

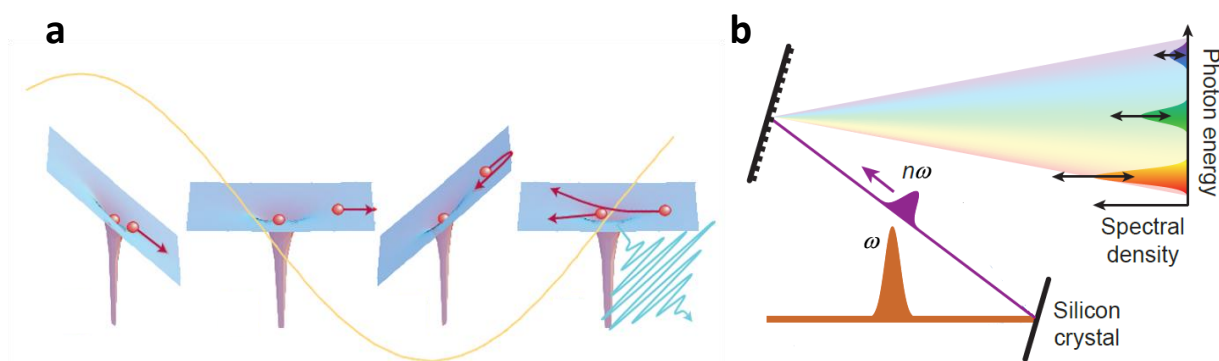
Štúdium vlastností generácie tretej harmonickkej frekvencie v objemových polovodičoch

Vedúci: doc. RNDr. Martin Kozák, Ph.D. (m.kozak@matfyz.cuni.cz), KCHFO MFF UK

Konzultant: RNDr. Adam Gindl (adam.gindl@matfyz.cuni.cz), KCHFO MFF UK

V každodennom živote sa stretávame so svetlom o intenzitách dostatočne nízkych na to, aby mohla byť jeho interakcia s okolitým svetom popísaná priblížením lineárnej optiky. Avšak pri práci v laserových laboratóriách, kde sú zdrojom svetla prevažne pulzné lasery, sa stretávame s optickým žiarením o intenzitách rádovo vyšších. Interakcia takéhoto intenzívneho žiarenia s látkou otvára cestu k množstvu nových zaujímavých javov, ktoré nie sú pre nízke intenzity svetla pozorovateľné. Popisu a skúmaniu týchto javov sa venuje odvetvie nelineárnej optiky [1,2]. V prípade, že je dopadajúce optické pole porovnateľné, prípadne väčšie ako je Coulombické pole jadier atómov pôsobiace na elektróny v látke (pre pevné látky rádovo 10^{10} V/m), je toto žiarenie schopné pôsobiť proti poľu jadier a uvoľniť viazané elektróny z atómov. Voľné elektróny sú následne urýchľované optickým poľom mimo materský atóm, čím získavajú vysokú kinetickú energiu. Po čase dochádza k zrážke uvoľnených elektrónov s materským jadrom a ich opätovnej rekombinácii, pričom získaná kinetická energia elektrónov sa uvoľní v podobe subfemtosekundových pulzov vysokoenergetických fotónov ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Takto vyžiarené fotóny majú frekvencie dané celočíselnými násobkami frekvencie pôvodného dopadajúceho žiarenia. Tento jav nazývaný generácia vysokých harmonických frekvencií (z angl. *high harmonic generation*) sa od jeho objavenia stal často používaným nástrojom napr. na štúdium svetlom riadenej ultrarýchlej dynamiky elektrónov v atómoch a pevných látkach, skúmanie pásovej štruktúry kryštalických látok, prípadne ku generácii koherentných XUV pulzov.

Cieľom projektu bude rozšíriť experimentálne usporiadanie pripravené v „Laserové laboratórii s ultrakrátkymi pulzmi“ o generáciu tretej harmonickkej frekvencie v objemovom kremíku a diamante [3] a následne študovať vlastnosti tohto žiarenia. Študent sa najprv zoznámi s problematikou generácie vysokých harmonických frekvencií v pevných látkach a s pripraveným usporiadaním. Následne experimentálne usporiadanie rozšíri o generáciu a detekciu poľa tretej harmonickkej frekvencie. Hlavnou časťou projektu je optimalizácia tohto procesu a následné experimentálne štúdium vlastností generovaného žiarenia, akými sú jeho spektrum, polarizácia, efektivita konverzie, prípadne radiálny a časový profil v závislosti na vlastnostiach dopadajúceho excitačného žiarenia.



Obr. 1: **a**, Uvoľnenie, urýchlenie a rekombinácia elektrónu riadená intenzívnym optickým poľom [4]. **b**, Generácia a detekcia vysokých harmonických frekvencií zo vzorky kremíka [5].

Zoznam literatúry:

- [1] P. Malý, F. Trojánek. Laserová fyzika a nelineární optika. MatfyzPress, Praha, 2022.
- [2] R. W. Boyd. Nonlinear Optics. Academic Press, San Diego, USA, 2008.
- [3] Ch. Kittel. Introduction to Solid State Physics. John Wiley & Sons, Inc., USA, 2005.
- [4] P. B. Corkum, F. Krausz. Attosecond science. *Nat. Phys.* **3**, 381–387 (2007).
- [5] A. Gindl, P. Suthar, F. Trojánek, P. Malý, T. J.-Y. Derrien, M. Kozák. Attosecond Control of Solid-State High Harmonic Generation Using ω - 3ω Fields. *Phys. Rev. Lett.* **134**, 176903 (2025).