

Najważniejszym kierunkiem badań prowadzonych obecnie na polu eksperymentalnej fizyki wysokich energii jest albo potwierdzanie Modelu Standardowego lub przeciwnie - poszukiwanie procesów wykraczających poza niego. Dotyczy to zarówno poszukiwania Ciemnej Materii, jak i nowych stanów tłumaczących obserwowane odchylenia od obecnej teorii.

Analizy fizyczne prowadzone przez eksperymenty działające przy akceleratorze LHC (Large Hadron Collider) nie przyniosły jak dotąd rezultatów na tym polu, a jedynym nowym stanem odkrytym na LHC jest bozon Higgsa, który stanowi dopełnienie Modelu Standardowego. Nie udało się natomiast zaobserwować żadnych nowych cząstek przewidywanych np. przez modele supersymetryczne, ani zjawisk, które są istotnie niezgodne z przewidywaniami teoretycznymi, nie ma również potwierdzonych kandydatów na Ciemną Materię. Z drugiej strony zaobserwowano cały szereg wyników związanych z ciężkimi kwarkami, które nie w pełni zgadzają się z przewidywaniami, jak np. anomalie w procesach z zachowaniem liczby leptonowej, czy niezgodności w prawdopodobieństwach rozpadów. Przyszłość poszukiwań Nowej Fizyki może skupić się w następnych dwóch dekadach na eksperymentach z akceleratorami hadronów z wysokimi energiami i dużą świetlnością lub na pomiarach pośrednich.

W każdym przypadku sercem eksperymentu są detektory śladowe przystosowane do pracy w ekstremalnych polach promieniowania. Detektory tego typu muszą charakteryzować się wysoką granulacją (tzn. liczbą aktywnych kanałów odczytu na jednostkę powierzchni) i dużą szybkością formowania sygnału. Cechy te posiadają sensory oparte o technologie półprzewodnikowe, a głównie używane są sensory krzemowe. Są to jednakże struktury, w których zachodzi znaczna zmiana własności fizycznych w funkcji rejestrowanej fluencji (wielkość tę można w przybliżeniu rozumieć jako sumę wszystkich cząstek, które przechodzą przez powierzchnię detektora w całym czasie trwania eksperymentu). W dodatku w nowych eksperymentach spodziewamy się do 200 oddziaływań elementarnych na jedno przecięcie wiązek co znacznie obniży jakość procedury rekonstrukcji śladów.

Jednym z proponowanych rozwiązań jest połączenie geometrycznego śladu cząstki z czasem rejestracji, przy czym rozdzielczość takiego pomiaru musi wynieść przynajmniej 30 – 40 ps. Tego typu podejście nazywane jest rekonstrukcją 4D i jest obecnie intensywnie badane przez główne grupy naukowe związane z eksperymentalną fizyką wysokich energii. Obecnie wiodącymi technologiami, które badane są pod kątem ich możliwego użycia w eksperymentach kolejnej generacji są: sensory monolityczne, ultra-szybkie struktury LGAD z wewnętrznym wzmocnieniem, sensory pikselowe 3D oraz struktury zintegrowane 3D. Głównym czynnikiem, który będzie decydował o użyteczności danej technologii jest odporność na zniszczenia radiacyjne i wywołana przez nie degradacja kluczowych parametrów makroskopowych sensorów.

Przedstawiony projekt dotyczy prac grupy AGH prowadzonych wspólnie z międzynarodowymi ośrodkami (CERN, Wielka Brytania, Stany Zjednoczone) nad badaniami nowych technologii półprzewodnikowych, które stosowane będą w nowych eksperymentach fizycznych (Hi-Lumi LHC, FCC). Główną ideą jest wdrożenie synergicznego cyklu projektowania i testowania struktur krzemowych przy pomocy badań symulacyjnych (TCAD), produkcję małoseryjną sensorów prototypowych, naświetlanie w warunkach kontrolowanych oraz pomiary przy użyciu techniki prądów indukowanych (TCT). Uzyskane wyniki pomiarów można następnie użyć do weryfikacji oraz modyfikacji modeli symulacyjnych. Badania sensorów prowadzone będą na AGH w Krakowie na przygotowanym już stanowisku badawczym TCT, grupa posiada również licencję na programy do symulacji.