

新素材キャピラリーガス検出器による細胞機能解析

門叶 冬樹

1. 研究のねらい

ヒトゲノム計画に代表される「生物のゲノム解読」が完了に向かうことにより、細胞の内的情報を整理整頓する基盤が着実に整備されつつある。今後は、これら遺伝子情報によって細胞が正しく機能を発揮する仕組みの解明、ならびに、これら正規の遺伝子情報を邪魔する外的情報による細胞機能の変化の解明を分子レベル、細胞レベル、個体レベルで調べる研究が焦点となっている。

細胞内イオン測定、・分子蛍光撮像、超微弱光実時間撮像による研究アプローチは、細胞機能解明において最も期待されている研究ツールであり、細胞内部からのルミネッセンス(発光)現象を精度良く定量的に測定できる新しい光イメージングデバイスの開発が強く望まれている。

キャピラリープレート(以下CP)は、穴径が $1\mu\text{m}$ から $1000\mu\text{m}$ のガラスの毛細管(キャピラリー)を規則正しく二次元配列し、 0.2mm から 1mm の厚さにした、円形または角形の板状構造のガラスプレートである。このCPの上面と下面に電極蒸着を施し、ガスクェンバー中に設置し、光によって出来た光電子を穴の中一つ一つで電子・光増殖させた

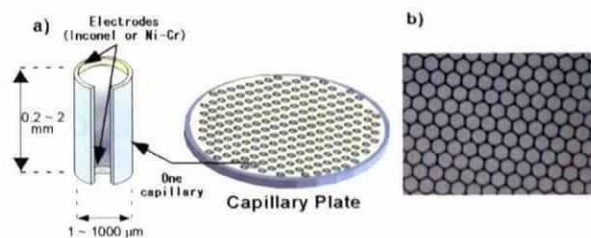


図1. キャピラリープレートの概念図

のがCPガス検出器であり、山形大学が世界に先駆けて独自に開発を進めてきたマイクロパターンガス検出器の新しい素材である。本研究では、新素材キャピラリープレートガス検出器を用い、従来の光検出器である光電子増倍管やCCDカメラと比較して定量解析能力かつ撮像能力を持ち、高磁場、低温、電気ノイズの混在する環境下においても動作可能な「新しい光検出器」の開発を行い、高感度なイメージングシステム構築のための研究を行った。

図2に本検出器の概念図を示す。本検出器は1) 可視光を電子に変換する電子変換領域部(一次電子生成)、2) 光電子をキャピラリープレートで電子・光増殖する

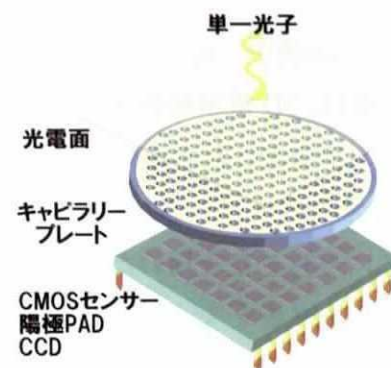


図2. CPガス検出器の概念

信号増殖領域部、3) および電子・光信号を検出するための読み出し装置部から構成され、ガスを充填したチェンバー内に設置される。光電子は光電面と CP 上面に形成された電場によってキャピラリー管内に入射する。キャピラリー管内には、 10^4V/cm を超える電場が形成されており、管内に入射した一次電子は約 3000 倍の電子増殖を起し、それに付随した励起分子の脱励起により約 2000 個の励起発光即ち光増幅をキャピラリー管内で起こす。この励起発光光子または増殖電子をキャピラリー下段に設けた光センサーもしくは電子センサー（陽極 PAD）で取得する。増幅された電子と励起発光子数は信号検出として十分な量であり、たった 1 個の光電子でさえも検出を可能とする（single photon counting）。電子・光増殖と定量解析の 2 点を「同時にコンパクトなシステムで高感度に達成できる」ことが、冷却 CCD カメラやイメージインテシファイド CCD カメラ（ICCD カメラ）と比べた場合の本検出器の利点である。

2. 研究成果と考察

本研究に関連する成果および継続開発中の事項は以下の通りである。

1. 本検出器の撮像性能、光・電子増殖性能およびエネルギー分解能の評価実験を SPring-8、KEK-PF の放射光施設を用いて行い、定量解析のための評価を行った。（国際会議発表 2 件、論文発表 3 編）
2. 単一光検出のための 2 段階増幅型 CP ガス検出器の評価を行った。（国際会議発表 2 件、論文発表 1 件）
3. 新しい素材によるプレート製作を行い、検出器の低バックグラウンド化と放電防止対策を行った。（特願 2003-30797（浜松ホトニクスとの共同出願）、特願 2003-272032、国際会議口頭発表、論文発表 1 編）。
4. 充填ガスの研究では CF_4 を混合ガスとして用い、光・電子増殖方法の効率化を行い撮像型光増殖検出器としての最適化および改善を行った。（継続中、論文発表準備中）。
5. 浜松ホトニクスと共同でバイアルカリ光電面開発を行いガス中での安定性試験を行った（継続中、論文発表準備中）。

今後は、3D 電場解析ソフト Maxwell および CERN で開発された Garfield によるシミュレーション手法とこれまでの研究成果を発展させ高感度イメージングシステムの最適化を進める。CP の最適化、とバイアルカリ光電面のガス中での長期安定動作試験が終了次第、キャピラリープレート 2 枚を用いた透過型光電面の開発を浜松ホトニクスと共同で行い、細胞内部からのルミネッセンス（発光）現象観測用高感度イメージングシステムのプロトタイプを作成し実用化に向けた開発を進める。

3. 成果リスト

論文

1. Tokanai, F., Sakurai, H., Gunji, S., Motegi, S., Toyokawa, H., Suzuki, M., Hirota, K., Kishimoto, S. and Hayashida, K. : Hard X-ray polarization measured with a Compton polarimeter at synchrotron radiation facility. **Nucl. Instr. and Meth. A**, 530: 446-452, 2004
2. Tokanai, F., Motegi S, Sakurai H, Gunji S, Suzuki JI, Oku T, : A test of track imaging by cold neutron using optical capillary gas proportional counter. **Nucl. Instr. and Meth. A**, 529: 332-335, 2004
3. Sakurai, H.; Tokanai, F.; Gunji, S.; Motegi, S.; Toyokawa, H.; Suzuki, M.; Hirota, K. and Kishimoto, S. : Measurement of X-ray polarization using optical imaging detector with capillary plate. **Nucl. Instr. and Meth. A**, 525: 6-11, 2004
4. Tokanai, F., Atsumi, T., Gunji, S., Okada, T. and Sakurai, H. : Soda glass capillary plate gas detector. **IEEE Trans. on Nucl. Sci.**, 2004 (発表準備中)

特許

- 特願 2003-30797 「キャピラリープレート、その製造法、ガス比例計数管、及び撮像システム」
- 特願 2003-272032 「ガス比例計数管及び撮像システム」