

7.

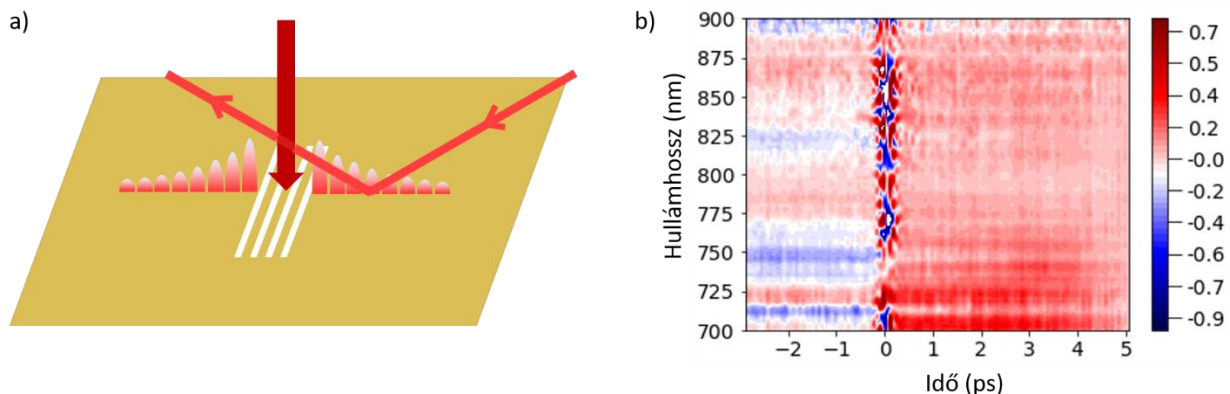
FELÜLETI PLAZMON POLARITONOK ULTRAGYORS ELLIPSZOMETRIAI VIZSGÁLATA

Gera Antónia¹, Nagy Csongor¹, Márton Zsuzsanna¹, Dombi Péter^{1,2},
Pápa Zsuzsanna¹, Budai Judit¹

¹ELI ALPS Lézeres Kutatóintézet, Szeged

²HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A nem termális, forró elektronok gerjesztése és termalizációja kulcsfontosságú szerepet játszik számos különböző jövőbeli alkalmazásban, beleértve a fotovoltaiikus eszközöket, a kémiai reakciók katalízisét és a nano-optikai áramkörök felépítését [1,2]. Annak ellenére, hogy ez egy intenzíven kutatott terület, még mindig találunk számos nyitott kérdést, mint például a nagy energiájú töltéshordozók energiaszórása és elhelyezkedése [3,4], valamint a nem termális és termális töltéshordozók szerepe a kémiai reakciókban [5,6]. Az ilyen töltéshordozók hatékonyan gerjeszthetők felületi plazmon polaritonok (FPP) segítségével.[7] Korábbi tanulmányunkban kimutattuk, hogy az FPP gerjesztés hatására az elektronrendszerben bekövetkező változások megjelennek az optikai tulajdonságokban [8], és sikeresen alkalmaztunk spektroszkópai ellipszometriát az elektroneloszlások jellemzésére. Rámutattunk továbbá, hogy az elektronállapotok betöltöttségének alakulása időbontott ellipszometriai mérésekkel követhető. Ennek a munkának a folytatásaként jelen projektben az FPP lecsengési folyamatokat követjük térben és időben, az ELI ALPS-ban rendelkezésre álló ultragyors ellipszométer segítségével.



1. ábra: a) pumpa-próba kísérleti elrendezés. b) 2D ϵ_2 térkép a $-60\mu\text{m}$ pumpa-próba folttávolság esetén.

A berendezés alapja egy lézeroscillátor, amely $<10\text{fs}$ impulzusokat szolgáltat a $700\text{-}900\text{ nm}$ -es spektrális tartományban, 80 MHz -es ismétlési frekvenciával. A pumpa- és a próbaimpulzusok az intenzitás és a fókuszálás kivételével azonos tulajdonságokkal rendelkeznek. A vizsgált minta egy, a gerjesztő hullámhosszhoz optimalizált periódusú rácsos becsatolóval ellátott arany réteg. Ezzel a kísérleti elrendezéssel képesek vagyunk térben szétválasztani az FPP gerjesztési és lecsengési folyamatokat, a pumpa nyálábát a rácsra, a próbanyálábát pedig az FPP gerjesztéshez használt rácsból eltérő mintapozíciókra történő fókuszálásával (1. ábra a)). A transziens reflexiós méréseknél a pumpa és próbanyaláb foltjainak távolságát $-120\mu\text{m}$ és $+120\mu\text{m}$ között változtattuk 10 mikrononként , a kompenzátor szögét állandó értéken tartva. A térképeken az FPP és a próba közötti 0 időkéslátetést egy interferencia mintázat jelzi, melynek pozíciója változik a próbanyaláb helyzetétől függően. Ezeket a pozíciókat leolvasva kaptuk az úthossz és az időbeli különbségeket, melyekből a plazmon csoportsebességét tudtuk meghatározni. Esetünkben ez a fénysebesség $94,2\%$ -ra adódott, ami megfelel az irodalmi értékeknek. A plazmonok terjedési hossza, ahol a kezdeti plazmon tér $1/e$ részére

csökken, 100 mikronnak adódott az alapján, hogy az őket jelző interferencia mintázat efelett a pumpa-próba távolság felett már nem volt látható. Ez a lecsengési hossz jó egyezést mutat az analitikusan számolt értékkel is. Ha több, legalább 4 kompenzátor azimut szögön készítünk tranziens reflexiós méréseket, akkor megkapjuk a dielektromos függvényt, illetve annak változását az idő függvényében. Egy ilyen, a pumpa és próba közötti 60 μm távolságban rögzített 2D ϵ_2 térképet mutat az 1. b) ábra. Méréseink alapján láttuk, hogy a felületi plazmon polaritonok jelenlétében a dielektromos függvény gerjesztés után 0,03-al változott meg.

Ezekből a térképekből tehát információt nyerhetünk az FPP térbeli és időbeli lecsengéséről, és ami még fontosabb, nyomon követhetjük, hogy az FPP hullám energiája hogyan adódik át az aranyréteg elektronjainak. Az ellipszometria az extrém felületi érzékenysége folytán további információt nyújt a gerjesztett termikus és nem termikus elektronok helyéről, ami kulcsfontosságú kérdés a jövőbeli ultragyors optikai áramkörök tervezésében.

Felhasznált irodalom

- [1] M. L. Brongersma, N. J. Halas, and P. Nordlander, Nat. Nanotechnol. **10**, 25 (2015).
- [2] P. Sándor, B. Lovász, J. Budai, Z. Pápa and P. Dombi, Nano Letters **24** (26), 8024-8029 (2024)
- [3] T. Heilpern, M. Manjare, A. O. Govorov, G. P. Wiederrecht, S. K. Gray, and H. Harutyunyan, Nat. Comm. **9**, 1853 (2018).
- [4] J. B. Khurgin, Faraday Discuss. **214**, 35 (2019).
- [5] Y. Dubi and Y. Sivan, Light: Science & Applications **8**, 89 (2019).
- [6] H. Reddy, K. Wang, Z. Kudyshev, L. Zhu, S. Yan, A. Vezzoli, S. J. Higgins, V. Gavini, A. Boltasseva, P. Reddy, V. M. Shalaev, E. Meyhofer, Science **369**, 423 (2020).
- [7] P. Dombi, Z. Pápa, J. Vogelsang, S. V. Yalunin, M. Siviş, G. Herink, S. Schäfer, P. Groß, C. Ropers et al, Rev. Mod. Phys. **92**, 025003 (2020).
- [8] J. Budai, Z. Pápa, P. Petrik, P. Dombi, Nature Communications, **13** (1), 6695, (2022).

Köszönetnyilvánítás

Az ELI-ALPS projekt (GOP-1.1.1- 12/B-2012- 000, GINOP-2.3.6- 15-2015- 00001) az Európai Unió támogatásával és az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Pápa Z. és Budai J. a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Bolyai Kutatási Ösztöndíjában részesült, BO/00773/24, illetve BO/00686/24.