



SOIコンソ便り

CONTENTS

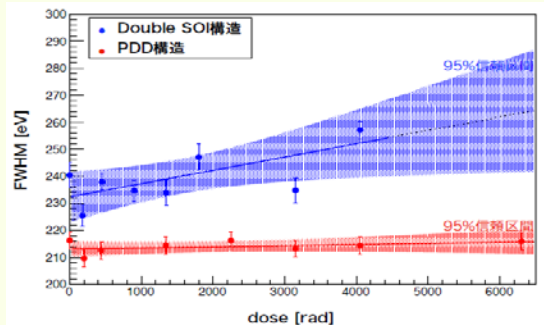
1. トピックス
2. 第5回SOIセンサー講習会開催
3. SOIPIX誕生物語(その3)
4. 今後のスケジュール
5. 編集後記

1. トピックス

今回は新構造PDDによるセンサーの耐放射線性改善と中性子センサーの開発状況です。

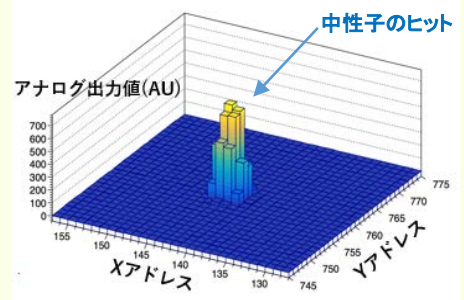
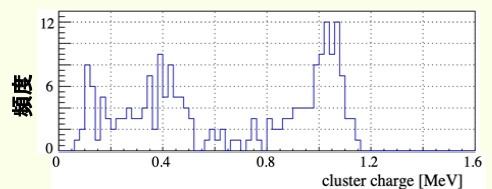
(1) PDD構造によるセンサーの耐放射線性改善を確認!!

より高感度かつ低い暗電流のセンサーを目指し、既存のpn接合ホトダイオードから新たに静岡大学で発明されたPDD(Pined Depleted Diode)構造の採用を進めている。今回、このセンサーの放射線耐性を検証することを目的として、6 MeVの陽子線照射による特性変動評価試験が東京理科大学によって行われた。その結果、PDD構造では陽子線ドーズ量で約6 kradまでエネルギー分解能がほとんど変動しないことが確認された。これに対し、既存のpnダイオードでは6 krad照射後、エネルギー分解能が10%以上変動している。また、暗電流も既存pnダイオードでは照射量依存はあまりないが、単位時間msあたり、1ピクセルで約30~40電子であるのに対し、PDD構造では照射量と共に増加はするが、6 kradで2.5電子以下と桁違いに暗電流が抑えられている事を確認できた。これにより、PDD構造では初期特性ばかりではなく、放射線照射による特性変動を大きく抑制できていることを確認できた。尚、本結果は昨年秋に開催された天文学会で発表された。



(2) INTPIXによる中性子線検出に成功!!

中性子による透過イメージングは中性子が金属の透過性があること等、非破壊透過検査であるX線ではできないイメージングも可能となり注目されている。中性子は電荷を持っていないため通常のホトダイオードでは検出が難しいため、中性子と反応し α 線を発生するボロンを塗布し中性子線のイメージャーとする。今回SOIの標準イメージャーであるINTPIX4にボロン膜を東京大学のディーラボで形成、KEKの熱中性子標準棟の熱中性子を照射し中性子のシグナルが取れるか確認した。右図に示すように中性子により発生した α 線に起因するエネルギースペクトル、および中性子照射位置も確認することができた。今後、本センサーの高解像度特性を活かして広く中性子線観察に適用されるセンサーを開発していく。尚、本結果は昨年12月に広島で開催されたHSTD12で報告された(東京大学)。



2. 第5回「SOIセンサー講習会」開催

新学術領域研究での活動の一つであったSOIセンサー講習会ですが、その活動をSOIコンソが引き継ぎ、第5回目となる講習会を11/14-15に2日間の日程でKEKにて実施致しました。本講習会はより広くSOI技術を用いたセンサーの設計・開発を進めて頂くことを目的として実施しております。この講習会で学んだスキルをもとに、年に1-2回実施されるMPWランにご参加頂き、センサー開発を行った方も過去にいらっしゃいます。その意味で、より実践的な講習会となるよう心掛けて講師陣・プログラムを準備させていただきました。今まではどちらかという学生の方を含んだアカデミックからの方が中心でしたが、SOIコンソでの開催でもあることから、企業会員の方にも受講いただけるよう配慮し準備は致しました。

今回は参加登録者が9名で、企業からの参加者は残念ながら1名限りで、ほとんどがアカデミックの研究者でした。

講習内容は、センサーデバイス設計の基礎から実際の設計や評価・DAQについてと、基礎から実践まで幅広く網羅させており、2日間の講習では盛りだくさんな内容となっていたと考えております。さらに、短時間ながらも実践を見据えて実習も実施しました。講義では、SOIコンソの企業会員でもありますA-R-Tec. Co.の大木様からピクセル設計に関して、そのプロセス調査から仕様の設定、回路設計という一連の作業について、ゲインと言った特性ばかりではなくノイズやオフリークという観点からどのようなアプローチをとっていくか詳細に解説され、今後ピクセルセンサーを設計するものにとって重要な指針を得ることができました。また、宮崎大学の武田様、都立産業技術高専の山田様、高エネ研の三好様、高柳様、西村様には自らの経験も含めたより実践的な講義を頂き、これもピクセルセンサーを設計していくうえで重要なインプットとなったと自負しております。

来年度も本講習会を実施する予定です。MPWランで自らのセンサーの実現に向け本講習会を活用されることを期待しております。（倉知）

講習会プログラム

2019年11月14日（木）

はじめに: SOIセンサー試作概要 (KEK 新井)

SOIデバイスの基礎と照射シミュレーション (高エネ研 倉知)

SOI回路シミュレーション (A-R-Tec Co. 大本)

1SOIPIXの低ノイズ化とPDD構造 (宮崎大学 武田)

2019年11月15日（金）

放射線検出とSOI検出器の基礎 (高エネ研 三好)

3次元積層チップ設計 (都立産業技術高専 山田)

SOIPIX設計環境とCADツール (高エネ研 高柳)

Readout DAQについて (高エネ研 西村)

KEK見学

実習

最後に (高エネ研 倉知)



講習会風景

SOIPIX誕生物語

～その3 SOI黎明期～

2005年4月にKEK測定器開発室が発足し、プロジェクトの公募が始まった。私はTDC LSIの開発を行っていたこともあり、データ読出しASIC開発のプロジェクトを出すように暗に誘われたが、この際検出器と回路を一体化した新しいモノリシックPixel検出器の開発を行いたいと思った。

当時（現在もそうだが）主流のPixel検出器はセンサー部と回路部とを金属バンプで接続するHybrid検出器（図1）だった。Hybrid検出器では、画素の大きさがバンプサイズで制限され、さらに100万以上もある画素を接続しなければいけないので、コストが高かった。当時Silicon-On-Insulator (SOI) 技術を使ったLSIが次世代技術として脚光をあびており、2つのシリコン層があるSOIならば、センサー部と回路部とを分離し、半導体プロセスのみで一気に製造できる可能性があると思い調べることにした。

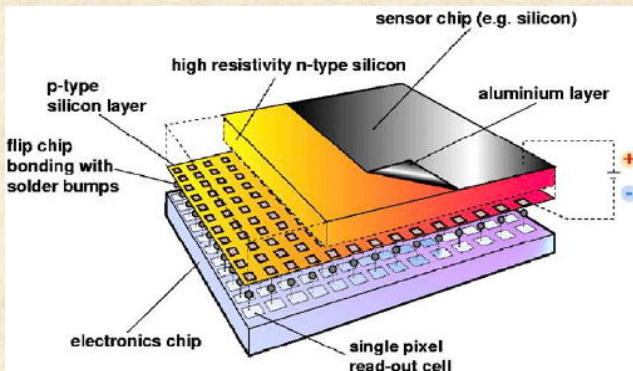


図1. Hybrid Pixel Detector

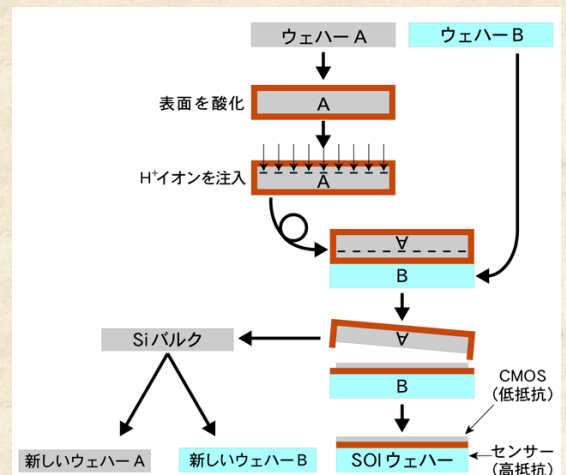


図2. SmartCut™によるSOIウェハー製造。

実は、SOIが半導体検出器に使えるような事に研究者は1990年代初めから気がついており、ヨーロッパでいくつかのSOI検出器開発のプロジェクトがスタートした。しかしながら、当時手に入ったSOIウェハーは1枚のウェハー中に酸化膜層を作るSIMOX等の技術で製造されており、検出器に必要な高抵抗率ウェハーが手に入らなかった。また、研究所内の半導体加工技術を使っていたこともあり、なかなか良い結果が得られず、次第にSOIは検出器に向かないという印象が広まっていった。

一方、我々がSOI検出器開発に乗り出した時期には、SOITEC社のSmartCut™（図2）という2枚のウェハーを貼り付ける技術が主流となっており、下部シリコンウェハーに高抵抗率ウェハーを使用することが容易に出来た。また、沖電気工業（株）が世界に先駆けてSOI集積回路の量産を始めた時期でもあり、SOIの可能性を広げたいと考えていた企業の目論見と合うという幸運に見舞われた。

（続く）

KEK 新井康夫



12月14-18日に‘HSTD12’と呼ばれる半導体検出器の国際会議が広島で開催された(SOIコンソが後援)。

(<https://indico.cern.ch/event/803258/>)

Dinnerではヤマタノオロチが演じられ、皆オロチと記念写真を撮っていた。

4. 今後のスケジュール

2020年

- * 1月17日 R2年度MPWラン試作希望申し込み締め切り
- * 1月27日 第4回「3次元積層半導体量子イメージセンサ研究会」(共催)
- * 2月7日 中性子マイクロスコプの実現に向けた調査研究 研究会 (後援)
- * 3月 SOI量子イメージセンサコンソーシアム研究会 (予定 主催)
- * 3月 R2年度MPWラン申し込み最終締め切り(予定)
- * 5月 R2年度MPWラン設計締め切り(予定)

5. 編集後記

年号が変わり、令和初の新年を迎えました。皆様には穏やかな正月をお迎えになられたことと存じます。

世界を見ますとこの年末から年明けにかけて、いろいろな事が起こりました。年末は何と言ってもカルロス・ゴーンの国外逃亡でしょう。まるで映画のような世界で、楽器の大きな箱に隠れて出国が可能になった事には驚きです。何故人間のような大きなものを検出できなかったか、何か釈然としません。検出器を作っている立場として、それは看過できませんよね。また年明け早々には米-イラン関係の悪化、イランの米軍基地へのロケット弾攻撃で本当に戦争が起こるのではと心配しました。さらにウクライナ民間機の誤射としても撃墜があったりです。

今年も世界情勢的には不安定な年になるのでは？と年明け早々懸念しておりますが、それでも平穏な年であるように願うばかりです。東京オリンピックもありますので。(倉)

次号は4月頃発行予定です。

コンソーシアム入会は <http://rd.kek.jp/project/soi/conso/nyuukai.html> からお願いします。

