

## Szybki i jasny scyntylator perowskitowy wzmocniony Purcellem (FAPURITE)

Materiały scyntylacyjne są wrażliwe na promieniowanie jonizujące i są obecnie stosowane w wielu systemach detekcji w takich dziedzinach, jak obrazowanie medyczne, bezpieczeństwo wewnętrzne, kalorymetria fizyki wysokich energii (HEP), energia, kontrola przemysłowa, odwierty ropy naftowej i czujniki kwantowe. Przetwarzają promieniowanie wysokoenergetyczne, np. g. Promieniowanie rentgenowskie i gamma, pochłaniając jego energię i zamieniając ją w światło widzialne, które można wykryć za pomocą konwencjonalnych fotodetektorów. Materiały, a mianowicie scyntylatory, mają właściwości, które mogą oferować funkcjonalności w zastosowaniach wykraczających poza statyczne obrazowanie promieniowania, tj. Wykrywanie czasu przelotu, spektroskopia i ultraszybkie wieloklatkowe obrazowanie promieniowania. Dwie znane właściwości to wydajność świetlna, która określa liczbę fotonów widzialnych, które są tworzone na zdeponowaną energię promieniowania, oraz czasy rozpadu, które określają, jak szybko te fotony są emitowane po napromieniowaniu. Oba wpływają na wartość pochodnej rozdzielczości koincydencji czasowej (CTR) w pozytonowej tomografii emisyjnej (PET), która jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego wydajności świetlnej podzielonej przez czas zaniku i wyjściowej szybkości zliczania (OCR) w tomografii komputerowej zliczającej fotony (PCCT) i szybkie spektralne obrazowanie rentgenowskie. CTR poniżej 30 ps poprawi jakość obrazowania TOF PET poprzez znaczne zwiększenie stosunku sygnału do szumu, podczas gdy OCR PCCT >20 Mcps/piksel będzie lepszy niż obecna technologia półprzewodników CdTe/CZT. Dla PET, najlepsze komercyjne scyntylatory, Lu<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>(LSO):Ce, mają CTR 60 ps, ale ich koszt to około 426 EUR za 20x20x20 mm<sup>3</sup>, co daje całkowity koszt systemu TOF PET około milionów EUR. W przypadku PCCT nie jest to tak duży postęp w tej dziedzinie, jak obecna technologia oparta na technologii półprzewodnikowej, która wymaga bardziej stabilnego i niezawodnego detektora.

Patrząc na przemysł fotowoltaiczny, odpowiedzią na TOF PET, PCCT i szybkie spektralne obrazowanie rentgenowskie mogą być przetwarzalne w roztworze scyntylatory ze strukturami perowskitowymi, które mogą obniżyć koszty nawet pięćdziesięciokrotnie w porównaniu z LSO: Ce. Są to dwaj potencjalni kandydaci: dwuwymiarowe hybrydowe kryształy organicznego nieorganicznego (2D HOIP) i bezołowiowe całkowicie nieorganiczne kryształy perowskitu (AIP). Z jednej strony najlepsze kryształy 2D HOIP mają wydajność świetlną nieco większą niż 20 fotonów/keV energii zdeponowanej i czas reakcji mniejszy niż 5 ns, co daje CTR 80 ps, nieco gorszy niż LSO: Ce, ale długość absorpcji tylko 4 razy większa niż ta z LSO:Ce. Z drugiej strony, bezołowiowe kryształy AIP, których długość absorpcji jest taka sama jak LSO:Ce, mogą dawać 100 fotonów/keV, ale czasy odpowiedzi wynoszą około  $\mu$ s cofając CTR dłużej niż 150 ps. Zatem dla 30 ps CTR scyntylatorów 2D HOIP i AIP należy poprawić ponad 3 lub 5 razy. W przypadku PCCT kryształy 2D HOIP już dają 10 Mcps/piksel, czyli tylko o dwa mniej niż obecna technologia półprzewodnikowa.

Projekt FAPURITE skupi się na rozwiązaniu tych problemów ze scyntylatorami perowskitowymi za pomocą nanofotoniki, polegającej zarówno na zwiększeniu wydajności świetlnej, jak i jednoczesnej poprawie czasu zaniku, abyśmy mogli zmniejszyć CTR lub zwiększyć OCR. Jesteśmy przekonani, że uda nam się osiągnąć ogólne cele za pomocą multidyscyplinarnej metodologii, która opiera się na badaniach naukowych, rozpowszechnianiu i wykorzystywaniu. Jako ostateczny cel chcemy ustanowić Polskę jako lidera przemysłowego na rynku scyntylatorów TOF PET, PCCT i szybkiego spektralnego obrazowania rentgenowskiego jako część całkowitej prognozowanej wielkości rynku 508 milionów euro w 2026 roku. Scyntylatory perowskitowe wzmocnione przez Purcella otworzą nowe miejsce fizyki materiałów i fotoniki.