

ATTOSZEKUNDUMOS FÉNYFORRÁS GENETIKUS OPTIMALIZÁLÁSA

Balogh I.,¹ Bódi B.,² V. Tosa,³ E. Goulielmakis,⁴ Varjú K.,^{1,5} és Dombi P.^{2,4,5}

¹Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6720 Szeged

²Wigner Fizikai Kutatóintézet, MTA Lendület Ultragyors Nanooptika csoport, 1121 Budapest

³National Institute for R&D of Isotopic and Molecular Technologies, 400293 Cluj-Napoca, Romania

⁴Max-Planck-Institut für Quantenoptik, 85748 Garching, Germany

⁵ELI-HU Nonprofit Kft., 6720 Szeged

Az ultragyors optika egyik alapvető célja minél rövidebb lézerimpulzusok előállítása és felhasználása; időfelbontott mérésekkel az attoszekundum skáláján lejátszódó folyamatok mérhetők, például a fotoionizáció[2] vagy az Auger-folyamatok[3].

Tipikusan a HHG magasharmonikus keltés módszere alkalmas erre, melynek során egy erősített femtoszekundumos impulzust egy gázcellába vagy szilárdtestre fókuszálva az eredeti (gyakran infravörös) frekvencia páratlan felharmónikusai emittálódnak. Az így létrejött sugárzást spektrálisan megfelelően szűrve attoszekundumos impulzusok is nyerhetők. Az így nyert XUV nyalábot kettéosztva használható pumpa-próba mérésre, ahol két fotonra van szükség egy mérhető (ionizáció, disszociáció) atomi vagy molekuláris folyamathoz.

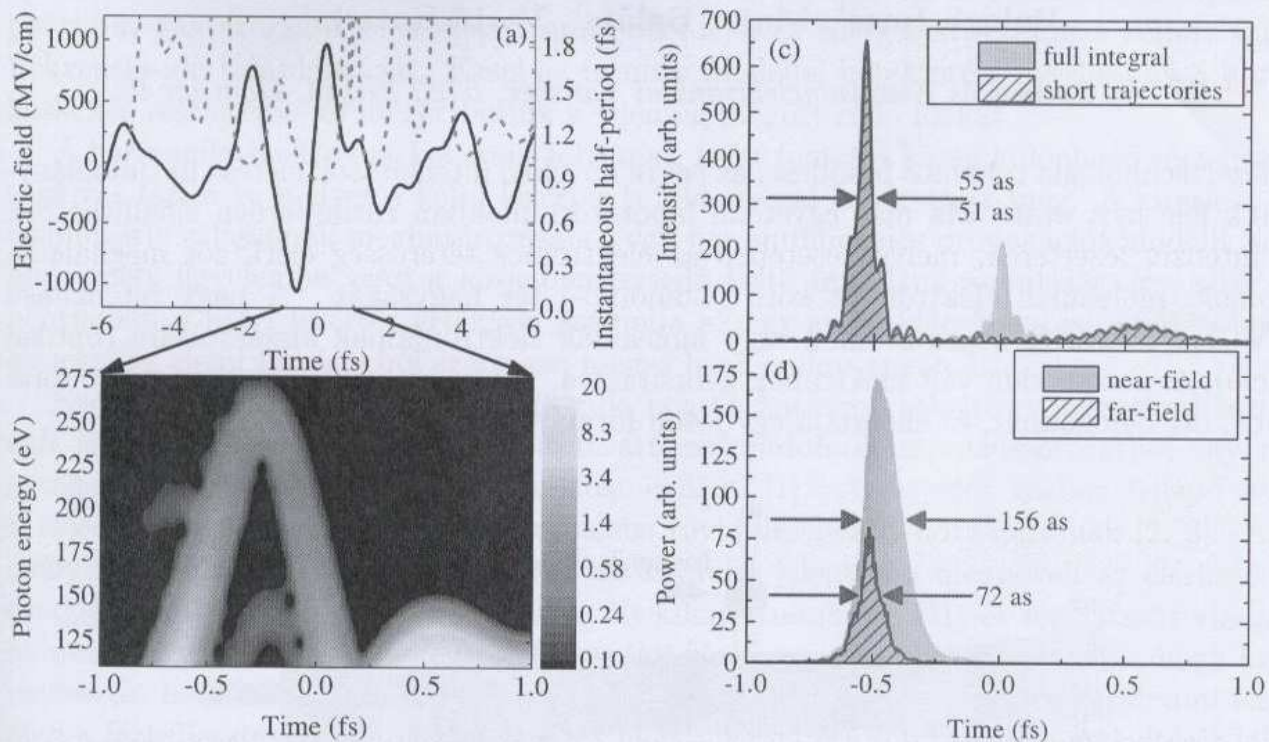
Újabb fejlesztések történtek a lézerimpulzus alakformálásának irányába infravörös és XUV esetében is. Munkánk során egy ilyen „fényforrás szintetizátort” modelleztünk számítógépes szimulációval. Itt[4] egy széles spektrumú (1040-347nm) fehér fényt vágtak három tartományra (698 ill. 501nm), majd ezeket kissé megváltoztatva illesztették össze a HHG folyamathoz.

Az eredeti elrendezést kissé módosítottuk, így az optikai elemek paraméterei (pl. az ékpárban a fény útja) helyett praktikusabb választással éltünk; vivő-burkoló fázisok, relatív amplitúdók és időbeli eltolások definiálják a változást az egyes csatornában. Az eredeti három kísérleti hullámalak mellé egy negyediket adtunk szupergausszi formában az UV régióban (272nm-ig), hasonlóként kísérletileg akkor tervezték hozzáadni a rendszerhez. Az így összeillesztett nyalábot 10^{15} W/cm² intenzitásra normálva a HHG egyatomos választ számoltuk az erős-tér közelítésben[5] Ne gázban, majd a fentebb írt spektrális szűrés adja az atto-impulzust.

Az atto-impulzus alakját-tulajdonságát egyetlen függvénnyel értékeljük, melynek értéke nagyobb, ha az alak megfelelőbb a célnak. Az így nyert paraméterhalmazon tehát ez egy szélsőérték-keresés, megfelelő illeszkedési-paraméter választásával, melyet genetikussal oldottunk meg. Ennek során a programkód véletlenszerűen választ pontokat a paramétertérben, majd egy kezdeti egyedpopulációt, mint pontok halmazát változtatja minden generációban, kiválogatva a legjobbakat az evolúció ötletét utánozva, eredményként szélsőértéket ad, ami akár a globális is lehet. Célfüggvényeként több variációt is kipróbáltunk, ezek eredményét pedig 3D propagációs algoritmussal teszteltük.

Az első cél egy minél rövidebb atto-impulzus előállítása volt. A félértékszélesség, mint célfüggvény nem működött, mert a minél rövidebb impulzushoz az algoritmus épp a félérték alatti mellékcsúcsokat adott eredményként, ezért a csúcs tizedérték-szélességét is belefoglaltuk a definícióba. Az így elért 55as FWHM hosszúságot csak a rövid elektrontrajektóriákra való korlátozással (kísérletileg is szétválasztható) 51as-ra csökkentti. A 2012-ben kísérletileg felállított 67as világrekordot nem volt célunk túlszárnyalni, inkább a módszer hatékonyságára voltunk kíváncsiak. A propagációs kód hosszú lefutása miatt nem is volt célunk ezt tovább

optimalizálni, az egyatomos válasz eredmény bemenetét használtuk a 3D számoláshoz. Ez ebben az esetben 156as-ra nyúlt a közeltérben, mely megfelelő térbeli szűréssel 72as-ra javítható. A másik esetben attoszekundumos duplaimpulzus volt a cél, azonos amplitúdóval és a



1. ábra. A rövidimpulzus futás eredménye. (a) Meghajtó tér és az azonnali félperiódus. (b) A dipólsugárzás által Az idő-frekvencia analízis. (c) A genetikus algoritmus eredménye, az egyatomos válasz rövid trajektóriákra és teljes integrálással. (d) A propagációs eredmény közel- és távotérben.

késleltetés hangolhatóságának ötletével. Egy triviális megoldás, ha a keltő tér félperiódusa az impulzusok közti távolság, melyet igyekeztünk elkerülni; a négy csatornát tekintve ez eleve nem jól definiált. 300, 700 és 900as késleltetések közül az utóbbiaknál időbeli szeparációt ad az idő-frekvencia analízis, a 300as esetében viszont egy csúcsot válik szét a rövid és hosszú trajektóriás megoldások miatt. A 3D propagáció az atto-impulzusokat kissé eltorzította, de azok duplaimpulzus jellege megmaradt, bár az amplitúdó arányok is megváltoztak.

Hivatkozások

- [1] E. Balogh, B. Bódi, V. Tosa, E. Goulielmakis, K. Varjú and P. Dombi, *Phys. Rev. A* **90**, 023855 (2014).
- [2] M. Schultze et al., *Science* **328**, 1658 (2010).
- [3] M. Drescher, M. Hentschel, R. Kienberger, M. Uiberacker, V. Yakovlev, A. Scrinzi, T. Westerwalbesloh, U. Kleineberg et al., *Phys. Rev. Lett.* **419**, 803 (2002).
- [4] A. Wirth, M.T. Hassan, I. Grguras, J. Gagnon, A. Moulet, T.T. Luu, S. Pabst, R. Santra, Z.A. Alahmed, A.M. Azzeer, V.S. Yakovlev, V. Pervak, F. Krausz, and E. Goulielmakis, *Science* **334**, 195 (2011).
- [5] M. Lewenstein, P. Balcou, M.Y. Ivanov, A. L'Huillier, and P.B. Corkum, *Phys. Rev. A* **49**, 2117 (1994).