

Pomiar czasu przybycia ultrakrótkich impulsów rentgenowskich z dokładnością femtosekundową

W. Błachucki¹, J. Szlachetko², C. Arrell³

¹*Instytut Fizyki Jądrowej,
Polska Akademia Nauk,*

ul. Walerego Eljasza Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

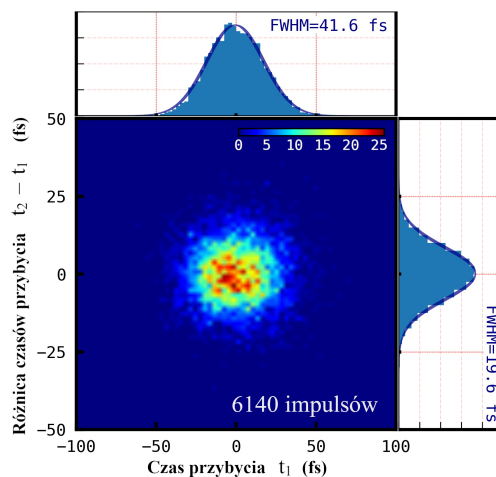
²*Narodowe Centrum Pomieniania Synchrotronowego SOLARIS,
Uniwersytet Jagielloński,*

ul. Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków

³*Instytut Paula Scherrera,
Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen, Szwajcaria
e-mail: wojciech.blachucki@ifj.edu.pl*

Promieniowanie rentgenowskie jest używane w wielu badaniach naukowych nad strukturą materii i zjawiskami w niej zachodzącymi na poziomie atomowym. Szczególny rodzaj badań, tzw. badania czasowo-rozdzielcze (ang. time-resolved), umożliwiają źródła promieniowania typu laser rentgenowski na swobodnych elektronach (ang. X-ray free-electron laser, XFEL) oraz źródła typu laserowo-plazmowego (ang. plasma X-ray source, PXS) [1] wytwarzających impulsy promieniowania rentgenowskiego o czasie trwania rzędu dziesiątek femtosekund (fs). W niniejszej prezentacji przybliżę tematykę wielkoskalowych impulsowych źródeł promieniowania rentgenowskiego i opiszę eksperyment, który przeprowadziłem we współpracy z ośrodkiem badawczym lasera rentgenowskiego SwissFEL w Instytucie Paula Scherrera (PSI, Villigen, Szwajcaria), w którym dwoma metodami z dokładnością femtosekundową zmierzyłem czas przybycia impulsów na próbkę.

Bezpośredni pomiar czasu przybycia impulsów rentgenowskich na badaną próbkę odbywa się przy użyciu kilku metod: kodowania widmowego (ang. spectral encoding) [2], kodowania przestrzennego (ang. spatial encoding) [3] i smugowania terahercowego (ang. THz streaking) [4]. W niniejszej pracy wykorzystano jednocześnie kodowanie przestrzenne i smugowanie terahercowe do zmierzenia czasu przybycia impulsów twardego promieniowania rentgenowskiego (średnia energia pojedynczego impulsu: $300 \mu\text{J}$, średnia energia pojedynczego fotonu: 7230 eV). Na Rysunku 1 przedstawiono rozkład czasu przybycia 6140 kolejnych impulsów zmierzony obiema metodami. Oznaczenie FWHM oznacza szerokość połówką rozkładu. Około dwukrotnie węższy rozkład $t_2 - t_1$ potwierdza znaczącą poprawę dokładności określenia czasu przybycia impulsu w przypadku jednoczesnego użycia kilku urządzeń pomiarowych. Sprzęganie urządzeń pomiaru czasu przybycia może znacząco poprawić rozdzielczość czasową eksperymentów czasowo-rozdzielczych typu pompa-sonda (ang. pump-probe).



Rysunek 1: Czas przybycia impulsów lasera rentgenowskiego zmierzony metodami: smugowania terahercowego (t_1) i kodowania przestrzennego (t_2)

Podziękowania

Badania zostały częściowo sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Naukowego (Polska) w ramach grantu o numerze 2017/27/B/ST2/01890.

Bibliografia

- [1] Schoenlein R. *et al.*, Philos. Trans. R. Soc. A 377, 20180384 (2019).
- [2] Bionta M. R. *et al.*, Opt. Express 19, 21855 (2011).
- [3] Katayama T. *et al.*, Struct. Dyn. 3, 034301 (2016).
- [4] Juranić P. N. *et al.*, J. Instrumentation 9, P03006 (2014).