

Nr projektu: 2019/03/X/ST2/00949

Tytuł: Metody badań nad charakterystyką czasową impulsów laserów rentgenowskich

Cel projektu

Wraz z nadejściem źródeł promieniowania rentgenowskiego 4 generacji, laserów rentgenowskich (ang. X-ray free-electron lasers, XFELs), możliwe stało się prowadzenie wcześniej niewykonywalnych badań nad strukturą materii i nad zjawiskami na poziomie atomowym i cząsteczkowym [1]. Laser rentgenowski jest dużych rozmiarów narzędziem badawczym, którego główny element, szereg tzw. undulatorów, zajmuje odcinek o długości od kilkuset do kilku tysięcy metrów, tj. $10 - 10^2$ razy większej niż w przypadku synchrotronów. Każdy undulator jest zbudowany z wielu magnesów trwałych rozstawionych wzdłużnie, które wytwarzają stałe pole magnetyczne o gradiencie okresowym. Emisja promieniowania elektromagnetycznego następuje, gdy przez undulatory zostanie przepuszczona wiązka impulsów elektronów rozpędzonych do energii relatywistycznej. Wówczas elektrony poruszają się ruchem zmiennym wymuszonym przez pole magnetyczne i następuje emisja promieniowania elektromagnetycznego. Wiązka promieniowania lasera rentgenowskiego ma strukturę impulsową, charakteryzuje się bardzo dużą intensywnością i spójnością oraz, wskutek relatywistycznego ruchu elektronów, bardzo małą rozbieżnością kątową. W porównaniu do synchrotronu, impulsy promieniowania lasera rentgenowskiego zawierają zwykle $10 - 10^2$ razy więcej fotonów i mają czas trwania 10^4 razy krótszy, sięgający poniżej 1 femtosekundy.

Emisja promieniowania elektromagnetycznego następuje w zjawisku znanym pod nazwą *samowzmacniająca się emisja spontaniczna* (ang. *self-amplified spontaneous emission*, SASE), którego przebieg silnie zależy od szeregu zjawisk losowych w swej naturze, co skutkuje w znaczącej niestabilności emitowanego promieniowania. Stochastyczność procesu SASE czyni niezbędnym monitorowanie parametrów każdego impulsu lasera rentgenowskiego. Wymaga to zarówno rozwoju aparatury do badań nad charakterystyką energetyczną i czasową impulsów fotonowych [2], jak i prowadzenia badań podstawowych poświęconych oddziaływaniom promieniowania z materią w czasach krótszych niż 1 fs (tj. rzędu czasów życia stanów atomowych).

Celem niniejszego projektu MINIATURA jest poznanie oraz wykorzystanie we wstępnych badaniach najnowszych rozwiązań technologicznych i metodologicznych w zakresie czasowej diagnostyki impulsów rentgenowskich. Obecnie rozwijane metody: kodowania widmowego (ang. *spectral encoding*) i kodowania przestrzennego (ang. *spatial encoding*) umożliwiają pomiar czasu przybycia impulsów promieniowania z rozdzielczością poniżej 10 fs. Smugowanie terahercowe (ang. *THz streaking*) umożliwi natomiast badanie czasowego rozkładu intensywności impulsów XFELowskich. W ramach projektu zostaną przeprowadzone dwa badania pilotażowe w wiodących ośrodkach badawczych: SwissFEL w Szwajcarii oraz

SACLA w Japonii, charakteryzujących się różnym czasem trwania impulsów (odpowiednio 50 fs oraz 5 fs) oraz wykorzystujących różne metody pomiarowe.

- [1] B. W. J. McNeil, N. R. Thompson, *Nature Photonics* **4**, 814 (2010).
- [2] W. Helml *et al.*, *Applied Sciences* **7**, 915 (2017).