

我々は、素粒子原子核研究所及び加速器科学コミュニティで推進しているプロジェクトを成功させるため、デバイス開発、アナログ集積回路開発、高密度実装、広帯域高密度アナログデジタル混在ボード開発、ネットワークデータ収集システム開発を行っている。（SOI デバイスの開発に関しては、先端加速器報告での現状報告を参照されたい。）

1. プロジェクト推進に関する取り組み

東海キャンパスへの展開

27年度より東海キャンパスに分室（室長：内田智久氏）を設立し J-PARC での開発、相談等アクティビティの向上を目指している。実験室等のインフラの整備も進行しており、これらは KEK, J-PARC センター首脳部、構成員の皆様及び JAEA 首脳部の支援の賜物であり、ご期待に応えるよう日々活動を行う所存である。東海とつくばで一体的な運営をおこなっていますので開発の要請や相談等はぜひご連絡ください。



図1：JAEA 研究3棟の新実験室。現在ハドロン、MLF での実験用エレクトロニクス開発が進行中。

EMC 技術の導入(Belle-II)

検出器システムの多チャンネル化、高機能化は日々発展しておりそれに伴い今まで困難だった実験も遂行可能となっている。しかしながらこの高機能化は検出装置へのノイズの混入、誤動作という問題も引き起こしており、この問題へのシステムティックな対応は中長期的に見ても課題となる。このような状況下 Belle-II グループと協力し電磁環境適合性(EMC)技術の導入を、日本で初めて加速器実験用計測装置インテグレーションに対して進めている。詳細は割愛するが図2で示すように会社と協力しつつ EMC 解析を行い Belle-II 検出装置の性能を最大限引き出すための R&D を継続している。今後 J-PARC 及び他の実験装置でも必須となる知識を蓄積発展させていく所存である。



電磁放射測定

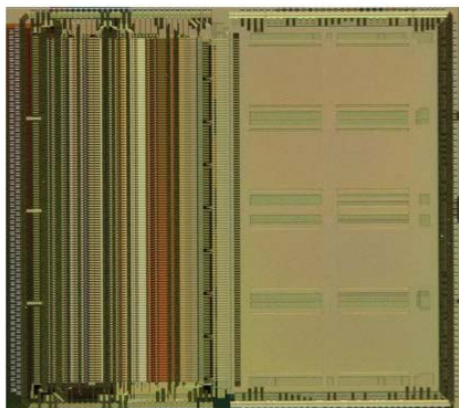
電磁耐性測定

図2：Belle-II 用エレクトロニクスの EMC 環境試験を行っている所。

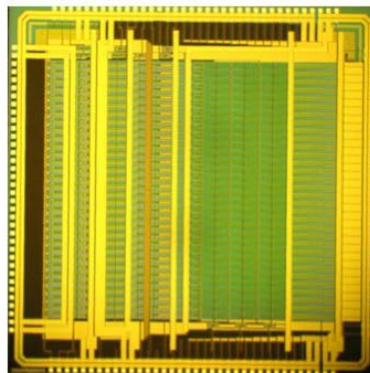
高集積化技術の展開(J-PARC, ATLAS 等)

加速器の高強度、高輝度化のトレンドは今後も変わる事はないため、その帰結として検出装置の多チャンネル高集積、高機能化は必須となる。我々は現在半導体プロセス、FPGA、PCB 等においてこの流れを先導するための開発及び技術蓄積を行っている。その中で蓄積されたノウハウを実際のプロジェクトへ展開する事は、長期的な研究開発の方向性を決める上でも非常に重要なポイントである。我々は CMOS0.18um を中心に ASIC(特定用途集積回路)の開発を行

いつつ周辺技術の蓄積を行ってきた。図3はその一部でJ-PARCでの実験用ASICを示す。



SliT128A:128chシリコンストリップ読み出しアナログデジタル混在集積回路。高レート用でパルス幅を約70nsecに抑えている。

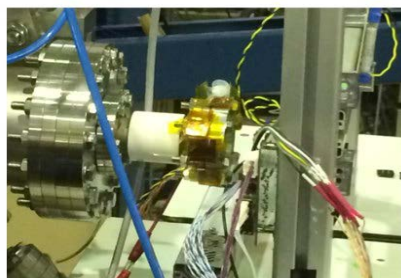


Volume:32chのMPPC(光検出器)読み出し用アナログデジタル混在集積回路。物構研の小嶋氏を中心としたグループとの共同開発の成果。

図3：左は g-2/EDM 実験用シリコンストリップ読み出し 128 チャンネル ASIC。右は MPPC 用 32 チャンネル高速信号処理回路で MLF uSR グループ（物構研小嶋氏等）との共同開発。

極限環境下における計測装置開発技術の蓄積(J-PARC 等)

読み出しエレクトロニクスが検出器の一部に組み込まれつつある現状では、種々の電子部品が検出器と同様の環境に晒されることになる。そのような環境でも動作保証するための知識はより必要となってきた。我々のグループでは、これらを極限環境と位置づけて、まず低温、耐放射線、高集積環境下での低雑音に関して、複数のプロジェクトと共同で研究開発を行っている。図4に COMET グループの中性子照射実験の写真を示す。低温環境では、ニュートリノグループ内の液体アルゴン検出器 R&D を行っているグループと協力しながら低温環境下での装置製作に関する R&D を行っている。



COMET実験用読み出しボード等の中性子照射試験のターゲット付近の写真。中央の黄色いカプトンテープ内には、高放射線環境下で位置検出に使用するワイドギャップ半導体のバルクサンプルが封入されている。

図4：COMET グループによる電子部品や材料の中性子照射試験の写真

2. 先端技術の取り込み、技術継承を含む長期的視点にたった取り組み 技術継承と拡散によるコミュニティアクティビティ強化(Open-It)

我々は加速器科学総合支援事業の資金的援助及び素粒子原子核研究所のサポートの基に他の機関のエキスパートとのコラボレーションネットワーク”Open-It”を立ち上げ、講義、実習の教育活動及び複数プロジェクトと連携した On the Job Training で若手教育とプロジェクト推進を通じたコミュニティ全体への積極的な寄与を行う体制を構築した。この体制のもと我々の持っているノウハウや開発物等は実際に若手へ伝授され多くのプロジェクトを推進する原動力になっている。

今年度現在までセミナー1回、トレーニングコース2回、研究会1回を行い延べ参加者は100名を越えている。図5はOpen-It後援の総研大講義“計測と制御”参加者の写真である。活動の詳細は<http://openit.kek.jp>を参照していただきたい。

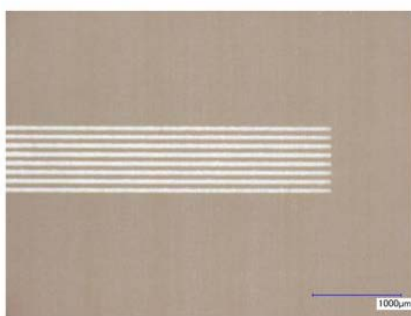


図5：計測と制御 2015 参加者集合写真

連携による新規技術の展開(Open-It、外部資金)

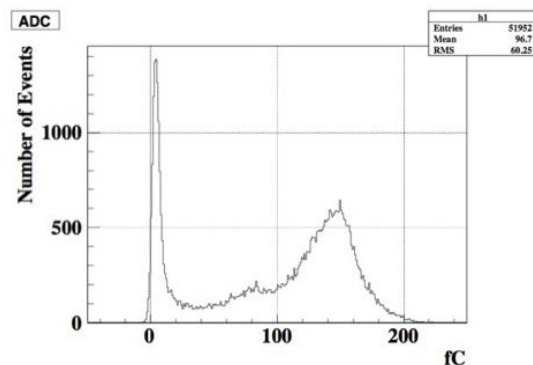
現在検出器のピクセル化、多チャンネル化は CMOS プロセス等の微細化技術に牽引される形で急激に進んでおり、以前は半導体検出器だけに使用されていた集積回路技術を含む高密度実装技術はガス検出器、光検出器など広範囲に使用されるようになった。これは検出器と電子回路技術の関係がより密になっている事を示しており、以前にもまして我々には検出器を理解し高密度実装技術を使いこなしつつ高性能な計測システムを実用化させるための総合力を持つ事を求められている(実用化/技術の展開に関しモジュール開発の例を図6に示す)。コミュニティーが推進するプロジェクトの成功とそれらプロジェクトが国際協力と競争の中でよりビジビリティを向上させるための一助として今後とも多くの研究者と連携を取りながら研究開発実用化を進めている。

今年度から国際共同研究としてドイツ、ボン大学とピクセル検出器とポストプロセスを使用した粒子線検出器の開発を行っており、北大と協力し性能を評価中である。北大とは極限環境下で動作する検出器としてダイヤモンド検出器も開発しており、今後 J-PARC 等でその性能評価を行う予定である。上記以外にも国内の工学部等と協力しながら我々に必要なシーズとニーズをマッチさせ現象を探る新しい目としての検出装置開発を推進していく。



線幅50 μ m100 μ mピッチの印刷配線、集積回路への配線も可能な微細化が可能である。既に200 μ mピッチで集積回路への配線と動作は確認済み

図6印刷技術を使用し微細配線を行いガス検出器として動作させた。左は 100 μ m ピッチの配線パターン。右はその技術を使用して 2 次元位置有感マイクロパターンガス検出器を動作させ取得した ^{55}Fe の X 線スペクトル。



鉄のX線スペクトル：印刷技術でX-Y配線パターンを製作し、GEMと組み合わせマイクロパターンガス検出器を製作。