

ASIC 搭載型 MCP アノードの性能と飛翔実証試験 Flight verification and performance of a discrete MCP anode with ASIC

斎藤 義文^{1*}, 横田 勝一郎¹

SAITO, Yoshifumi^{1*}, YOKOTA, Shoichiro¹

¹ 宇宙科学研究所

¹Institute of Space and Astronautical Science

近年観測ロケットや人工衛星搭載観測装置による荷電粒子の計測時間分解能は急速に高くなって来ている。計測時間分解能を上げるためにはいくつかの開発項目が存在するが、荷電粒子の検出器開発もその一つである。観測ロケットや人工衛星搭載観測装置による数 eV/q から数十 keV/q の荷電粒子の計測は静電分析器、特に TOP HAT 型の球型静電分析器 [Carlson et al., 1983, Young et al., 1988] を用いることが主流となっており、荷電粒子の検出器としては、円型 1 次元の位置検出機能を持つものが要求される。静電分析器に入射した電子、イオンの個数をエネルギー毎に計数するパルスカウントを行うために、電子、イオンを増幅する MCP (Micro Channel Plate) と、増幅された電子を収集するアノードを組み合わせたものが広く用いられている。この円型 1 次元の位置検出機能を持つアノードにもいくつかの異なるタイプの物が存在する。その中で、最も高時間分解能化に適したアノードは、検出する位置毎に電子を収集するための電極を用意し、それぞれの電極にアンプを接続するディスクリットアノードと呼ばれるものである。高時間分解能計測を実現するためには、短いサンプリング時間の間に十分な統計精度を持つだけのカウントを計測できる必要がある。このことは、高いカウントレートに対応したアノードが必要であることを意味している。ディスクリットアノード自体は従来から広く用いられていたが、問題は位置検出の分解能 (荷電粒子計測の入射角度分解能に相当する) を上げようとすればするほど多数のアンプを必要としてその結果回路規模や消費電力が観測ロケットや人工衛星に搭載困難なほど大きくなる事であった。そこで、この問題を解決するために開発を開始したのが、多数のアンプとカウンタを含んだ数ミリ角の ASIC (Application Specific Integrated Circuit) を搭載したディスクリットアノードである [Saito M. et al., AIP Conf. Proc. 1144, 48 (2009), DOI:10.1063/1.3169303]。このアノードの開発を開始してから 8 年が経過したがようやく 2 回のロケット実験で飛翔実証試験に成功した他、2014 年打ち上げ予定の水星磁気圏探査衛星 BepiColombo/MMO 搭載イオンエネルギー分析器 MIA のイオンの検出器として搭載するための準備が整った。観測ロケットや、人工衛星に搭載するためには、小型軽量、低消費電力で、打ち上げ時の振動/衝撃に耐え、特に水星ミッションでは宇宙空間における高範囲の温度変化や放射線に対して耐性を有してかつ打ち上げ前の試験環境で性能劣化をおこしにくい物である事が望ましい。そこで、ディスクリットアノードを 1mm 厚のセラミック上の金属パターンで構成し、背面に ASIC をベアチップのまま搭載する構造を採用することにした。電荷を受けるアノードと、信号処理を行うアンプがすぐそばにある事から S/N 性能は非常に良いことが明らかになった。ASIC を BARE CHIP のまま使用することから、微細なボンディングを短絡から保護する等の目的で電荷を収集する部分を除くアノード全体をパリレンでコーティングする方法を採用し良好な結果を得ている。これまでに、Total Dose, Single Event Latch Up を含む放射線照射試験、マイナス 40 度から 85 度までの熱サイクル試験などを実施し、良好な結果を得ている。また性能的には周期的なパルスであれば 1 CH 当たり 25MHz までの計測を行う事ができることを確認した。

これまでにこの ASIC 搭載型 MCP アノードは、ノルウェーの観測ロケット実験 ICI-2, ICI-3 (Investigation of Cusp Irregularity-2, 3: それぞれ 2008 年 12 月と 2011 年 12 月にノルウェーのスパルバード島から打ち上げ) に搭載した低エネルギー電子計測装置 LEP-ESA の電子検出器として使用し、2 回の飛翔ともにカスプ周辺のプラズマ擾乱現象の存在する領域での高時間分解能電子計測に成功した。今後、水星磁気圏探査衛星 BepiColombo/MMO 搭載イオンエネルギー分析器 MIA のイオンの検出器として使用する他、小型低消費電力、高時間分解能が要求される将来のミッションに本 ASIC とその搭載技術は広く応用する事ができるものと期待している。

キーワード: 荷電粒子, 検出器, ASIC, MCP アノード

Keywords: charged particle, detector, ASIC, MCP anode