



Kraków, 31 marca 2021

## **Ditlenek tytanu bohaterem pierwszych badań IFJ PAN na krakowskim synchrotronie**

Niewiele związków jest dziś równie istotnych dla przemysłu i medycyny co ditlenek tytanu. Mimo różnorodności i popularności zastosowań, część zagadnień związanych z budową powierzchni materiałów tworzonych z tego związku i zachodzącymi w niej procesami wciąż pozostaje niejasnych. Niektóre ze swoich tajemnic ditlenek tytanu właśnie odsłonił przed naukowcami z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk. W swoich badaniach po raz pierwszy wykorzystali oni synchrotron SOLARIS.

W wielu reakcjach chemicznych ditlenek tytanu ( $\text{TiO}_2$ ) pojawia się w roli katalizatora. Jako pigment występuje w tworzywach sztucznych, farbach czy kosmetykach, z kolei w medycznych implantach gwarantuje ich wysoką biokompatybilność. Ditlenek tytanu jest dziś praktycznie wszechobecny, co wcale nie oznacza, że ludzkość poznała już jego wszystkie właściwości. Realizująca projekt badawczy na synchrotronie SOLARIS grupa naukowców z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, kierowana przez dr. hab. Jakuba Szlachetkę, zdołała rzucić nieco światła na szczegóły procesów utleniania zewnętrznych warstw próbek tytanowych oraz związane z nimi zmiany w strukturze elektronowej tego materiału. Badania ditlenku tytanu zainaugurowały obecność naukowców IFJ PAN w programach badawczych realizowanych na synchrotronie SOLARIS. Urządzenie, działające w ramach Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego, jest zlokalizowane w Krakowie na terenie kampusu 600-lecia Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Promieniowanie synchrotronowe odkryto w 1947 roku, gdy w firmie General Electric uruchomiono akcelerator, który za pomocą magnesów zakrzywiał tor ruchu przyspieszanych elektronów. Cząstki zaczynały wtedy chaotycznie emitować światło, traciły więc energię – a przecież miały ją zyskiwać! Promieniowanie synchrotronowe uznano zatem za efekt niepożądany. Dopiero dzięki kolejnym generacjom źródeł promieniowania synchrotronowego osiągnięto większe natężenia i lepszą jakość wiązek emitowanego światła, w tym wysoką powtarzalność impulsów o praktycznie zawsze takich samych cechach.

Synchrotron SOLARIS, największe i najnowocześniejsze urządzenie tego typu w Europie Środkowej, składa się z dwóch głównych części. Pierwszą tworzy liniowy akcelerator elektronów o długości 40 m. Cząstki zyskują tu energię 600 megaelektronowoltów, po czym trafiają do drugiej części aparatury: do wnętrza pierścienia akumulacyjnego o obwodzie 96 m, gdzie na ich drodze umieszczono magnesy zakrzywiające oraz wiggler i undulatory. Te ostatnie to zespoły naprzemiennie zorientowanych magnesów, wewnątrz których tor ruchu elektronów zaczyna przypominać kształtem sinusoidę. To właśnie wtedy „zataczające się” elektrony emitują promieniowanie synchrotronowe, kierowane do odpowiednich stacji końcowych z aparaturą pomiarową. Fale elektromagnetyczne wytwarzane przez SOLARIS są klasyfikowane jako miękkie promieniowanie rentgenowskie.

Unikatowe cechy promieniowania synchrotronowego znajdują wiele zastosowań: pomagają w pracach nad nowymi materiałami, śledzeniu przebiegu reakcji chemicznych, pozwalają prowadzić doświadczenia przydatne dla rozwoju nanotechnologii, mikrobiologii, medycyny, farmakologii i wielu innych dziedzin nauki i techniki.

*„Badania na synchrotronie SOLARIS otwierają zupełnie nowe możliwości, nic dziwnego, że o czas pomiarowy aplikuje tu wiele zespołów naukowych z kraju i świata. Choć nasz instytut – podobnie jak synchrotron SOLARIS – mieści się w Krakowie, jak wszyscy rywalizowaliśmy jakością proponowanych badań o czas pracy na odpowiedniej stacji pomiarowej”,* mówi prof. dr hab. Wojciech M. Kwiatek, kierownik Oddziału Badań Interdyscyplinarnych w IFJ PAN i jednocześnie Prezes Polskiego Towarzystwa Promieniowania Synchrotronowego. Prof. Kwiatek zauważa, że w dobie ograniczeń w podróżowaniu, wynikających z rozwoju pandemii, możliwość prowadzenia zaawansowanych badań fizycznych praktycznie na miejscu jest ogromną zaletą.

Swoje najnowsze pomiary, współfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki, naukowcy z IFJ PAN przeprowadzili na stacji badawczej XAS krakowskiego synchrotronu. Rejestrowano tu, w jaki sposób promieniowanie rentgenowskie jest pochłaniane przez warstwy powierzchniowe próbek tytanowych, wcześniej wytworzonych w Instytucie w starannie kontrolowanych warunkach.

*„Skoncentrowaliśmy się na obserwacjach zmian struktury elektronowej powierzchniowych warstw próbek w zależności od zmian temperatury i postępu procesu utleniania. W tym celu wygrzaliśmy w różnych temperaturach i w atmosferze otoczenia dyski tytanowe, które po przetransportowaniu do stacji badawczej synchrotronu naświetliliśmy wiązką promieniowania synchrotronowego, czyli promieniowaniem rentgenowskim. Ponieważ właściwości promieniowania synchrotronowego są doskonale znane, mogliśmy za jego pomocą precyzyjnie określić strukturę nieobsadzonych stanów elektronowych atomów tytanu i na tej podstawie wnioskować o zmianach w strukturze samego materiału”,* mówi doktorantka Klaudia Wojtaszek (IFJ PAN), pierwsza autorka artykułu opublikowanego w czasopiśmie „*Journal of Physical Chemistry A*”.

Ditlenek tytanu występuje w trzech odmianach polimorficznych, charakteryzujących się różną budową krystalograficzną. Najpopularniejszą jest rutyl, jako minerał występujący pospolicie w wielu skałach (pozostałe odmiany to anataz i brukit). Badania na synchrotronie SOLARIS pozwoliły krakowskim fizykom precyzyjnie odtworzyć proces formowania się fazy rutilowej. Okazało się, że powstaje ona w niższych temperaturach niż sądzono do tej pory.

*„Nasze badania mają charakter podstawowy, dostarczają fundamentalnej wiedzy o strukturze materiału. Struktura ta ma jednak ścisły związek z właściwościami fizyko-chemicznymi powierzchni ditlenku tytanu. Potencjalnie nasze wyniki mogą więc znaleźć zastosowanie na przykład przy optymalizowaniu właściwości powierzchniowych implantów medycznych”,* podsumowuje dr Anna Wach (IFJ PAN), która była odpowiedzialna za wykonanie eksperymentu na synchrotronie SOLARIS.

*Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę 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 wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.*

#### **KONTAKT:**

dr Anna Wach  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel.: +48 12 6628179  
email: [anna.wach@ifj.edu.pl](mailto:anna.wach@ifj.edu.pl)

## **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„Determination of Crystal-Field Splitting Induced by Thermal Oxidation of Titanium”

K. Wojtaszek, W. Błachucki, K. Tyrała, M. Nowakowski, M. Zajac, J. Stępień, P. Jagodziński, D. Banaś, W. Stańczyk, J. Czapla-Masztafiak, W. M. Kwiatek, J. Szlachetko, A. Wach  
Journal of Physical Chemistry A 2021, 125, 1, 50–56  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.0c07955>

## **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<https://synchrotron.uj.edu.pl/>

Strona Centrum SOLARIS Uniwersytetu Jagiellońskiego.

<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:**

**IFJ210331b\_fot01s.jpg**

**HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/31/IFJ210331b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/31/IFJ210331b_fot01.jpg)

Klaudia Wojtaszek (IFJ PAN) przygotowuje próbki do umieszczenia w komorze pomiarowej na stacji badawczej XAS synchrotronu SOLARIS. (Źródło: IFJ PAN)

**IFJ210331b\_fot02s.jpg**

**HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/31/IFJ210331b\\_fot02.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2021/03/31/IFJ210331b_fot02.jpg)

Wnętrze komory pomiarowej na stacji badawczej XAS krakowskiego synchrotronu SOLARIS. (Źródło: IFJ PAN)