

Opponensi vélemény

Fülöp József András

„Nagy intenzitású impulzusok a terahertzes és a látható tartományban” című
MTA doktori értekezésről

Fülöp József értekezésében látható, infravörös és terahertzes (távoli infravörös) nagyteljesítményű elektromágneses impulzusok keltésének elméleti és kísérleti vizsgálatával foglalkozik.

Ezek az új fényforrások a tudomány és a technika számos területén új alkalmazásokat tesznek lehetővé.

A benyújtott értekezés 106 oldal, gondosan kivitelezett angol nyelvű munka, szép, de a láthatóság határán még éppencsak innen lévő méretű ábrákkal.

Az olvasást megnehezíti a nagyszámú rövidítés alkalmazása, még a majdnem teljes rövidítéslista használatával is.

A tézisekben közölt eredményeit 17 magas színvonalú, nemzetközi referált publikációban tette közzé, a közölt adatok hitelesnek tekinthetők.

Legfontosabb eredményei a következők:

A látható -és infravörös fényimpulzusok előállítása területén egy szellemes megoldású interferométert fejlesztett ki, amellyel optikai paraméteres erősítők széles tartományban változtatható impulzusalakú pumpálása valósítható meg, és ennek alkalmazásával optikai paraméteres csörpölt impulzusú erősítő rendszerrel 150 μJ energiájú, 8 fs impulzusoka tudott előállítani. A módszer alkalmazható nagyobb energiájú rendszerekben is.

A terahertzes források területén a legfontosabb eredményei:

- Elméleti numerikus modellt fejlesztett ki a döntött impulzusfrontú gerjesztésű, optikai egyenirányítás alapú terahertzes források leírására és optimalizálására több működési paraméter függvényében;
- Megvizsgálta, milyen pumpáló nyalábbal optimalizálható a terahertzes impulzusok keltésének határfoka és a nyaláb minősége;

- Az elméletileg megjósolt impulzusenergia növekedését a pumpáló impulzushossz növelésének határa kísérletileg is igazolta;
- A terahertz – keltés határfokának a LiNbO₃ kristály hűtésével való - elméletileg megjósolt - növekedését kísérletileg is igazolta;
- Mindezek alapján rekord energiájú, illetve térerősségű terahertzes impulzusokat állított elő;
- Felismerte, hogy a keltett terahertzes impulzus nemlineáris kölcsönhatás révén az őt keltő pumpáló impulzus spektrumát kiszélesítheti és ez a keltett nyaláb torzulásához vezethet;
- Javaslatot tett hullámvezető struktúrájú terahertzes forrásra, melynek modellezésével megmutatta, hogy azzal a tömbi eszközhöz képest jelentősen nagyobb határfok, ismétlődési frekvencia és spektrális intenzitás érhető el;
- Elméletileg és kísérletileg vizsgálta félvezető anyagok (ZnTe, GaP) terahertzes sugárzás keltésére való alkalmazhatóságát és megmutatta, hogy a LiNbO₃-ot meghaladó határfok is elérhető elegendően kis pumpáló fotonenergia alkalmazásával, jó nyalábparaméterek és nagy impulzusenergia mellett. Kísérletei során rekord 14 μ J impulzusenergiát ért el.

Kérdéseim a következők:

1. Az ω_0 frekvenciájú pumpáló nyaláb közötti és az $\omega_0 + \Omega$ frekvenciájú keltett nyaláb közötti $\varepsilon(\omega)$ a döntött impulzusfrontú gerjesztésénél mindig kicsi? (16. oldal)
2. Az optikai egyenirányításhoz miért ferroelektromos anyagok alkalmasak? (16. oldal)
3. Mi az effektív nemlineáris koefficiens meghatározása? (17. oldal)
4. A pumpáló impulzusalak formáló interferométer határfoka 20-25%. Mi okozza a veszteségeket? Ha az impulzusok nem fednek át időben (19 ps impulzuszélesség, 25 ps eltolódás) a pumpálás modulációja nem okoz problémát? (28. oldal)
5. Ismertesse a LiNbO₃ THz-es forrás működésének leírásakor említett kaszkád folyamatokat, valamint ezek elhanyagolásának indokait! (36. oldal)

6. A kijelentését, melyben azt állítja, hogy a szabad töltéshordozók csak kismértékben befolyásolják a törésmutató valós részét a vizsgált pumpáló intenzitás tartományában elméletileg, vagy kísérleti eredményekkel tudja alátámasztani? (37. oldal)
7. Ismertesse az optimalizált terahertz leképező optika felépítését! (44. oldal)
8. A LiNbO_3 effektív nonlinearitása hogyan befolyásolja a terahertz keltés hatásfokát? (44. oldal)
9. Mutassa be, hogy a leképezés hibái miatt hogyan néz ki a görbült képfelület és az impulzusfront a döntött fázisfrontú pumpálású LiNbO_3 -ban! (45. oldal)
10. Működés szempontjából miért jobb a kontaktrácsos pumpálás, mint az 1:1 teleszkópos leképezés alkalmazása? (46. oldal)
11. Javasol a becsatolásra ± 1 diffrakciós renddel rendelkező holografikus rácsot. Mutassa meg, hogy mindkét rend azonos fázisú THz-es hullámot kelt! (42. oldal)
12. A 3. fejezet számításai szerint 500 fs az ideális pumpáló impulzushossz. Az 5.3. fejezetben ismertetett kísérletben miért használt jóval hosszabb pumpáló impulzust? Csak technikai okok miatt? Mennyivel lennének jobbak a mért értékek az optimális pumpa-paraméterekkel? (50. oldal)
13. Optimalizált döntött impulzusfrontú pumpálás esetén is görbült a terahertzes impulzusfront. Hogy néz ez ki? (51. oldal)
14. A terahertzes impulzusok energiájának mérésekor a pyroelektromos detektorok előtt gyengítőként kartonlapokat használt. Mennyire megbízható ez a technika, (53. oldal)
15. 10 mJ pumpáló energia felett gyorsabban nő-e a terahertzes impulzusenergia a pumpáló energiával, mint 10 mJ alatt LiNbO_3 -ban? Erre magyarázatként a generált terahertzes hullám és a pumpáló hullám nemlineáris kölcsönhatását említi. Kérem, magyarázza el ezt a mechanizmust! (54. oldal)
16. A 39. ábra szerinti nyaláb méret- és eltolás értékek kvantitatíve egyeztek a számolt értékekkel? (62. oldal)
17. Az abszorpció-csökkentett hullámvezető terahertzes forrás pumpálható teleszkópos vagy kontaktrácsos technikával? (65. oldal)
18. A 42. ábrán a hullámvezető forrás működése van összehasonlítva a tömbi forrással. A tömbi forrás paraméterei (pumpa geometria, pompa

energia, hőmérséklet) mik voltak? (66. oldal)

19. Az 1. táblázatban előrevetített hullámvezető terahertzes források megvalósultak-e, és milyen paramétereket sikerült elérni? (67. oldal)
20. A nagy pumpáló fázisfront dőlésszög LiNbO_3 -ban miért korlátozza a terahertzes energia növelését? (69. oldal)
21. Félvezető terahertzes forrásoknál a pumpáló impulzusok hosszának növelése hozhat-e olyan előnyöket, mint LiNbO_3 -nál? (74. oldal)
22. A monolitikus kontaktrácsos félvezető terahertzes forrás esetén a ± 1 rend interferenciája nem zavaró? (75. oldal)
23. A 47 (b). ábrán milyen irányúak a rácsvonalak? (76. oldal)
24. A 49 (c) és az 53 (c) ábrán miért tér el az EOS-al kapott eredménye az autokorrelátorral kapottól? (78. oldal, 84. oldal)

Fülöp József András benyújtott téziseit új tudományos eredményeknek ismerem el, a doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom, a nyilvános védés kitűzését javaslom.



Dr. Richter Péter
egyetemi tanár

Budapest, 2018-07-10