

Numerické modelovanie blízkych polí v okolí nanoštruktúr

Vedúci: RNDr. Martin Kozák, Ph.D. (kozak@karlov.mff.cuni.cz)

Konzultant: Mgr. Neli Streshkova (nstreshkonva@gmail.com)

V posledných rokoch sa dynamicky rozvíja nové a vzrušujúce pole výskumu ultrarýchlej elektrónovej mikroskopie. Spojením princípov ultrarýchlej spektroskopie a dobre známych metód elektrónovej mikroskopie je v zásade možné získať informácie o vzorkách s veľmi precíznym časovým aj priestorovým rozlíšením. Tento pokrok bol umožnený najmä rozvojom techník manipulácie s elektrónovým zväzkom. Základným princípom je, že zväzok urýchlených elektrónov prichádza do kontaktu s dostatočne silným elektromagnetickým poľom. Keďže elektromagnetické pole kmitá v čase a priestore, v závislosti na tom, kedy a kde preletí elektrón, môže mu byť pridaná alebo odobraná energia. Elektróny s nižšou energiou sa pohybujú pomalšie, elektróny s vyššou energiou sa pohybujú rýchlejšie a tým po istom dráhovom úseku dochádza k významnému zhlukovaniu elektrónov v čase, čo prakticky vedie na krátky záblesk, ktorý trvá niekoľko attosekúnd (10^{-18} s).

Pole, ktoré dokáže takýmto spôsobom ovplyvniť elektrónový zväzok môže byť priamo pole z laseru (hovoríme o interakcii vo vákuu) alebo tzv. blízke pole vznikajúce v okolí nanoštruktúr. Z teórie elektromagnetizmu je známe, že drobná štruktúra (charakteristické rozmery sú v rádoch nm) funguje v podstate ako hromozvod a elektromagnetické pole sa v jej okolí mnohonásobne zosilní.

Študentský projekt je zameraný na numerické modelovanie polí v okolí nanoštruktúr, kde môže študent/ka zúžitkovať poznatky z teórie elektriny a magnetizmu nadobudnutých v prvom ročníku štúdia a zároveň doplniť svoj arzenál schopností o numerické výpočty. Výpočty budú prebiehať v kvazistatickej aproximácii za použitia programovacieho jazyka podľa voľby študenta (Matlab, Python...), pre komplikovanejšie výpočty bude použitý profesionálny softvér Lumerical. Modulácia elektrónových zväzkov pomocou blízkych polí je horúca téma s veľkým aplikačným potenciálom napríklad pre zobrazovanie chirálnych štruktúr, generáciu vortexových zväzkov alebo pre prenos informácií. Výsledky projektu by následne boli zúžitkovane pri analýze meraní blízkych polí v novom laboratóriu KCHFO s femtosekundovým laserom a elektrónovým mikroskopom, ku ktorým by bol uchádzač v prípade záujmu prizvaný.

Literatúra:

[1] Bourgeois M.R. *et al.* Polarization-Resolved Electron Energy Gain Nanospectroscopy With Phase-Structured Electron Beams. *Nano Lett.* 22(17):7158-7165, 2022.

[2] Vanacore, G.M. *et al.* Ultrafast generation and control of an electron vortex beam via chiral plasmonic near fields. *Nat. Mater.* 18, 573–579, 2019.

