

Opponensi vélemény

Varjú Katalin

Attoszekundumos impulzusok keltése, karakterizálása és alkalmazásai

című doktori értekezéséről

Varjú Katalin rövid értekezést nyújtott be az MTA Doktora cím elnyeréséhez.

Az értekezésben bemutatott Kutatási eredményei 2005 és napjaink között születtek, melyekhez Varjú Katalin korábban a Lund University-nél (Svédország) Anne L'Huillier irányítása alatt ért el jelentős eredményeket, amelyeket tucatnyi közös publikáció is igazol. A Szegedi Tudományegyetem Optika és Kvantumelektronika Tanszéke szintén fontos állomást töltött be tudományos pályája során. Együttműködést folytatott a Wigner Fizikai Kutatóközpont Ultragyors Nanooptika Csoportjával is. Megalakulása óta elvághatatlan szálak kötik az ELI-ALPS Kutatóközponthoz, 2019 óta az intézmény tudományos igazgatója.

Az attoszekundumos kutatások fontossága vitathatatlan, amit a 2023-as fizikai Nobel-díj is alátámaszt, amelyet az attoszekundumos fényimpulzusok kifejlesztéséért és azok az elektronok dinamikájának tanulmányozásában betöltött szerepéért ítéltek oda.

A benyújtott értekezés 44 oldalas, ami kiegészül az értekezéshez és a tézispontokhoz kapcsolódó 24 közlemény megadásával, illetve egy 142 tételes felsorolással a szakirodalmi hivatkozásokat illetően.

A dolgozat felépítése az impulzuskarakterizálás - modellalkotás - alkalmazások elv szerint rendeződik, e három egység logikailag, tartalmilag szervesen összefügg egymással. Az attoszekundumos impulzusok keltésével új tudomány nyílt meg. Nem csupán az impulzuskeltés módja különbözik merőben a femtoszekundumos impulzusok generálási módszerétől; az impulzuskarakterizálási technikákat is ki kellett dolgozni. A bevezetést követő fejezetben az impulzusok időbeli karakterizálásával kapcsolatos módszerekkel kapcsolatos eredményeit foglalja össze a szerző, különös tekintettel a RABITT, az XFROG és XUV autokorrelációs módszerekre. A modellalkotás két fő pontra összpontosul: a lézer-atom kölcsönhatás leírására, illetve a kiterjedt közegbeli hatásokra, különös tekintettel a fázisillesztésre. Az alkalmazások az attoszekundumos forrásfejlesztésre, és az attoszekundumos vizsgálati módszerekre koncentrálnak.

A dolgozat kivitelezése esztétikus, nyelvezete világos, érthető. Mindössze néhány elgépelést találtam (10. oldal: hullámforntok, 25. oldal: következhetünk).

A jelölt tudományos eredményeit 13 tézispontban foglalja össze, melyek közül 7 tézispont két alpontból áll. Minden tézis(al)pont saját publikációval alátámasztott. A tézispontokat az értekezés hármass felépítése szerint strukturálja. **Valamennyi tézispontot a jelölt önálló tudományos eredményeként ismerem el.**

Kérem a jelöltet, hogy néhány, az értekezés olvasása során bennem felmerült kérdésre a nyilvános védésen válaszoljon!

Kérdéseim:

1. Az attoszekundumos impulzusok amplitúdó és fáziskontrollja kapcsán elért eredmények [T5] voltak az első lépések a tetszőleges formájú attoszekundumos impulzusok előállításának irányába. Kb. 10 évre rá (2015 környékén) részt vett genetikai algoritmus fejlesztésében a célzott attoszekundumos impulzusstruktúra eléréséhez [T6, T7]. Kérem vázolja a technika mai állását a formázott attoszekundumos impulzusok tekintetében, és térjen ki az alkalmazásokra is!
2. A rétegszerkezet, az alkalmazott anyagok, illetve gyártástechnológiai szempontok alapján kérem, hasonlítsa össze a femtoszekundumos technikában használt csörpölt tükröket az attoszekundumos tartományra kifejlesztett többrétegű tükrökkel!
3. Az XUV kompresszor optimális rácsparaméterei az aberrációk minimalizálása alapján lettek meghatározva sugárkövetésen alapuló analízis alapján, ahogy az [T5]-ből kiderül. Milyen programmal lettek végezve a szimulációk?
4. Számításba jöhetnek-e az alumíniumon és cirkóniumon kívül más, megfelelő diszperziós és transzmissziós tulajdonsággal rendelkező anyagok az attoszekundumos impulzusok chirpjének kompenzálására?
5. Létrejöhethet-e az attoszekundumos impulzust keltő gázközegben a gáz diszperziós karakterisztikájából fakadóan olyan mértékű önkompresszió, mely során transzformáció limitált impulzusokhoz jutunk? Mik a korlátok?
6. Terahertzes impulzusok segédtere az attoszekundum-generálás során a fázisillesztés megvalósításához egy hatékony lehetőség. A numerikus szimulációkhoz jellemzően a korabeli, kísérletileg elérhető THz-es impulzusok paramétereit használták. A terahertzes technikák elmúlt évtizedbeli fejlődése azonban felveti a kérdést, hogy a ma rendelkezésre álló THz-es források optimálisabb feltételeket teremtenek-e az attoszekundumos impulzusok keltésére nézve?

Összefoglalásképpen kiemelem Varjú Katalin hiteles adatokon nyugvó, igen értékes, széleskörű elméleti és gyakorlati munkásságát, amely jelentősen hozzájárult a tudományterület fejlődéséhez, mely által a jelölt meghatározó vezető szereplővé vált hazai és nemzetközi szinten.

Varjú Katalin disszertációját rendkívül értékes munkának tartom, melyben bemutatott eredmények összessége **messzemenően megfelel az MTA doktora fokozat követelményeinek. Támogatom az értekezés nyilvános vitára való bocsátását és sikeres védelem esetén az MTA doktora fokozat odaítélését.**

Pécs, 2025. 06. 03.



Pálfalvi László