

Opponensi vélemény Bánhegyi Balázs PhD disszertációról

Bánhegyi Balázs „Femtosekundumos közeli infravörös lézerimpulzusok és szilárdtestek ultragyors nano-optikai kölcsönhatásai” című dolgozata a Motiváció és kutatási célok, Bevezetés, A kapcsolódó szakirodalom áttekintése, Eredmények és Összefoglalás fejezetből áll.

A dolgozat összefoglalja Bánhegyi Balázs közeli infravörös femtosekundumos lézerimpulzusok szilárd nanoszerkezetekkel ultragyors kölcsönhatásai területén elért kutatási eredményeit.

Ehhez a tudományterülethez tartozik a régóta kutatott periodikus szerkezetek lézerefénnyel történő gerjesztése vezetők, félvezetők és dielektrikumok felületén, valamint ezek alkalmazásai nemlineáris fény-anyag kölcsönhatásokban a kutatás és a technológia területén. Ez a témakör a disszertáció egyik kutatási területe.

A disszertáció másik kutatási témája, amely foglalkozik a plazmonikus nanorészecskék térnövekményének maximalizálásával, egy valóban aktív és aktuális kutatási terület, melynek eredményeit többek között az elektromágneses sugárzás hullámhossz alatti térbeli koncentrációjára, és ezáltal a nanorészecskék közeli mezőinek jelentős növekedésére is fel lehet használni. Ez utóbbi fontos szerepet játszik az olyan alkalmazásokban, mint a felület-erősített Raman - spektroszkópia és kémiai és biológiai érzékeny szenzorok és fotovoltaiikus cellák fejlesztése.

A disszertáció harmadik kutatási témája: a nanostruktúrákban lézertérrel indukált ultra-gyors fotoemisszió egy aktívan kutatott és aktuális tudományterület. Ezek a fotoemissziós folyamatok eltérnek az atomok és molekulák hasonló folyamatoktól. A különbség lényege a nanosztruktúrák által biztosított elektromágneses terek jelentős növekedése a nanostruktúrák közelében, ami új fizikai jelenségekhez vezet.

A Bevezetőben a pályázó röviden bemutatja a nemlineáris optika alapjait, valamint a felületi plazmonpolaritonok és a lokalizált felületi plazmonok fizikáját.

A szakirodalmi áttekintés rész az értekezés kutatási területein megjelent legfontosabb korábbi publikációk eredményeit foglalja össze.

A pályázó a kutatás főbb eredményeit a dolgozat Eredmények c. rovatában mutatja be.

A kapott eredmények három fő témakörre oszthatók:

1. Az indium-ón-oxid (ITO) vékonyrétegeken különböző hullámhosszú femtosekundumos közeli infravörös lézerimpulzusokkal indukált felületi periodikus struktúrák (LIPSS) kialakításának kísérleti eredményei. A pályázó egy kísérleti elrendezést tervezett, melynek segítségével nagy térfrekvenciás és alacsony térfrekvenciás felületi struktúrákat hozott létre. A kapott kísérleti eredmények összehasonlítása az idő-domain véges különbség (FDTD) szimulációk eredményeivel igazolta, hogy az ITO vékonyréteg kezdeti felületi érdességéből

adódó lézermező lokalizációja a megfigyelt periodikus struktúrák kialakulásához vezet.

2. A pályázó új módszert dolgozott ki és tanulmányozott a plazmon nanorészecskék térnövekményének maximalizálására, amely a gerjesztett plazmon módusok interferenciájának szabályozásán alapul a beeső lézerimpulzusok polarizációjának hangolásával. Kísérleti elrendezésével három különböző nanoszerkezetet és három különböző polarizációt használva tanulmányozta az így létrejövő lokális plazmonikus térnövekményt, melynek nagyságát ultragyors fotoemisszióval mérte meg.

3. A pályázó ultragyors fotoemissziós kísérleteket hajtott végre egy plazmonikus nanorudakat tartalmazó mintán ultrarövid lézerimpulzusok terében, és a repülési idő spektrométer segítségével értékelte a kibocsátott elektronok kinetikusenergia - spektrumát. Vizsgálta továbbá a kibocsátott ultragyors elektronok dinamikáját plazmonikus nanostruktúrák környezetében. Kimutatta, hogy a kibocsátott elektronok visszaszórási folyamatai jelentős szerepet játszanak a több-fotonos emissziós tartományban is, a lézertér viszonylag alacsony intenzitása, illetve viszonylag nagy Keldis- paraméter értékek mellett.

A pályázó az értekezésben elért új tudományos eredményeit három tézispontban foglalja össze.

Az értekezés új tudományos eredményeket bemutató tézispontjait elfogadom.

Az új tudományos eredmények közül kiemelném a pályázó által kidolgozott új módszert a plazmonikus nanorészecskék térnövekményének maximalizálására a beeső lézerimpulzusok polarizációjának hangolásával. További fontos eredményként megemlíteném a visszaszóródott elektronok szerepének bemutatását a plazmon nanostruktúrák környezetében ultragyors fotoemissziós kísérletekben. Ez utóbbi kiegészítette a sok-fotonos lézeres fotoemisszió fizikájának a megértését a plazmonikus nanostruktúrák esetén.

Meg kell jegyeznem, hogy a tézispontokban említett eredmények magas impakt faktorú nemzetközi folyóiratokban jelentek meg.

A kapott és a dolgozatban közölt eredmények kétségtelenül igazolják a pályázó tudományos kutatási képességét a kísérleti nanooptika területén.

Kérdések:

1, Megjósolják-e az idő-domain véges különbség (FDTD) szimulációk az ITO vékonyrétegeken végzett kísérletekben kapott periodikus struktúrák orientációját lineárisan polarizált femtoszekundumos impulzusok esetén?

2. Mi várható cirkulárisan polarizált femtoszekundumos impulzusok esetén?

3. A pályázó a plazmonikus tér fokozását a külső lézertér polarizációjának hangolásával elemezte arra az esetre, amikor csak két gerjesztett plazmonikus

sajátmódus terjed egymásra merőleges irányban egy nanorúdban. Alkalmazható-e és ha igen, hogyan, ez a módszer többmódusú plazmonikus gerjesztés esetén?

4. Az alkalmazott femtoszekundumos lézerimpulzusok nagy intenzitású tér esetén a nagy energiájú, küszöb feletti (above-threshold) többfotonos abszorpciós folyamatok során kibocsátott elektronok is hozzájárulhatnak a kísérletben mért elektronspektrumhoz. Figyelembe veszik-e ezt a hozzájárulást a kibocsátott elektronok energiaspektrumának becslésénél?

Összefoglalva, a fenti értékelés fényében, ajánlom Bánhegyi Balázs PhD disszertáció védésének kitűzését, és, sikeres védése esetén, a PhD tudományos fokozat elítélését.

Djotyán Gagik
az MTA doktora

Budapest, 2025-01-15.