

NEWS RELEASE

フランソワ・アングレール名誉教授、ピーター・ヒッグス名誉教授
ノーベル物理学賞受賞お祝いコメント

2013年10月8日
浜松ホトニクス株式会社
本社：浜松市中区砂山町 325-6
代表取締役社長：晝馬 明(ひるま あきら)

フランソワ・アングレール名誉教授、ピーター・ヒッグス名誉教授、ノーベル物理学賞受賞おめでとうございます。人類にとって偉大な物理学の研究実験で、当社の製品がお役に立ち、大きな仕事に参画できたことを改めて実感しています。開発や製造に携わった者にとって、当社の光検出器が期待通りの性能を発揮したことの証明であり、従業員一同の喜びとなりました。

1897年に素粒子である電子が発見された当時は、それを応用する技術はありませんでしたが、今では人類の役に立っていることはご存じのとおりです。これと同じように、近い将来、ヒッグス粒子を使った新しい技術が生まれ、その技術が応用され、新しい産業が生まれることを望みます。



当社が開発した光電子増倍管や光半導体素子が、これまで、世界の加速器実験や宇宙観測などの学術分野で重要な役割を果たしてきました。当社は、今回研究成果を発表した ATLAS と CMS 以外にも、LHC のすべての実験装置に製品を供給しています。

また、次世代 LHC や高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の B-ファクトリーをはじめ、電子・陽電子の衝突実験を目指した国際リニアコライダー (ILC) 計画があり、すでに開発要請がきています。

このような新しい物理実験に、当社の技術や製品がどこまで要求に応えられるか、大きな期待と共に責任を感じます。少なくとも、CERN 研究棟の正面玄関に、唯一飾られた当社へのプラーク (感謝を表したプレート) に恥じないようにしたいと思います。

<当社光検出器の役割>

欧州合同原子核研究機構 (CERN) の大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) 実験では、ヒッグス粒子の発見が最重要課題のひとつとして期待されていました。LHC では、4 つの実験装置が建設され、2008年9月10日から ATLAS と CMS が実験を開始しました。

実験では、宇宙の始まり (ビッグバン) に近いエネルギー状態を、人為的に陽子と陽子を衝突させてつくり、衝突で発生する 2 次粒子の持つ物理量として、電荷量、運動量、エネルギー、粒子の種類が測定されます。実験装置には、陽子と陽子の衝突点の直近に飛跡

検出器が円筒状に設置され、その外周にカロリメーターなどの検出器が円筒状に重ね合わせるように設置されています。飛跡検出器で荷電粒子の電荷量と運動量を、カロリメーターで電子や光子のエネルギーを測定します。

当社は、ATLAS と CMS の飛跡検出器に固体事業部のシリコン・ストリップ（短冊状の構造という意味）・ディテクター（以下 SSD）を、ATLAS のカロリメーターに電子管事業部の光電子増倍管（以下 PMT）と CMS のカロリメーターに固体事業部のアバランシェ・フォトダイオード（以下 APD）を納入しました。いずれも、実験のコアになるデバイスで、物理学の新しい発見のための眼として働いてきました。

CERN に納入した製品の売上高（単体）は、約 31 億円で、内固体事業部の光半導体素子が約 28 億円です。また、日本が参加する ATLAS への売上高が約 10 億円、欧州チームの CMS が約 18 億円、他の実験装置に約 3 億円という内訳です。CERN には、財政運営においてフェアリターンという原則があり、出資額にほぼ比例して加盟国にお金が戻ります。日本政府の建設協力で、その一部が日本企業にも門戸が開かれましたが、LHC に採用された光半導体素子のほぼ 100%が当社製品で、それも日本が参加していない欧州チームの CMS に納入できたのは、当社の技術力を評価されたものです。

<研究チームからの受賞歴>

当社はこれまで、LHC の研究チームから優れた製品に贈られる賞として、以下の賞を受賞しています。

- ・ 2003 年 2 月、CMS 共同研究チームから「The CMS Award 2003」として、APD が放射線耐性の高い製品開発を評価された「The CMS Gold Award of the year 2003」と優れたプロジェクト管理力と認められた企業に贈られる「Crystal Award」
- ・ 2005 年、CMS 共同研究チームから SSD がシリコンセンサーの開発と製造を評価された「The CMS Gold Award of the year 2005」と同上の「Crystal Award」
- ・ 同 2005 年、ATLAS 共同研究チームから SSD が技術的な要件を上回ったことを評価された「ATLAS Supplier Award for Hamamatsu Photonics」
- ・ 2008 年、LHCb 共同研究チームから光電子増倍管が優れた協力による MAPMT 製造を評価された「The LHCb industry Award」

2008 年 10 月、CERN で行われたセレモニーで、「実験装置から飛散する粒子を検出する素子の開発で貢献した企業」として CERN 事務局長ロベール・エルマール氏より謝辞と共にプラークが、CERN 研究棟の正面玄関に唯一飾られました。これは、当社製検出器の性能の良さと品質の安定性を評価され、設計と製造技術が認められたものです。

また、CERN 理事長ロバート・アイマー氏より、「物理実験でも研究者はそれぞれ競争しており、浜松ホトニクスだけが LHC で複数の実験に製品を供給した。納入した額だけではなく、これを見てもいかに浜松ホトニクスの貢献が大きく、製品が優れているか判断される」との謝辞をいただきました。



(右)「The CMS Gold Award of the year 2003」(中央)「The CMS Gold Award of the year 2005」
 (上)「ATLAS Supplier Award for Hamamatsu Photonics」(左)「The LHCb industry Award」



CERN 研究棟の正面玄関に唯一飾られたプラーク

<開発経緯と製品の概要>

■光半導体素子

1989年に米国のテキサス州で、ヒッグス粒子の発見を目指した最高エネルギーの陽子コライダー加速器 SSC (Superconducting Super Collider) の建設が始まり、米国と欧州の CERN で世界の実験物理研究者を 2 分するような競争が始まりました。日本の物理学者のほとんどが SSC に所属し、日本政府からの多額の資金提供が決まり、当社に光半導体素子の開発依頼がきました。

その後、SSC 計画は、クリントン政権に移行したアメリカ議会の決定で 1993 年に建設途中で中止になったことから、世界の物理研究者が CERN に参画するようになり、1994 年に

LHC 建設が決定されました。当社では、光半導体素子の開発が進み、実用に耐えうる性能が得られていました。そのため、LHC の ATLAS と CMS 実験グループからも、光半導体素子の開発依頼がありました。

しかし、日本政府は、CERN に資金援助をしておらず、日本の物理学者も LHC にはほとんど参加していませんでした。CERN は欧州の国々の資金援助で成り立っているため、各国の援助額に応じて各国への発注額が決められる不文律があり、当社の開発が成功しても日本企業への発注はないであろうと噂されていました。

光半導体素子としては、粒子の飛跡を計測する SSD とカロリメーターに用いられる自己増倍機能を持つ APD が必要とされました。

●当社初の高エネルギー物理用 APD 開発

1999 年 10 月に、CERN に参画しているポール・シェラー研究所 (スイス) からの発注で、CMS のカロリメーターに APD の採用が決まり、2000 年から製作を開始、2003 年までに 14 万本を納入しました。

カロリメーターは、飛散した粒子のエネルギーを検出するもので、陽子と陽子を衝突させる実験装置の中心部にあるため、高磁場で放射線が発生する過酷な環境下で最適な性能を求められます。陽子衝突によって生じた 2 次粒子が、シンチレーターで弱い可視光に変えられ、それを捕えて増倍し電気信号に変換します。

これまで、カロリメーターには、PMT が用いられていましたが、CMS から高磁場に強い光半導体素子の開発要請がありました。当社で初めて高エネルギー物理用 APD の開発が始まりました。当社は 1984 年から通信用の APD を開発していました。しかし実験で必要とされる仕様は、それまでの素子とは異なり放射線に強く、低ノイズ、シンチレーターに対して高感度、低容量、特性をそろえたものが要求されました。各々の仕様が相反する関係にありましたが、構造を見直すことで、高感度で低ノイズを実現しました。5mm 角の APD を採用し、鉛タングステンのシンチレーターと組み合わせています。



CMS のカロリメーター用 APD

●飛跡検出器に初めて SSD 採用

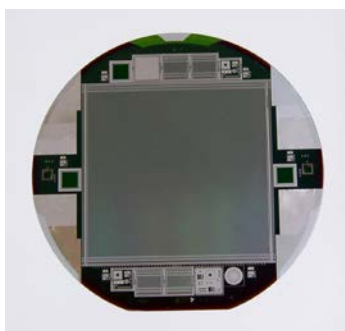
1999年10月に、ATLAS 実験装置に置かれる粒子の飛跡検出器に、KEK（日本）、CERN、ラザフォード・アップルトン研究所（イギリス）からの発注で、SSD の採用が決まり、1999年から製作を開始、2002年までに15,570個を納入しました。

飛跡検出器は、衝突で発生した2次粒子の飛跡を検出するもので、以前はワイヤーのガスチャンバーが採用されていました。当社では、原子核などの重い粒子の位置を検出するためのSSDの開発から始まり、1987年にスタンフォード大学（米国）のSLC加速器のMark II実験用他、世界の10数か所の加速器へ数100個単位の製品供給をしてきました。また、米国のSSCから、高い位置分解能を実現するため、SSDをワイヤーに代わる飛跡検出器として使いたいとの開発依頼があり、開発を進めていました。

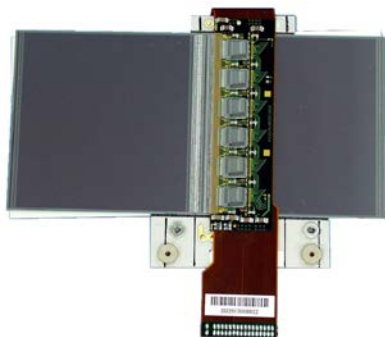
SSD は、光半導体素子のフォトダイオードを数 10 μm 間隔の微細なストライプ形状に数百チャンネル形成した大面積な素子で、2 次粒子が通過した場所を数 10 μm の精度で決定することができます。シリコンは、その特性として、シンプルな電気回路で低電圧電源のため動作が簡単なうえ、小型・軽量で高磁場に強いこともあり、高エネルギー化が進む実験装置への採用に向けた期待が高まっていました。

1993年にSSCが中止になったときには、実用に耐えうる性能が得られていたため、ATLASからも新たな仕様で開発依頼がきました。ATLAS では、円筒形の配置に最適化された 80 μm から 200 μm 幅での高い精度で検出が可能な 6 種類の SSD の仕様が要求されました。衝突点の近くで 10 年間に受ける莫大な放射線量 (3×10^{14} p/cm²) と、放射線損傷の効果を軽減するために摂氏マイナス 10 度の低温環境下に耐えられる設計が要求されました。

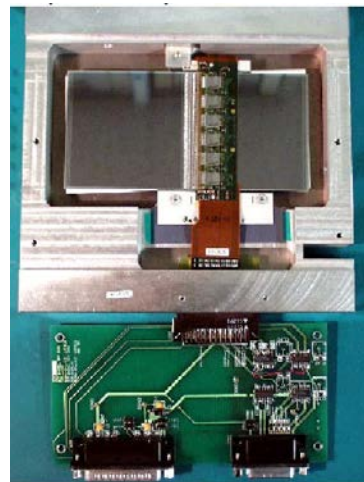
当社では、高感度で放射線によるダメージに強い素子構造の設計と、数 10 μm 精度で読み出せる素子を、狭いところに集積して作り込む高い微細加工レベルのシリコンプロセス技術によって、大面積でデットが少なく高安定を実現しました。これまで数 100 個程度の注文でしたが、2桁も多い注文に対し、製品のばらつきがなく、大面積を歩留まり良く製造する技術の信頼性を得ることができました。

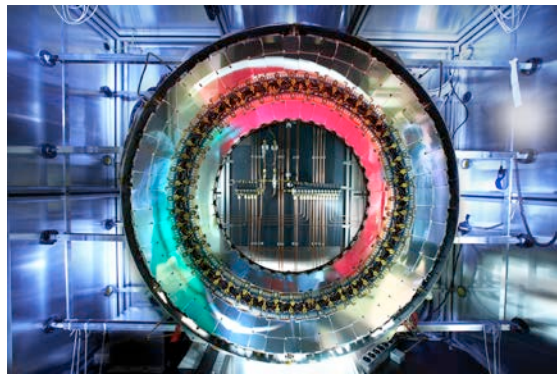
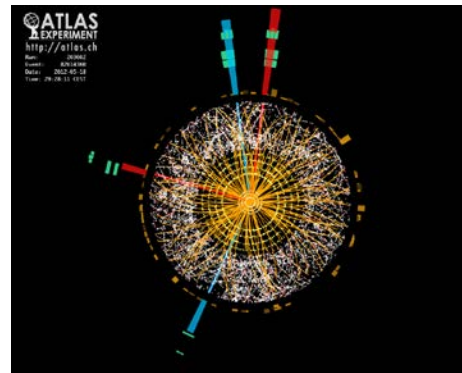
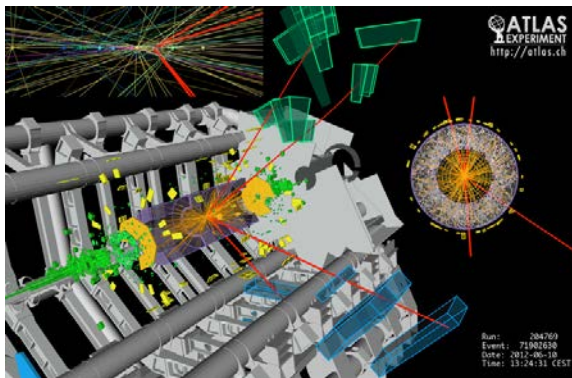


4 インチウエハーから
1 個の SSD を製作



SSD モジュール



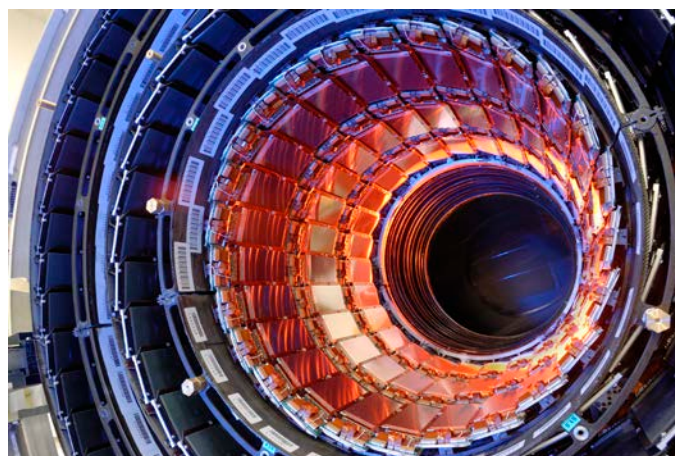


ATLAS に配置された SSD

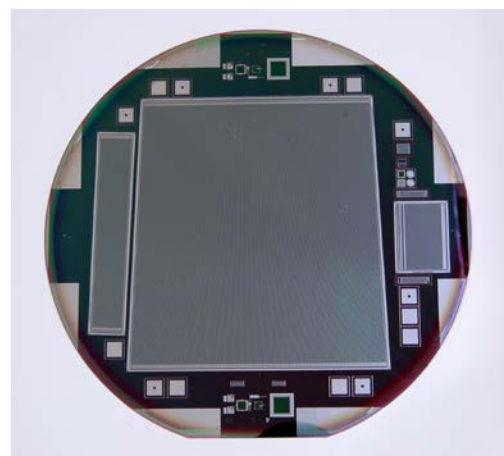
● 欧州研究チームの CMS にも SSD 採用

2001 年に、ATLAS に加え、CERN からの発注で、CMS でも飛跡検出器に SSD の採用が決まり、2002 年から製作を開始、2005 年までに 24,500 個を納入しました。最初は少なかった当社への発注割合が競争相手の生産能力や特性などの問題で徐々に増加し、結果的に当社がほぼ 100%の SSD を供給できました。

使用される部分は ATLAS とほぼ同様。検知精度は数 10 μ m で、実験装置の構造から、インナー部とアウター部の計 12 種類の SSD を使用した。



CMS に配置された SSD



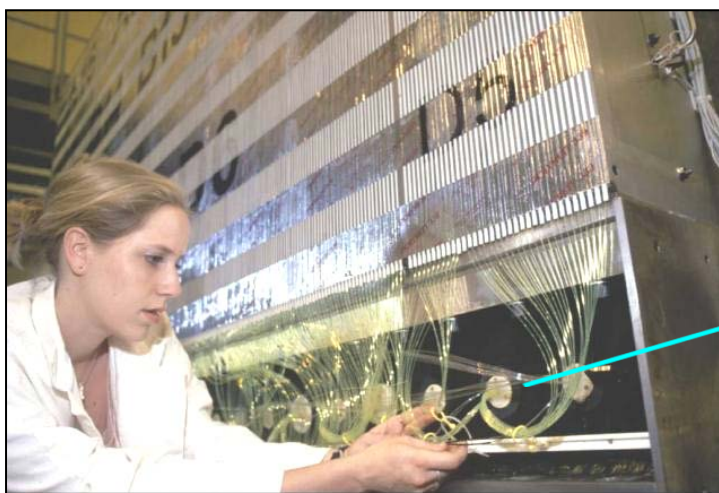
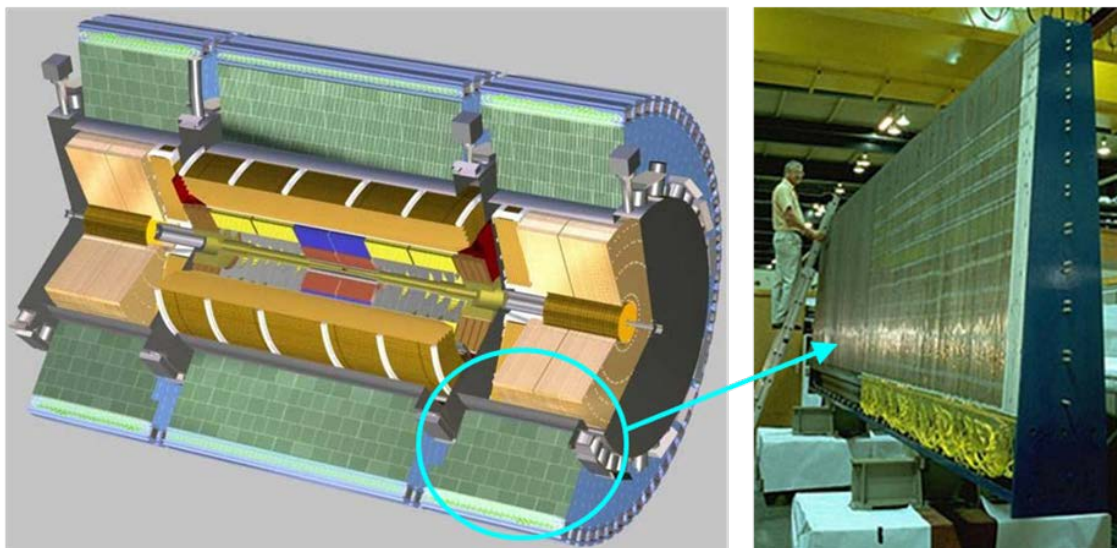
6 インチウエハーから
1 個の SSD を製作

当社には、すでに、衝突頻度を上げヒッグス粒子の発生確率を高めようとする次世代 LHC 用光半導体素子の開発要請がきています。現在の光半導体素子は、実験開始 5 年から 10 年後に放射線損傷で使えなくなるため、より強度な放射線損傷に耐え得る光半導体素子を開発し、置き換えようとする計画です。

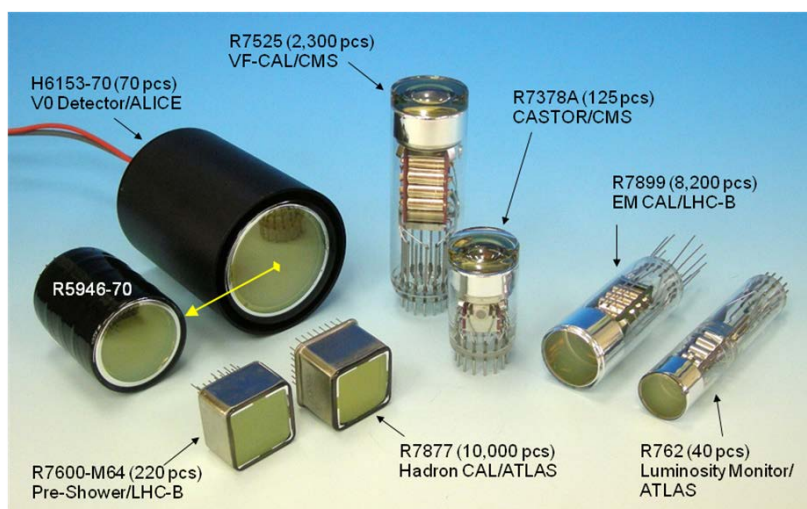
■光電子増倍管

1999 年 9 月に、CERN からの発注で、ATLAS のハドロン・カロリメーターに PMT の採用が決まり製作を開始、2002 年までに 10,500 本を納入しました。

開発した PMT は、1 インチ角型メタルパッケージでメタルチャンネルダイノード（8 段）を採用し、増倍率は約 10 万倍です。高磁場に耐えるため、微細加工技術によって形状をコンパクトにし、周囲のマグネットから漏れる磁界中での安定動作を可能にしました。同サイズの従来型 PMT と比べて約 20 倍の磁界に耐えられます。また、入射光量に対して出力電流の直線性（パルスリニアリティ）が良いため、強い入射光を受けてもずれが生じることなく比例した電気信号が得られます。



ATLAS に納入した
光電子増倍管



LHC に納入した光電子増倍管

<素粒子物理学と当社光検出器>

素粒子物理学には、標準理論のように自然現象などを予言する数学を駆使した理論物理と、その理論を特殊な装置を使って実証する実験物理があります。日本人として初めてのノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹氏をはじめ、その後同賞を受賞した 2008 年の南部陽一郎氏と小林誠氏、益川敏英氏が理論物理学者で、超新星からのニュートリノを観測した小柴昌俊氏が実験物理学者です。

1897 年に電子が発見されるまでは、物質の最小単位である素粒子は原子でしたが、その後、標準理論の予言を受けて、さまざまな高エネルギー物理実験によって 1998 年までに 6 種類のクォークやニュートリノなどが次々と発見されてきました。標準理論のなかでヒッグス粒子のみが未発見となり、この LHC での発見は確実といわれていました。

今回発見されたヒッグス粒子はもとより、さらなる新しい物理を切り拓こうと、理論物理学を裏付けるために、CERN をはじめ世界の物理学実験施設では、気が遠くなるような膨大な費用と時間、精力を費やし見つけ出そうとしています。実験で証明するには、宇宙の始まり（ビッグバン）により近いエネルギー状態を人為的につくる必要があります。そのために、高速・高エネルギーで粒子を加速して相互または標的に衝突させる加速器と、衝突により発生する基本粒子の飛跡やエネルギーを観測する検出器が必要です。また、スーパーカミオカンデのような自然観察の実験も行われています。そして、世界のほとんどの実験施設で、当社製の光電子増倍管や光半導体素子が用いられ、重要な役割を果たしてきました。

この件に関するお問い合わせ先

■報道関係の方 浜松ホトニクス株式会社 広報室 海野賢二
 〒430-8587 浜松市中区砂山町 325-6 日本生命浜松駅前ビル
 TEL053-452-2141 FAX053-456-7888 E-mail:k-unno@hq.hpk.co.jp
 時間外は、携帯電話 090-4080-3501 へお願いします