

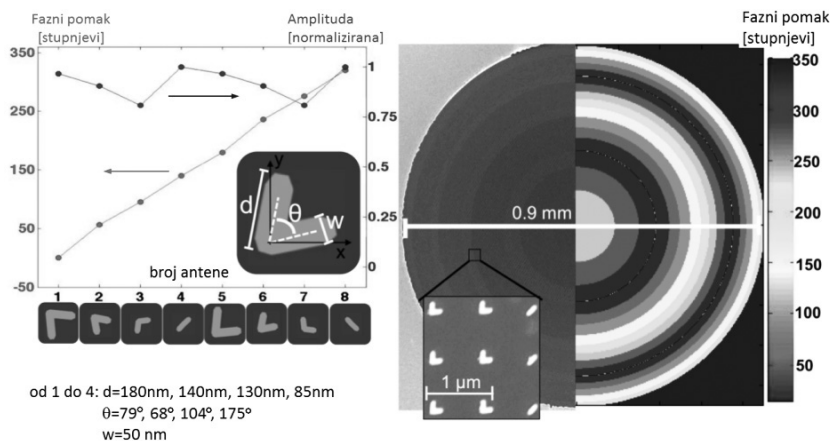


## Ultra-tanke leće

Petar Popčević<sup>1</sup>

Tim znanstvenika s Fakulteta inženjerstva i primijenjenih znanosti sveučilišta Harvard iz Cambridgea, SAD, nedavno je razvio specijalan tip leća. Radi se o lećama koje su toliko tanke da ih zapravo možemo smatrati dvodimenzionalnim objektima. Kao takve bi mogle revolucionarno djelovati na daljnji razvoj i minijaturizaciju optičkih uređaja kao što su fotoaparati i kamere koji su danas postali nezaobilazna sastavnica mobitela, tableta, prijenosnih računala i drugih uređaja.

Jedan od problema kod klasičnih leća je prisustvo monokromatskih aberacija kao što su sferne aberacije, koma i astigmatizam koje su posljedica konačne debljine leća i ispravljaju se upotrebom nesferičnih leća ili sustava od nekoliko leća. Ovaj problem je posebno izražen u srednjem i bliskom infracrvenom dijelu elektromagnetskog spektra gdje je izbor prozirnih materijala ograničen, a leće znaju biti velike te time nezgodne za rukovanje.

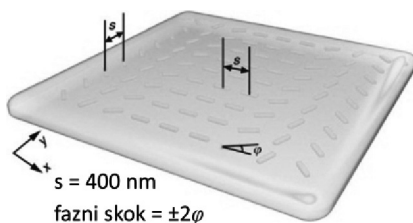


Slika 1. Lijevo je prikazan oblik svake od osam različitih nanoantena s navedenim parametrima za prve četiri nanoantene (od 5. do 8. nanoantene parametri se ponavljaju), dok je na grafu iznad prikazan fazni pomak koji emitirana svjetlost doživi na pojedinoj anteni te njezina normalizirana amplituda. Na desnoj slici je shematski prikazan raspored nanoantena na površini ultra-tanke sabirne leće.

Kod novih leća razvijenih na Harvardu kontrola fokusiranja svjetla ne zasniva se više na akumulaciji faze prilikom prolaska zrake kroz medij leće već na faznim pomacima koji se događaju prilikom raspršenja upadnog elektromagnetskog vala na nizu nanoantena raspoređenih na površini leće [1]. Znanstvenici su dizajnirali osam različitih zlatnih

<sup>1</sup> Viši asistent u Laboratoriju za fiziku transportnih svojstava, Institut za fiziku, Zagreb; e-pošta: ppopcevic@ifs.hr

nanoantena u obliku slova ‘v’ dimenzija oko 100 nm koje raspršuju svjetlo s različitim faznim pomacima (fazni pomak pojedine antene ovisi o njenom obliku i veličini te može biti precizno podešen). Te nanoantene su postavili na površinu ultra tanke polirane silicijske pločice u obliku pravokutne rešetke s razmakom od 750 nm, te ih rasporedili tako kako bi svjetlost emitirana s tih antena simulirala hiperbolične valne fronte klasičnih leća. Na ovaj način su znanstvenici sa sveučilišta Harvard uspjeli napraviti leću fokalne duljine od 3 cm koja funkcioniра u bliskom infracrvenom dijelu spektra. Sada rade na proširenju spektralne aktivnosti leća kao i na uklanjanju raznih gubitaka koji nastaju zbog refleksija svjetlosti u podlozi leće. Efektivna debljina ovakvih leća je zapravo samo 60 nanometara. “U budućnosti će sve volumne komponente u većini optičkih sustava biti vjerojatno zamijenjene sa samo tankim površinama ovakvih leća” komentirao je jedan od znanstvenika.



Slika 2. Na slici je shematski prikazan raspored i orijentacija nanoantena bipolarne leće. Fazni skok koji daje pojedina nanoantena je dvostruko veći od kuta  $\varphi$  koji je definiran na slici, dok predznak faznog skoka ovisi o polarizaciji upadne svjetlosti.

Nezavisno od znanstvenog tima iz SAD, tim znanstvenika iz Ujedinjenog Kraljevstva je na istom tragu, u suradnji sa znanstvenicima iz Njemačke, Kine, Hong-Konga i Singapura, predstavio novi tip ultratanke leće koji je u isto vrijeme i sabirna i rasipna leća [2]. Režim u kojem leća radi ovisi o tome da li na nju upada lijevo ili desno kružno polarizirana svjetlost. Leća se sastoji od ultratanke substrata (indijev oksid dopiran kositrom) na koji su posložene zlatne nanoantene metodom elektronske litografije. U prethodnom primjeru ultratanke leće, efekat se sastojao u tome da kad na nanoantenu dođe svjetlost jedne linearne polarizacije (npr. okomito polarizirana svjetlost), nanoantena je apsorbira, te emitira svjetlost suprotne polarizacije (vodoravno polarizirana svjetlost) uz određeni skok u fazi što ima efekt kao da je svjetlost napravila neki dodatni put (npr. kroz leću određene debljine). Ovdje je efekt sličan, samo što sada promatramo kružno polariziranu svjetlost te fazni skok ovisi o tome je li upadna svjetlost lijevo ili desno polarizirana, a regulira se podešavanjem orijentacije nanoantene. Ovakve umjetno dizajnirane površine koje pokazuju svojstva koja u prirodi inače ne postoje nazivaju se metapovršine. Jedan od nedostataka ovih leća je što im je radno područje ograničeno i definirano rezonantnim frekvencijama nanoantena, no kako te frekvencije ovise o veličini i obliku nanoantena, moguće ih je prilagođavati te i tu postoji prostor za daljnji razvitak i napredak. Jednostavan dizajn te vrlo zanimljive karakteristike ovih leća otvaraju nove mogućnosti u optici, a mogle bi imati i utjecaja na razvoj nanofotonskih uređaja.

## Literatura

- [1] F. AIETA, P. GENEVET, M. A. KATS, N. YU, R. BLANCHARD, Z. GABURRO AND F. CAPASSO, *Aberration-Free Ultrathin Flat Lenses and Axicons at Telecom Wavelengths Based on Plasmonic Metasurfaces*, Nano Letters, **12**, 4932, (2012).
- [2] X. CHEN, L. HUANG, H. MÜHLENBERND, G. LI, B. BAI, Q. TAN, G. JIN, C.-W. QIU, S. ZHANG, AND T. ZENTGRAF, *Dual-polarity plasmonic metalens for visible light*, Nature Communications **3**, 1198 (2012).