

## エアロジェル RICH 検出器のための検出器 HAPD の中性子耐

名古屋大学理学研究科 修士1年

今村 美貴

私たちは次期 B-factory 実験へ向け、PID 検出器の識別能力の向上を目指しエアロジェル RICH 検出器の開発を行っている。現在 Belle 検出器に実装されている閾値型 ACC では、エンドキャップ部分における識別可能な運動量領域が 0.5GeV/c から 2.0GeV/c までであるのに対して、エアロジェル RICH 検出器では 4.0GeV/c まで識別出来る。

エアロジェル RICH 検出器は、輻射体であるシリカエアロジェルと光検出器である Hybrid Avalanche Photo Detector、そしてその読み出しである ASIC で構成されている。また粒子識別は、荷電粒子(K/ $\pi$ )がエアロジェルを通過した際に発生するチェレンコフ光を HAPD で捉え、リングイメージを再構成して行く。私たち名古屋大学ではHAPDの開発を浜松ホトニクス社と共同で進めている。

HAPD の精密な性能評価を行い、以下の性能について確認した。

- ◆ 一光子検出能力
- ◆ 磁場耐性
- ◆ 優れた位置分解能<5mm
- ◆ 広い有効面積(65%)
- ◆ 高い量子効率(360nm :~32%)

現在は実装へ向け、原子炉を用いてHAPDの中性子損傷による影響を調べている。なぜなら、Belle IIにおけるエンドキャップ部分では、10年間で $\sim 10^{12}$ neutron/cm<sup>2</sup> 程度の中性子が飛来され、半導体部分への影響が懸念されるためである。中性子と結晶格子中のSi原子核との弾性散乱によって格子欠陥が生じることで、Siのバンドギャップ中に新しい準位が形成されると、熱励起されるキャリアが増加し、ノイズ源である漏れ電流が増大することに繋がる。

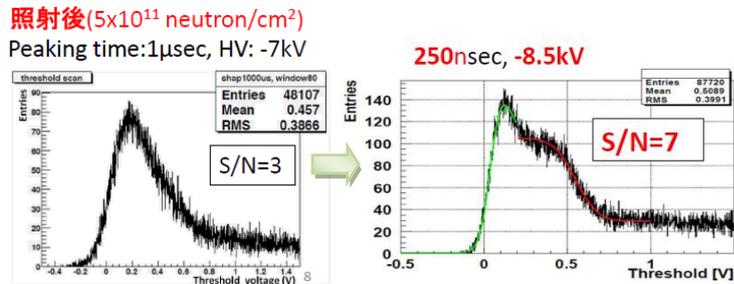
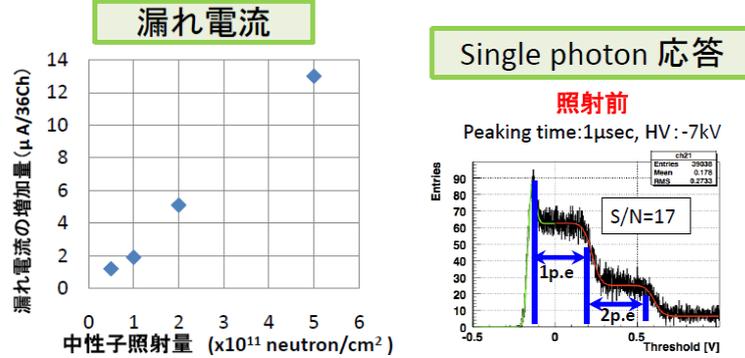
これらの予測をもとに昨年10月と今年1月に、東京大学の原子炉「弥生」を用いて中性子照射試験を行った。照射量は $0.5 \times 10^{11} \sim 5 \times 10^{11}$  [neutron/cm<sup>2</sup>]、これはBelle II 半年~5年に相当する。照射前後で漏れ電流の増加量とSingle photon応答について測定を行った。

測定結果から、照射量に比例して漏れ電流が増加し、これによりSingle photon応答はS/N=17からS/N=3まで低下していることが確認された。しかし、中性子損傷によって増加するノイズ $\sigma_{\text{shot}}$ (これをショットノイズと呼ぶ)は、(1)式のように表すことが出来るためピーキングタイムの短縮によりS/Nの向上が期待出来る。更に打ち込みゲイン

を向上させるため、HVを7kVから8.5kVまで上げることでS/N=7を達成することが出来た。

中性子損傷によって増加するショットノイズ $\sigma_{shot}$  (1)式

$$\sigma_{shot} \propto \sqrt{I \times \Delta t \times G} \quad I: \text{漏れ電流} \quad G: \text{Avalanche gain} \quad \Delta t: \text{ピーキングタイム}$$



測定結果より、Belle II 5年間におけるHAPDの使用が可能であることを証明することが出来た。しかし、Belle II 10年間使用するためには更なる改善策が必要である。そこで、漏れ電流の増大を防ぐため、格子欠陥の総数を減らすということを考えた。つまり、APDを薄くすることで漏れ電流の低下を予測し、今年1月にP層の厚さの異なるAPDに中性子を照射する試験を行った。

$1 \times 10^{12}$  [neutron/cm<sup>2</sup>]照射した結果、現在 HAPD で使用している厚さの APD の漏れ電流に比べ、P 層を薄くすることで 70% 減少出来ることが確認出来た。この結果を踏まえ、P 層の薄い APD を用いた HAPD を製作し、性能を確認することが今後の課題である。