

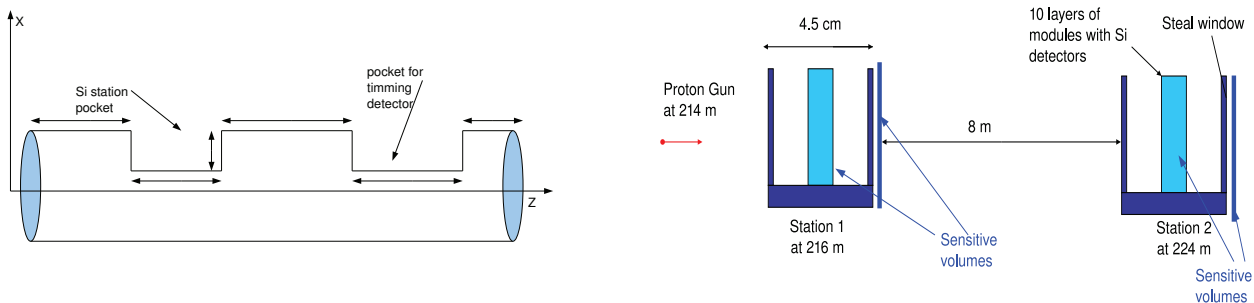
Środowisko programistyczne Geant4: Projekt 3

- **Temat: Pkselowy detektor krzemowy.**

- **Specyfikacja:**

Celem projektu jest wykonanie symulacji układu eksperymentalnego zawierającego pikselowy detektor krzemowy (3D silicon detector [1]). Technologia tego typu detektorów jest obecnie rozwijana. Oczekuje się, że znajdą one szerokie zastosowanie ze względu na swoją dokładność pomiaru pozycji, szybkość działania oraz odporność na zniszczenia radiacyjne.

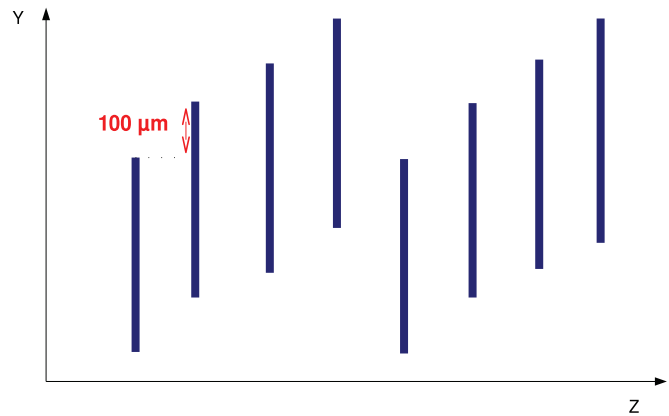
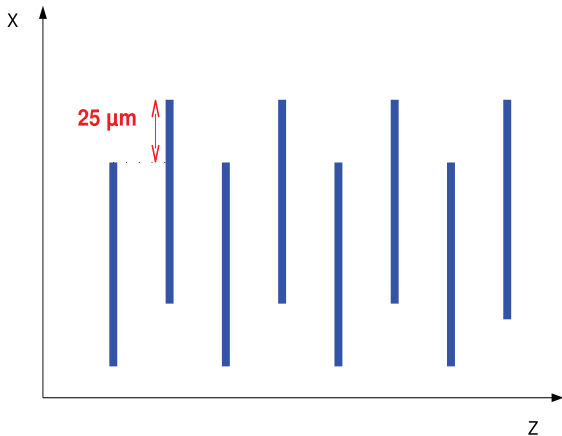
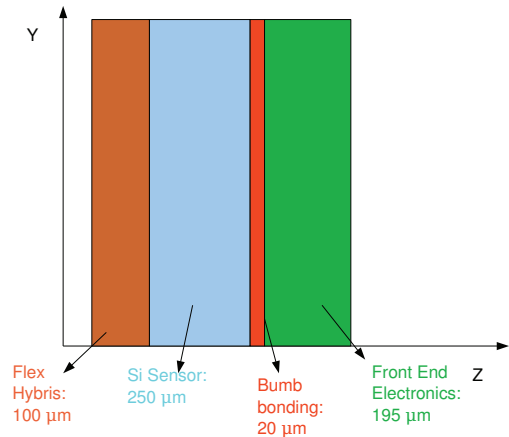
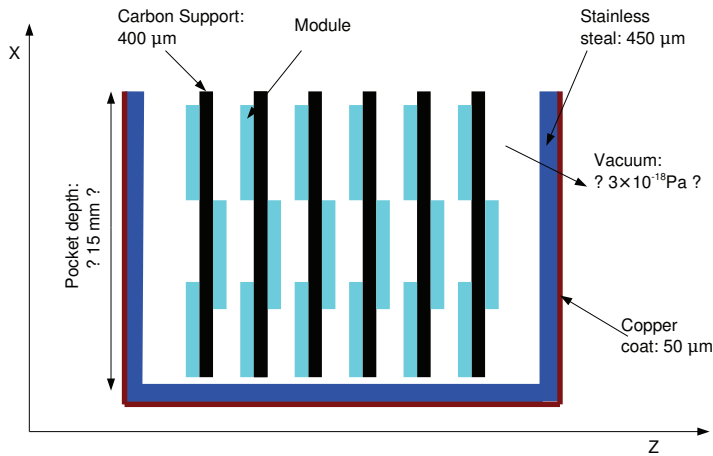
Schemat planowanego układu pomiarowego dla eksperymentu ATLAS przedstawia poniższy rysunek. Detektory krzemowe 3D zostaną umieszczone we wnękach wykonanych w rurze akceleratora. Rura akceleratora (oraz wnęki) wykonana jest ze stali o promieniach wewnętrznym/zewnętrznym odpowiednio równych 34.55/35 mm i jest pokryta od wewnątrz warstwą miedzi o grubości 0.05 mm. W pierwszej wnęce umieszczona jest pewna liczba detektorów krzemowych 3D (jeden za drugim), a w drugiej zostanie umieszczony gazowy detektor Czerenkowa (tego nie symulujemy w tym projekcie). Głębokość każdej wnęki (liczona wzdłuż promienia) wynosi 15 mm. Taki układ powtarza się dwa razy (odpowiednio na 216 i 224 metrze rury akceleratora). Stosujemy prawoskrętny układ współrzędnych, w którym oś z skierowana jest wzdłuż rury akceleratora, natomiast oś y pionowo do góry.



Każda warstwa detektora krzemowego zbudowana jest z trzech modułów zamocowanych do warstwy węgla (grafit) umożliwiającej odprowadzanie ciepła. Każdy z modułów, o wymiarach $x = 5$ mm i $y = 7.2$ mm, złożony jest z kilku warstw (patrz rysunek). Oprócz warstwy czynnej (krzem) zaznaczone są inne warstwy (elektronika+mocowanie). Kolejne warstwy detektorów krzemowych przesunięte są względem siebie we wsórzędnej x oraz y tak jak pokazano to na rysunku. W warstwie czynnej detektora krzemowego znajdują się elektrody p^+ (sygnałowa) i n^+ . Elektrody są walcami prostopadłymi do powierzchni płytki krzemowej i mają średnicę $20 \mu\text{m}$. Elektrody p^+ i n^+ ułożone są naprzemian, przy czym odległość pomiędzy elektrodami typu p^+ wynosi w kierunku osi x $50 \mu\text{m}$ a w kierunku osi y $400 \mu\text{m}$. Więcej szczegółów dotyczących odczytu sygnału można znaleźć w [1], ustalimy je ustnie.

Szczegółowe dane na temat zastosowanych materiałów:

- Stainless steel: 70% Fe, 19% Cr, 10% Ni, 1% Mn, gęstość 8.02 g/cm^3 , grubość $400 \mu\text{m}$
- Si sensor: 100% Si, gęstość 2.5 g/cm^3 , grubość $250 \mu\text{m}$
- Flex hybrid: 90% kapton, 10% Cu, grubość $100 \mu\text{m}$
- Bumb bonding: $20 \mu\text{m}$ PbSn



- Front-end electronics: 100% Si, grubość $195 \mu\text{m}$
- Carbon support: 84% C, 5% H, 11% O, grubość $400 \mu\text{m}$

Niezależnie od dyskutowanej powyżej geometrii proszę znaleźć rozkład energii deponowanej w warstwie krzemu o grubościach 250, 300 i 350 μm w przypadku gdy pada na nie prostopadle wiązka protonów o energiach 0.1, 1, 5, 10, 50, 100, 1000, 2000, 5000, 7000 GeV.

Dla geometrii przedstawionej powyżej proszę umieścić źródło protonów na 214 metrze. Źródło powinno mieć możliwość generacji protonów o zadanej energii i pod zadanym kątem.

Dla energii protonów 1, 3, 5, 7 TeV padających prostopadle na okienko w rurze akceleratora proszę wyznaczyć zdolność rozdzielczą pomiaru pozycji w zmiennych x oraz y (czyli rozkład różnicy pomiędzy odpowiednią znaną przycją padającego protonu i tę pozycją zrekonstruowaną) w układzie detektorów pikselowych. W tym celu pozycję protonów pierwotnych należy generować z rozkładu płaskiego w $x \in (-200, 200) \mu\text{m}$ oraz $y \in (-1600, 1600) \mu\text{m}$.

Wykorzystując obie stacje detektorów pikselowych (na 216 i 224 metrze) proszę znaleźć kątową zdolność rozdzielczą symulowanego układu w kierunkach x oraz y (czyli rozkład różnicy kąta pod jakim proton pada na układ pomiarowy i tego kąta zrekonstruowanego w naszym układzie

pomiarowym). W tym celu należy wygenerować pierwotne protony po różnych kątami $\theta_x = 0,50 \mu\text{rad}$ oraz $\theta_y = 0,200 \mu\text{rad}$ w krokach co $10 \mu\text{rad}$, zaproponować metodę rekonstrukcji kąta i znaleźć kątową zdolność rozdzielczą.

- **Dodatkowe informacje, literatura:**

[1] M.Mathes et al., Test beam characterization of 3D Silicon Pixel Detectors, IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol 55, no. 6, December 2008.

http://home.agh.edu.pl/mariuszp/wfiis_geant4/Atlas_3D.pdf

[2] Kapton <http://physics.nist.gov/cgi-bin/Star/compos.pl?matno=179>