

UNKP Szakmai beszámoló

Illés Gergő - HHU75J

1. A kutatási tervben említettek teljesítése

1.1. Első szakasz (5 hónap)

A szeptembertől januárig tartó 5 hónapra terveztük a „*Terahertzes impulzusok előállítása mikrostrukturált lítium niobát kristályban*” című TDK dolgozatban bemutatott eredményeit felhasználva illetve azokat bővítve egy nemzetközi publikációt megírni. Ez meg is valósult a 2022. március 22. és 25. között az amerikai Optica (előzőleg OSA) által megrendezésre került High-Brightness Sources and Light-Driven Interactions Congress keretein belül [1]. A konferencián az anyag poszter formájában került bemutatásra, amely poszter kéziratának leadási határideje 2021. december 21. volt. A poszteren szerepeltek a TDK dolgozatban bemutatott eredmények amelyek bemutatták, hogy az egyes geometriai paraméterek megváltoztatása hogyan befolyásolja a keletkező terahertzes (továbbiakban THz-es) impulzusok alakját a nyaláb keresztmetszete mentén. A poszter tárgyalta még az elrendezésben használt optikai rács orientációjának fontosságát, számítási eredményeket mutat be arról, hogy a Littrow-szögtől való eltérés függvényében hogyan változik az elrendezés hatásfoka. Új eredményként bemutatásra került egy olyan számítássorozat amely vizsgálja azt, hogy a kristályhossz és a pumpa nyalábméretének függvényében hogy alakul egy optimalizált elrendezés hatásfoka, illetve az elrendezés által keltett THz-es impulzus energiája.

Ezzel egy időben megkezdtük egy új THz-es numerikus modell elkészítését amely már figyelembe veszi a THz-es jel visszahatását a pumpaimpulzusra. Ezen modell elkészítéshez [2] cikket vettük alapul. A modell elkészítésekor a nehézséget a csatolt differenciálegyenlet rendszer megoldása okozta. Ehhez saját magam írtam egy olyan kódot ami tetszőleges számú tagból álló első fokú differenciálegyenlet-rendszert képes megoldani negyed rendű Runge-Kutta módszerrel. Megkezdtük a kód tesztelését technikai szempontból. Vizsgáltuk a szükséges térbeli, illetve időbeli felbontást olyan tekintetben, hogy milyen felbontások szükségesek a stabil megoldáshoz. Fizikailag és informatikailag optimalizáltuk a kódot gyorsabb futási idők elérése érdekében. Egyes számítások amelyek ezen kód készültségének korai fázisában készültek szintén bemutatásra kerültek a High-Brightness Sources and Light-Driven Interactions Congress-en rövid előadás formájában [3].

2. Második szakasz (5 hónap)

A második szakaszban ezen 1D+1-es kód továbbfejlesztésén dolgoztam elsősorban, valamint részletesen vizsgáltam a kapott eredményeket az egyszerűbb visszahatás nélküli modellel összehasonlítva. Ezen összehasonlítások elsősorban a keltési hatásfokra, valamint a THz-es térerősség időbeli alakjára vonatkoztak. Ezek a számítások azt mutatták hogy a döntött impulzusfrontú gerjesztés elrendezésénél a visszahatás következtében a hatásfok átlagosan ötödére csökkent, a

kristályhossz amelynél a hatásfok maximális szintén átlagosan a negyedére esett vissza. A „*Terahertzes impulzusok terjedésének és keltésének modellezése*” című szakdolgozatomban részletesen beszámoltam a két modell közti különbségről.

Tovább vizsgáltam az új visszahatásos modellt egy optimális beállítást keresve. Optimalizáltam az elrendezést a pumpaimpulzus hossza, pumpáló intenzitás és az impulzusfront döntés szöge szerint. Megvizsgáltam hogy ezen paraméterek hogyan alakítják a keltési hatásfokot, valamint vizsgáltam a THz-es impulzus időbeli alakját és spektrumát.

A szakdolgozat írásával egy időben elkezdtünk fejleszteni egy olyan modellt ami már 2 térbeli dimenzióban számol. Ezen modellt alapját [4] képzi. Az itt bemutatott módszer előnyös, mert a parciális differenciálegyenleteket Fourier-transzformálásokon keresztül közönséges differenciálegyenletekké alakíthatók. Így nincs szükség végeselem módszerek használatára ami azt jelenti hogy a számítások gyorsabban futhatnak kevesebb memóriahasználat mellett. A cikkben azonban vannak matematikai hibák, amelyek lassították a modell fejlesztését. Nehézséget okoz továbbá az is, hogy a két dimenzió miatt a számítások sok memóriát használnak fel annak ellenére hogy nem végeselem módszerekkel dolgozunk. Ezt úgy tudjuk enyhíteni ha csökkentjük a térbeli és időbeli felbontást, ekkor azonban már jelentkezhettek numerikus hibák. A modell eddig a döntött frontú pumpaimpulzus lineáris terjedését képes modellezni, aminek helyességét analitikus formulák által kapott eredményekkel validáltuk.

A modellt további munka során be fogjuk fejezni, mert számos lehetőséget tartogat. Számunkra a legfontosabb az, hogy ezzel a modellel már képesek leszünk olyan elrendezéseket modellezni nagy pontossággal amelyek felülete mikroszkopikusan megmunkált mint például a leképzés nélküli echelon elrendezés [5].

Hivatkozások

- [1] G. Illés, Z. Tibai, L. Pálfalvi és tsai., „Terahertz Generation by Imaging-free Nonlinear Echelon Slab”, *High Intensity Lasers and High Field Phenomena*, Optica Publishing Group, 2022, JW5A–13.
- [2] K. Ravi, W. R. Huang, S. Carbajo, X. Wu és F. Kärtner, „Limitations to THz generation by optical rectification using tilted pulse fronts”, *Optics express*, 22. évf., 17. sz., 20239–20251. old., 2014.
- [3] L. Nasi, G. Illés, G. Nazymbekhov, L. Pálfalvi, J. Hebling és G. Tóth, „Comparison of Lithium Niobate Based Multicycle Terahertz Sources for Pulse Shape Control”, *Mid-Infrared Coherent Sources*, Optica Publishing Group, 2022, MTh3C–2.
- [4] K. Ravi, W. R. Huang, S. Carbajo és tsai., „Theory of terahertz generation by optical rectification using tilted-pulse-fronts”, *Optics express*, 23. évf., 4. sz., 5253–5276. old., 2015.
- [5] G. Tóth, L. Pálfalvi, J. A. Fülöp és tsai., „Numerical investigation of imaging-free terahertz generation setup using segmented tilted-pulse-front excitation”, *Optics express*, 27. évf., 5. sz., 7762–7775. old., 2019.