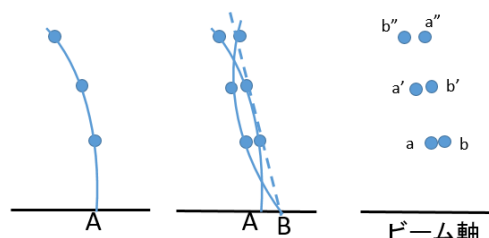


4次元飛跡検出器のための内部増幅機能付きシリコン半導体 LGADの開発研究 R&D of LGAD (Low gain avalanche detector) for 4D Tracker

和田 冴、大鳴 匡至、原 和彦、^{\$}海野 義信、^{\$}中村 浩二
筑波大学数理物質、^{\$}KEK-INPS

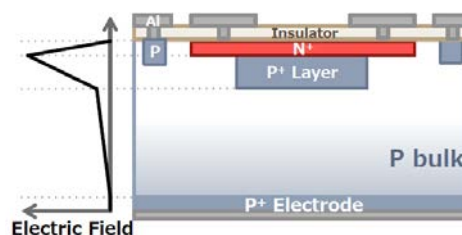
素粒子実験では、粒子衝突から発生する荷電粒子の運動量を磁場中の曲率半径から求める。より優れた空間位置測定のために開発研究がなされ、現在、LHC 加速器 ATLAS 実験では $50 \times 250 \mu\text{m}$ のピクセルサイズの検出器を稼働させ、新たに、高輝度 HL-LHC 実験用に $25 \times 100 \mu\text{m}$ サイズのものを設計中である。単体のピクセル検出器としては、SOI 技術を用いて $8 \times 8 \mu\text{m}$ サイズで世界最高性能の $0.65 \mu\text{m}$ の位置分解能が実現された[1]。

図(左)は3層の位置検出器で飛跡を求める概念を示し、円弧でビーム上の反応点 A を求める。(中央)には別位置 B からの飛跡を加えた。2つの飛跡の位置関係によっては破線で示す間違っ



た飛跡が再構成される。これを除去する唯一の方法は、優れた位置分解能で破線が正しくない組み合わせであると判断することであるが、多重散乱の影響があるため空間位置情報だけでは限界がある。飛跡数が膨大になるとこの限界は顕在化し、多重散乱で説明できるかを考慮しながらすべての組み合わせを検討し膨大な CPU を駆使する。ここで反応点 A と B は衝突時刻が異なるため、時刻情報が得られれば(右図)、 $a \rightarrow a' \rightarrow b''$ の組合せとなる破線は元々飛跡候補とならない。衝突型ハドロン加速器ではビーム反応点は 10cm 程度の広がりがあるので、 $0(10\text{ps})$ の時間分解能があれば 3mm 相当の区別が可能となり、間違っ

た飛跡の除去に加え、飛跡再構成時間を飛躍的に低減できる。これは飛跡検出器の概念を革新する。我々は、高い時間および位置分解能を同時に実現するシリコン半導体センサーとして LGAD の開発研究をしている。LGAD は読み出し n^+ 層の直下に高濃度 p^+ ドープ層を形成し、その高電場で雪崩増幅を起こすことで高い信号/雑音比かつ立ち上がり $O(10\text{ps})$ の高速信号を得ることができる。放射線損傷前後での増幅率の変化などの LGAD センサーの基礎特性の評価結果[2]を発表する。



[1] K. Hara et al. “Fine-Pixel Detector FPIX realizing sub-micron spatial resolution”, Talk given at 4th Int. Symp. on Technology and Instrumentation for Particle Physics, Beijing China, May 22-26 (2017).

[2] S. Wada et al., “Evaluation of Characteristics of Hamamatsu Low-gain avalanche detectors”, Talk given at 11th Hiroshima Symposium on Semiconductor Tracking Devices, Okinawa, Japan, Dec 11-15, 2017.