



Kraków, 28 stycznia 2026

Od biobójczych powłok po leki: Nanokompozytowe żądło na drobnoustroje

Powierzchnia zdolna reagować na sygnały chemiczne generowane przez drobnoustroje i samoczynnie produkować substancje biobójcze – to nie futurystyczna wizja, lecz opis działania nanokompozytu krzemionkowego B-STING. Nowy materiał, opracowany w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, działa jak nanofabryka reaktywnych form tlenu, aktywująca się samoczynnie tylko wtedy, gdy jest to konieczne.

Czy szpital może leczyć? Pytanie wydaje się trywialne, dopóki nie sprecyzujemy: chodzi o sam budynek i jego standardowe wyposażenie, nie o instytucję, lekarzy czy aparaturę medyczną. Zatem: czy szpitalne okno mogłoby zabijać bakterie? Czy klamki, poręcze, włączniki światła – mogłyby się dezynfekować same? Odpowiedź brzmi: tak, jeśli zostaną pokryte cienką warstwą starannie zaprojektowanego nanokompozytu krzemionkowego, w którego mezoporach umieszczono molekularne fabryki reaktywnych form tlenu. Właśnie taki materiał, o nazwie B-STING (Biocidal Silica-Templated Immobilized Nano-Groups), został zaprojektowany, wytworzony i scharakteryzowany przez naukowców z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

„Gdy w celach biobójczych stosujemy na przykład nanocząstki złota lub srebra, muszą one bezpośrednio wejść w oddziaływanie z drobnoustrojami. Nasz materiał to efekt dekady prac nad radykalnie innym podejściem do zagadnienia. Sam nie jest substancją biologicznie czynną. Jest to jednak nanofabryka, produkująca zabójcze dla mikroorganizmów reaktywne formy tlenu, skutecznie przenikające przez błony komórkowe bakterii i grzybów”, mówi dr hab. Magdalena Laskowska (IFJ PAN), pierwsza autorka artykułu opublikowanego w uznanym czasopiśmie naukowym „Applied Surface Science”.

Strukturalnym fundamentem nowego materiału jest krzemionka z cylindrycznymi mezoporami o średnicy ośmiu nanometrów, przestrzennie uporządkowanymi w warstwę o heksagonalnej regularności, wyglądem przypominającą plaster miodu. Powierzchnia płaskiej próbki pokrytej warstwą grubości 100 nanometrów rośnie niemal 80-krotnie. Na rozbudowanej w ten sposób powierzchni, we wnętrzach porów, za pomocą mostków propylowych są w odpowiednich odległościach od siebie mocowane grupy funkcyjne zawierające pojedyncze atomy metalu, którym w przypadku omawianych próbek była miedź. W tak skonstruowanym materiale grupy funkcyjne są chronione przez ścianki mezoporów, co gwarantuje wysoką trwałość. Jednocześnie każdy atom miedzi ma możliwość efektywnego działania jako jednoatomowy katalizator.

„Popularne obecnie w różnych zastosowaniach nanocząstki złota czy srebra to aglomeraty składające się z wielu tysięcy atomów. Większość z nich jest osłonięta przez swoich sąsiadów, a więc nie jest w stanie pełnić przewidzianej dla nich roli. Tymczasem precyzyjna architektura naszego materiału gwarantuje, że każdy atom metalu ma dostęp do otoczenia i może katalizować produkcję reaktywnych form tlenu z wody i tlenu zawartych w powietrzu przenikającym do mezoporów. W rezultacie B-STING nie potrzebuje żadnego zewnętrznego wyzwalacza, takiego jak światło czy ultradźwięki, może więc działać nawet w ciemności”, zauważa dr hab. Łukasz Laskowski, prof. IFJ PAN.

Podkreślenia wymaga fakt, że w przeciwieństwie do wielu rodzajów nanocząstek, które zużywają się lub wymagają aktywacji, centra miedzi w nowym materiale katalizują cykle wytwarzania reaktywnych form tlenu bez konieczności trwałej przebudowy chemicznej. Innymi słowy: materiał nie potrzebuje regeneracji i działa tak długo, jak długo ma dostęp do tlenu i wody.

Dzięki współpracy z Uniwersytetem Medycznym w Lublinie udało się szerzej przebadać biobójcze działanie próbek pokrytych nowym nanokompozytem. Okazało się, że wykonane z niego powłoki zabijają szereg bakterii chorobotwórczych, grzybów, a nawet wirusów. Jednocześnie testy zrealizowane na ludzkich fibroblastach dowiodły, że jest on dla nich bezpieczny, co dla badaczy było olbrzymim zaskoczeniem. W praktyce oznacza to, że substancje biobójcze są wytwarzane przez nowy materiał tylko wtedy, kiedy istnieje taka potrzeba. Materiał nie wykrywa bakterii bezpośrednio, lecz reaguje na zmiany środowiska przez nie wywoływane – takie jak spadek pH, obecność związków siarki (tioli) czy lokalne wahania dostępności tlenu – i dostosowuje do nich skład wytwarzanych reaktywnych form tlenu. Co nie mniej istotne, produkcja substancji dezynfekujących nie jest stała i gdy w pobliżu nie ma drobnoustrojów, zmienia się jej profil. Szczegóły zarysowanego mechanizmu na razie nie mogą zostać ujawnione z uwagi na procedurę patentową.

„Jeśli dalsze badania nie wykażą negatywnych skutków wprowadzania naszego materiału do organizmu, mógłby on w przyszłości stać się nawet składnikiem leków – jako środek przynajmniej potencjalnie mogący skuteczniej od antybiotyków zwalczać szeroką gamę drobnoustrojów”, zauważa prof. Laskowski.

Nim pojawią się terapie pozwalające na użycie leków z udziałem nanokompozytu krzemionkowego B-STING, niezbędne będą jeszcze lata badań. Tymczasem już teraz szerokie zastosowanie mogą znaleźć wykonanie z niego biobójcze powłoki. Są one bezpieczne, trwałe (pod względem mechanicznym przypominają szkło), odporne na zabrudzenia (drobiny brudu mają większe rozmiary od porów i nie blokują przepływu powietrza do centrów katalitycznych), a ponadto utrzymują stałą gotowość do produkcji na żądanie, uruchamiającej się automatycznie w reakcji na zmiany środowiska chemicznego. Powłoki te można nanosić na różne materiały – zwłaszcza polimery, metale i szkło – oraz na obiekty o złożonych kształtach. W dalszej perspektywie brak konieczności stosowania wyzwalacza i długotrwała praca pozwalają myśleć także o zastosowaniach wewnątrzustrojowych, w formie powłok na implantach czy wypełnieniach stomatologicznych.

Badacze z IFJ PAN podkreślają ponadto aspekty ekonomiczne związane z produkcją omawianych powłok. Efektywne działanie nawet bardzo cienkich warstw (po naniesieniu materiału na szybę nie widać znaczącej zmiany przezroczystości), niewielkie ilości cennych metali zużywanych przy produkcji, cena miedzi istotnie niższa od cen srebra czy złota oraz umiarkowany koszt związków niezbędnych do produkcji pozwalają przypuszczać, że wytwarzanie powłok z nowego nanokompozytu krzemionkowego będzie ekonomicznie opłacalne.

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 klasyfikacji MEiN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

dr hab. **Magdalena Laskowska**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628342, 6628065
email: magdalena.laskowska@ifj.edu.pl

dr hab. **Łukasz Laskowski**, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628263, 6628402
email: lukasz.laskowski@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„*Mesoporous silica-based nanocomposite surfaces with ROS-generating copper phosphonate functional groups in the fight against dangerous microorganisms*”

M. Laskowska, M. Doskocz, A. Karczmarzka, K. Pogoda, A. Olender, E. Gumbarewicz, A. Bogut, M. Gagoś, A. Stepulak, W. Dąbrowski, Ł. Laskowski

Applied Surface Science 720, Part A, 165228, 2026

DOI: [10.1016/j.apsusc.2025.165228](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2025.165228)

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:

IFJ260128b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2026/01/28/IFJ260128b_fot01.jpg

Magdalena Laskowska z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie bada szklaną płytkę pokrytą warstwą materiału B-STING. (Źródło: IFJ PAN)

IFJ260128b_fot02s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2026/01/28/IFJ260128b_fot02.jpg

Budowa materiału B-STING. Krzemionkowy szkielet z graniastosłupów (po lewej) zawiera równoległe rurki (środek) pokryte od wewnątrz grupami funkcyjnymi z pojedynczymi atomami miedzi (po prawej). (Źródło: IFJ PAN)

IFJ260128b_fot03s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2026/01/28/IFJ260128b_fot03.jpg

Mikroskopowe zdjęcia materiału B-STING, obrazujące budowę jego krzemionkowego szkieletu. Kolory sztuczne. (Źródło: IFJ PAN)