

# CERN Summer Student Programme 2014 参加報告

九州大学大学院 理学府物理学専攻

住田 寛樹

sumida@epp.phys.kyushu-u.ac.jp

2014年(平成26年)10月1日

## 1 概要

6月30日から9月5日までの10週間、私は欧州原子核研究機構(CERN)で開催されたSummer Student Programme 2014に参加しました。このプログラムには全世界から約200人の学生が参加し、期間全体を通して配属された研究室での研究をおこなった他に、7月初旬から5週間にわたって開かれた講義にも積極的に参加しました。以下、これらの内容やCERNでの生活に関して報告いたします。

## 2 活動内容

ここでは前半の5週間に行われた講義について、私が取り組んだ研究内容について述べていきます。

### 2.1 講義

7月初旬から5週間にわたって開催された講義は素粒子理論・実験をテーマとしたものでした。理論に関しては、標準理論やBSM(Beyond Standard Model)から超弦理論のようなものまであり、実験に関しては、加速器や検出器の構造・原理から始まり、実際のデータ取得や解析の現状、そしてより具体的にLHCの現状と将来の展望にわたるものまでありました。特に興味をもったのは加速器分野でのデータ取得の方法と将来計画に関する内容で、実際の現場で活躍されている講師の方々がわかりやすく解説してくださったので今まで曖昧だったところも明瞭に理解することが出来ました。そして、これらの講義内容はスライドと動画という形でネット上にアップされているので、いつでも復習することが可能でとても便利でした。

### 2.2 研究

研究は、Detector Technology という分野の SSD (Solid State Detectors) グループの中で Christian Gallrapp 氏, Hannes Neugebauer 氏のご指導のもと陽子とパイオンを照射(irradiated)された Silicon Pad Detector の特性研究を行いました。測定には照射無し(unirradiated), 陽子とパイオンそれぞれのビームによる irradiated のサンプル合わせて14枚を使用しました(図1)。

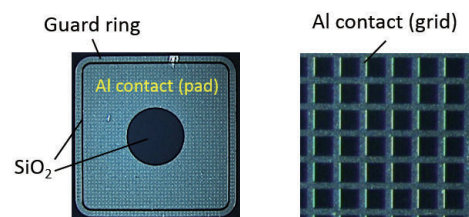


図1: 使用サンプルの表側(左)と裏側(右)の構造

#### 2.2.1 CV/IV 測定

まず、各サンプルの完全空乏層電圧( $V_{fd}$ ), effective doping concentration ( $N_{eff}$ )<sup>1</sup>, そして暗電流を調べるために CV/IV 測定を行いました。

CV 測定では各サンプルの完全空乏層電圧は図2のようになりました。プロットラインはV字になっており、一番谷のあたりで type inversion (今回の使用サンプルでは空乏層領域が、ドナーイオンが多く含まれるN型からアクセプターイオンが多く含まれるP型に変わる)が起こっていることが分かりました。また、 $N_{eff}$ も計算式上  $V_{fd}$  に比例するので放射線照射量に対するグラフでは図2と同じ形の結果を得ました。

IV 測定では暗電流は放射線照射量に比例する結果が得られ(図3), この直線近似の傾き  $4 \times 10^{-19} [A \cdot cm^2]$  をサンプルの体積で割って単位体積あたりに換算した  $5.3 \times 10^{-17} [A/cm]$  という値は先行実験の結果と一致するものでした。

<sup>1</sup>シリコン半導体のバンドギャップにある不純物濃度

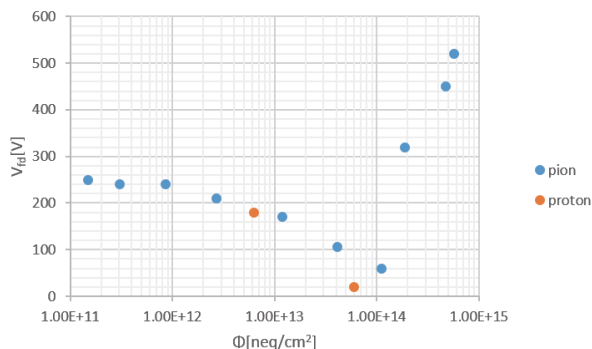


図 2: 放射線照射量に対する完全空乏層電圧。φ は放射線照射量 (1MeV の中性子換算) を表す

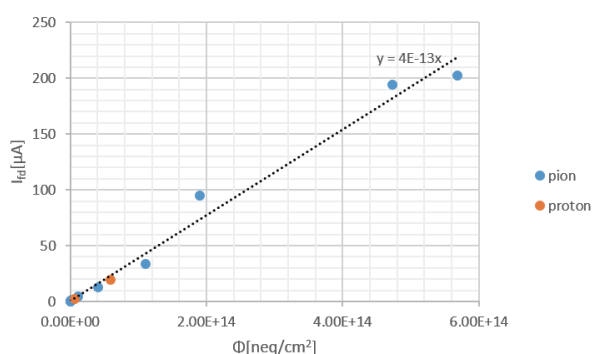


図 3: 放射線照射量に対する暗電流値

### 2.2.2 TCT 測定

TCT(Transient Current Technique) 測定では、サンプルにレーザーを照射し、放射線照射による電荷収集量への影響を見ました。図 4 は IR レーザーをサンプルの表側から照射した時の放射線照射量毎の電圧に対する電荷量のグラフです。本来放射線照射が多いほど電荷量が少なくなるはずなのですが、それがあまり見られませんでした。これはレーザー強度のふらつきが起因しているのではないかと考えています。

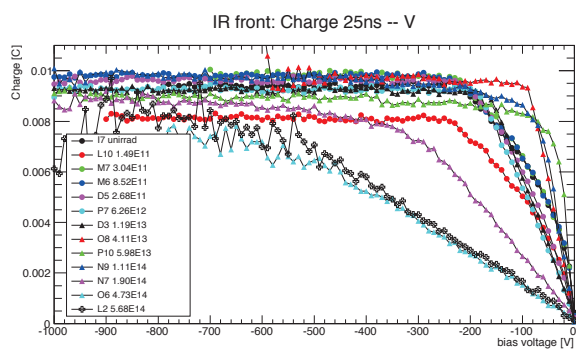


図 4: 印加電圧に対する放射線照射量毎の電荷量

### 2.2.3 Annealing

Annealing は放射線ダメージを受けた半導体検出器を一定時間ある温度に保っておくことによってその検出器の性質が変化するというもので、今回は 14 枚のうち陽子照射の 1 枚について 60 度の温度で保温時間を変えていながら Annealing の効果を見ていきました。結果として、暗電流値や  $V_{fd}$  は図 5,6 のようになりました。

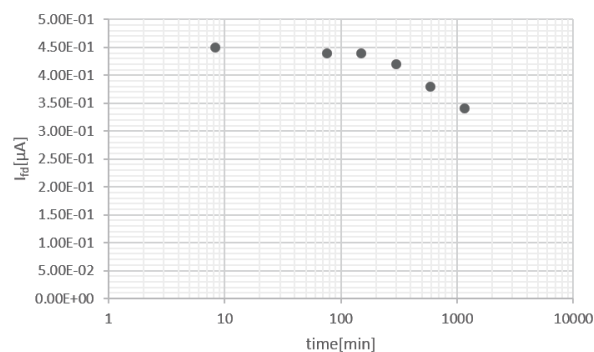


図 5: Annealing 時間に対する暗電流値の変化

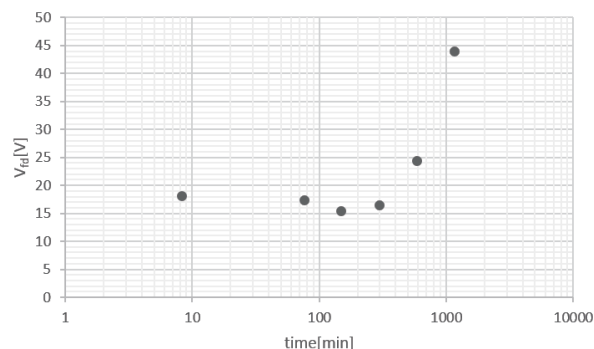


図 6: Annealing 時間に対する完全空乏層電圧の変化

## 3 CERN での生活

CERN での日々は、最初の 5 週間は午前中講義に出て、昼から研究という毎日でした。後半の 5 週間は朝から研究する日々で帰る時間も前半に比べて遅くなっていましたが、充実した時間を過ごせました。こう書くと毎日同じことの繰り返しのように思われるかもしれませんが、実際には講義や研究だけでなくその他沢山の事も経験できました。8 月の中旬には、student session で学生相手に英語でプレゼンをしました。大勢の前でかつ英語で話すことは初めてだったので緊張もあったのですが、やり遂げた後には今まで感じたことのない達成感がありとても有意義なものでした。また、研究所の中には多くのサークル活動があり、そのうちの一つであるダン

スサークルに友達に勧められて参加しました。普段運動をほとんどしていないのでダンス自体ハードルが高く思えた上に、ダンスのステップが独特だったのでそれに慣れるだけで精一杯だったのですが、研究終わりの良い息抜きとなりました。

宿泊所では定期的にパーティが催され、ゲームをしたりお酒を飲みながら他国の料理を味わったり語り合ったりしました。海外の同世代の人達と長期間一緒に過ごしたことがなかった分、こういう毎日が新鮮で素晴らしいものでした。



図 7: ホステルで知り合ったメンバーとの一枚。真ん中青い服の人の左が自分

## 4 今後の抱負

今回は初めての経験を多くすることができました。中でも英語でのコミュニケーションはとても重要なものでした。勿論自分自身の英語能力はまだまだだということは大いに感じましたが、それ以上にこのような場をこれからも多く体験していきたいという気持ちにもなりました。また海外で研究することも国内と異なる部分が多くありました。これらの感じたこと、身に付いたことをまずは学生生活の中に活かして、それを土台に自分の将来にも何かしらの形で役立てていけたらと思います。

## 5 今後の Summer Student Programme に望む事

ここでは、今後このプログラムに参加される方に向けての私の思いを書きたいと思います。

海外での勉強、研究は貴重な経験なので当然大いに励んで欲しいのですが、それ以上に海外の学生や研究者の方とのコミュニケーションの場を多く持って楽しんで欲しいと思います。やはりこれは日本では経験できない最たるものだと思いますし、その場を通して自分の感じ方が大きく変わるはずで

そして何よりこのプログラムで、参加前の諸手続きから向こうでの生活にわたって数多くある初めての経験全てに積極的に取り組んで欲しいと思います。それがこのプログラムを充実したものにする最良のものだと信じています。

## 6 謝辞

本プログラム参加にあたっては、KEK の皆様の多大なるご支援を頂きました。特に福田さんと宮居さんには諸手続きに関して大変お世話になりました。また、参加前には川越教授をはじめとする研究室の皆様に CERN に出す書類の添削をしていただきました。現地では担当教官の Christian Gallrapp 氏、Hannes Neugebauer 氏から丁寧なご指導を頂き、SSD lab の他のスタッフの方々とともに様々な方面でご助力を頂きました。そして同じ summer student だった竹馬君、加納君、潘君、梶原さんとは多くの楽しい時間を共有することができましたし、生活面等に関しては様々なアドバイスをもらい、とても感謝しています。この場を借りてお礼を申し上げます。