

Streszczenie

Ciemna materia jest jednym z najbardziej intrygujących elementów Wszechświata. Pośrednie efekty jej istnienia widoczne są zarówno w skali galaktycznej jak i kosmologicznej. Słabo oddziałujące masywne cząstki (WIMP) są uważane za jednego z głównych kandydatów na ciemną materię, a ich bezpośrednie poszukiwania prowadzone są za pomocą eksperymentów podziemnych. Praca udokumentowana w niniejszej rozprawie koncentruje się na programie DarkSide.

W przypadku eksperymentów poszukujących rzadkich zdarzeń, do osiągnięcia wymaganej czułości, konieczne jest wykorzystanie do budowy detektorów materiałów o wysokiej czystości radioizotopowej. W kontekście współpracy DarkSide, w eksperymencie DarkSide-50 (DS-50) został wykorzystany ciekły argon. Argon został przetransportowany z Kolorado (USA) do LNGS (Włochy) drogą morską i lotniczą. W wyniku interakcji promieni kosmicznych z ciekłym argonem powstało zanieczyszczenie ^{37}Ar , obecne w efekcie w detektorze DS-50 podczas zbierania danych. Niniejsza praca obejmuje pomiar aktywacji ^{37}Ar przy użyciu danych DS-50 i jego porównanie z oszacowaniem produkcji ^{37}Ar podczas transportu. Wyniki zarówno pomiarów, jak i szacunków są zgodne w granicach 1σ . Wyniki pomiarów DS-50 ^{37}Ar są kluczowe dla walidacji szacunków aktywacji ^{39}Ar pod wpływem promieniowania kosmicznego, które jest istotne dla przyszłych detektorów.

Miony kosmogeniczne są źródłem tła w detektorach podziemnych. Mogą one wytwarzać wysokoenergetyczne neutrony lub źródła neutronów poprzez oddziaływanie z układem eksperymentalnym lub otaczającymi go w laboratorium materiałami. Ze względu na swoją naturę, neutrony mogą przenikać przez osłony DS-20k i powodować w detektorze zdarzenia podobne do WIMP-ów. Aby ocenić wpływ tego tła, przeprowadzono kompleksowe badanie przy użyciu do modelowania kosmogenicznego tła mionowego w detektorze pakietu symulacyjnego FLUKA. W celu eliminacji tła zastosowano w analizie danych szereg cięć. Przeprowadzono również badanie korelacji zdarzeń w TPC i w detektorze zewnętrznym. Badanie to dostarcza przydatnych informacji dotyczących optymalizacji cięć selekcyjnych dla zdarzeń w DarkSide-20k.

Eksperyment DarkSide-20k (DS-20k), obecnie budowany w Gran Sasso National Laboratory (INFN-LNGS, Włochy), będzie wykorzystywał dwufazową komorę projekcji czasowej z ciekłym argonem (LAr-TPC). DS-20k został zaprojektowany w celu osiągnięcia bardzo wysokiej czułości i opiera się na sukcesie eksperymentu DarkSide-50. W przypadku tego typu eksperymentów, tłumienie szumów tła jest bardzo ważne dla uzyskania czułego detektora. Aby to osiągnąć, DS-20k będzie wykorzystywał zestaw kriogenicznych fotopowielaczy

krzemowych (SiPM) oraz zaawansowany system neutronowego veta - krytyczny dla wydajności DS-20k. Dlatego też niezwykle ważne jest opracowanie i przetestowanie modułów fotosensorów veta (vPDU) pod kątem ich pożądanej charakterystyki, w szczególności rozdzielczości wykrywania pojedynczych fotonów. Aby zminimalizować potencjalne źródła szumów tła, wdrożono rygorystyczne środki zapewnienia jakości i kontroli jakości (QA/QC). Dwa urządzenia vPDU zostały przetestowane w CEZAMAT, wyznaczając konfigurację do dalszych testów vPDU. Na jednostkach vPDU przeprowadzono szereg testów, w tym obliczanie napięć przebicia (~ 54 V), kalibrację diodą LED w celu zmierzenia odpowiadzi na pojedynczy fotoelektron, pomiar zliczeń ciemnych ($< 0,1$ Hz/mm²) oraz stosunku sygnału do szumu (< 8). Wyniki uzyskane z jednostek vPDU są zgodne z wymaganiami specyfikacji DS-20k.