Delta d=0$ . Ehhez teljesülnie kell, hogy a titántest tágulása megegyezik az alumíniumperselyek tágulásával.

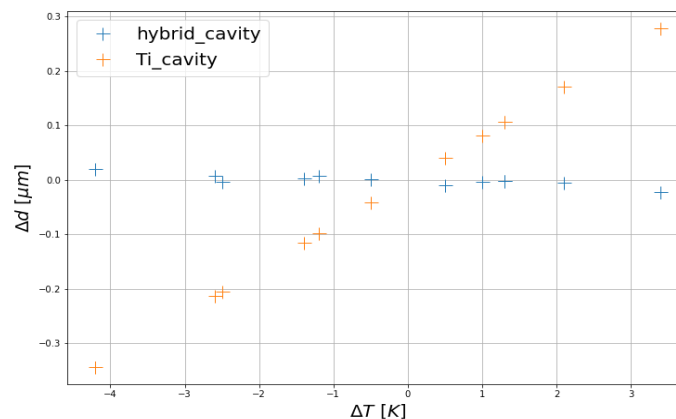
$$d_{Ti} \cdot \alpha_{Ti} \cdot \Delta T = (d_{Al_1} + d_{Al_2}) \cdot \alpha_{Al} \cdot \Delta T$$

Ahol  $d_{Ti}$  a titán test hossza,  $d_{Al_1}, d_{Al_2}$  az alumínium perselyek hossza a rezonátortesten belül és  $\alpha_{Ti}, \alpha_{Al}$  a titán és az alumínium lineáris hőtágulási együtthatója.



3. ábra A „hybrid-cavity” hőkompenzációja

Az általam elért legjobb beállításban a tiszta titánhoz képest egy nagyság renddel kisebb hőtágulást értem el, ami már elegendő ahhoz, hogy a maradék eltérést a tükröket mozgatni képes piezoelektromos elemekkel kompenzálni tudjuk, 4. ábra.



4. ábra A beállított rezonátor, „hybrid-cavity” és egy tiszta titán rezonátor hőtágulásának összehasonlítása.

**Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben:**

A félév során általam végzett kurzusok:

- Bevezetés a kvantumoptikába EA (FIZ/3/029E)
- Klaszterezés hálózatokkal (1)
- Nyitott kvantumrendszerek elméletei (FIZ/3/066E)

**Konferenciák az aktuális félévben:**

- Quanterra MOCA „kickoff” meeting, szakmai konferencián vettem részt Bordeaux-ban, ahol posztert mutattam be az általam épített és tesztelt rezonátorról