



Kraków, 19 sierpnia 2019

Kryształy fluorku litu „widzą” ciężkie jony o dużych energiach

Do rejestrowania śladów cząstek jądrowych od niedawna używa się kryształów fluorku litu. Fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie właśnie wykazali, że kryształy te świetnie nadają się również do detekcji przelotów wysokoenergetycznych jonów pierwiastków nawet tak ciężkich jak żelazo.

Gdy cząstka jądrowa wpada do wnętrza kryształu, oddziałuje z atomami bądź cząsteczkami jego sieci krystalicznej. W pewnych kryształach i w odpowiednich warunkach powstałe uszkodzenia mogą być źródłem słabego światła – luminescencji. W Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie od lat prowadzi się badania nad materiałami wykazującymi tego typu właściwości. Jednym z nich jest fluorek litu LiF. Jego kryształy zostały niedawno użyte do detekcji niskoenergetycznych cząstek, takich jak cząstki alfa (jądra helu). W swojej najnowszej publikacji na łamach czasopisma „Journal of Luminescence” krakowscy fizycy wykazują, że obszar zastosowań fluorku litu rozciąga się także na detekcję cząstek o znacznych energiach i obejmuje nawet całkowicie odarte z elektronów jony tak ciężkich pierwiastków jak żelazo ^{56}Fe .

„Detektory z fluorku litu to po prostu kryształy. W przeciwieństwie do urządzeń detekcyjnych pozwalających monitorować ślady cząstek w czasie zbliżonym do rzeczywistego, są one detektorami pasywnymi. Innymi słowy, działają jak klisze fotograficzne. Po wystawieniu kryształów na promieniowanie musimy użyć mikroskopu fluorescencyjnego by się dowiedzieć, jakie ślady udało się zarejestrować”, mówi prof. dr hab. Paweł Bilski (IFJ PAN).

Fluorescencyjne detektory śladów cząstek jądrowych są znane mniej więcej od dekady. Wykonywano je jak dotąd jedynie z odpowiednio domieszkowanych kryształów tlenku glinu Al_2O_3 , w których pod wpływem promieniowania dochodziło do utworzenia trwałych centrów barwnych. Tak powstałe centra po wzbudzeniu światłem o odpowiedniej długości emitują fotony o niższych energiach, pozwalające zobaczyć pod mikroskopem ślad cząstki. W przypadku fluorku litu wzbudzenia dokonuje się światłem niebieskim, a emisja fotonów zachodzi w zakresie czerwonym.

„Detektory z domieszkowanego tlenku glinu wymagają drogiego mikroskopu konfokalnego, z wiązką laserową i skanowaniem. Ślady w kryształach fluorku litu można zobaczyć za pomocą znacznie tańszego, zwykłego mikroskopu fluorescencyjnego”, mówi prof. Bilski i podkreśla: „Ślady zarejestrowane w kryształach bardzo dokładnie odwzorowują tor lotu cząstki. W innych detektorach, takich jak choćby znana wszystkim komora Wilsona, dochodzi do poszerzenia śladu. W przypadku kryształów LiF granicą rozdzielczości jest jedynie limit wynikający z dyfrakcji”.

O ile brak możliwości obserwacji śladów cząstek w czasie zbliżonym do rzeczywistego trudno nazwać zaletą, o tyle nie zawsze musi być wadą. Na przykład w dozymetrii osobistej potrzebne są detektory pozwalające stwierdzić, na jaką dawkę promieniowania został narażony ich użytkownik. Urządzenia te muszą być przede wszystkim małe i niekłopotliwe w użyciu. Milimetrowych rozmiarów krystaliczne płytki fluorku litu spełniają ten wymóg wręcz znakomicie. Między innymi z

tego powodu kryształy te, wyhodowane w IFJ PAN metodą Czochralskiego, można dziś znaleźć w europejskim module Columbus Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, pośród wielu innych rodzajów detektorów pasywnych. Wymieniane co pół roku w ramach eksperymentu DOSIS 3D, detektory te umożliwiają określanie przestrzennego rozkładu dawki promieniowania w obrębie stacji i jej zmienności w czasie.

W trakcie najnowszych badań krystaliczne płytki fluorku litu wystawiono na działanie jonów o dużych energiach. Naświetlenia przeprowadzono w akceleratorze HIMAC w japońskim mieście Chiba. W trakcie ostrzału różnymi wiązkami jonów energie poszczególnych cząstek sięgały od 150 megaelektronowoltów na nukleon w przypadku jonów helu ^4He do 500 MeV/nukleon w jonach żelaza ^{56}Fe . Detektory ostrzelano także wiązkami jonów węgla ^{12}C , neonu ^{20}Ne i krzemu ^{28}Si .

„W płytkach kryształów ustawionych prostopadle do wiązki jonów zaobserwowaliśmy praktycznie punktowe źródła światła, o rozmiarach na granicy rozdzielczości optycznej mikroskopu. Były to te miejsca, w których wysokoenergetyczny jon przebił się przez kryształ”, mówi prof. Bilski. „W ramach testów część płytek została także ustawiona równolegle do wiązki. Prawdopodobieństwo zarejestrowania śladu było wtedy mniejsze, ale gdy już do tego doszło, w kryształach ‘odcisnął’ się długi fragment toru lotu cząstki”.

Przeprowadzone testy potwierdzają, że detektory śladowe z fluorku litu świetnie nadają się do rejestrowania przelotów ciężkich jonów o dużych energiach. Wydaje się przy tym, że to wcale nie koniec możliwości kryształów LiF. Co drugi atom w ich wnętrzu to przecież lit, który znakomicie oddziałuje z neutronami. Detektory z fluorku litu, zwłaszcza wzbogacone w izotop litu ^6Li , prawdopodobnie będą pozwalały bardzo skutecznie rejestrować neutrony niskoenergetyczne, a wiele wskazuje, że także wysokoenergetyczne. Jeśli przyszłe badania potwierdzą to przypuszczenie, możliwe stanie się skonstruowanie osobistych dawkomierzy neutronowych. Małe rozmiary kryształów LiF pozwalałyby także na ciekawe, dziś technologicznie niedostępne zastosowania techniczne. Śladowe detektory LiF można byłoby użyć na przykład do badania wiązek wtórnych formujących się wokół pierwotnej wiązki protonów wytwarzanych przez akceleratory używane w medycynie do zwalczania nowotworów.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

prof. dr hab. **Paweł Bilski**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel: +48 12 6628414
email: pawel.bilski@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Fluorescent imaging of heavy charged particle tracks with LiF single crystals”
P. Bilski, B. Marczevska, W. Gieszczyk, M. Kłosowski, M. Naruszewicz, M. Sankowska, S. Kodaira
Journal of Luminescence, vol. 213, September 2019, pp. 82-87
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2019.05.007>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>

Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ190819b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2019/08/19/IFJ190819b_fot01.jpg

Ślady ciężkich jonów „odciśnięte” w kryształach fluorku litu. U góry punktowe ślady zaobserwowane pod mikroskopem fluorescencyjnym w płytkach ustawionych prostopadle do wiązki ciężkich jonów. Na dole ścieżka przelotu jonu w płytce zorientowanej równolegle (rozmycie obu końców śladu to artefakt głębi ostrości mikroskopu). Kolory sztuczne. (Źródło: IFJ PAN)

IFJ190819b_fot02s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2019/08/19/IFJ190819b_fot02.jpg

Kryształ fluorku litu z zarejestrowanymi śladami ciężkich jonów podczas oglądania pod mikroskopem fluorescencyjnym. (Źródło: IFJ PAN)