

磁気圏プラズマ観測用 MCP マルチアノードの開発研究

Development of a multi-channel discrete MCP anode with on-board ASIC for magnetospheric plasma observations

齊藤 実穂[1]; 斎藤 義文[2]; 向井 利典[3]; 浅村 和史[2]

Miho Saito[1]; Yoshifumi Saito[2]; Toshifumi Mukai[3]; Kazushi Asamura[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 宇宙研; [3] 宇宙研

[1] Earth and Planetary Sci, Tokyo Univ; [2] ISAS; [3] ISAS/JAXA

人工飛翔体による磁気圏 in-situ 高温プラズマ観測では、時間分解能の問題に阻まれて電子スケールの物理を見ることはできない。解明の解を握るのは、高速かつ小型なプラズマ検出部である。そこで我々は、microchannel plates(MCP)と位置検出マルチアノードから構成され、ASIC(Application specific integrated circuits)技術を取り入れる、新しいシステムによる検出部を、開発してきた。小型、軽量、低消費電力である ASIC を、アノード基板(セラミック)の裏面へ直接搭載するところが新しく、その表面は、多数の個別アノードを構成する導体パターンをプリントしてある。小型化を決定する、もう一つの要素技術は、アノード基板の表、裏にプリントされたパターンでつくる静電容量を、信号検出に用いて、高電圧絶縁コンデンサーの代用とすることである。この基板利用コンデンサーの静電容量 3pF は、通常用いられる静電容量より 2 桁小さい。しかしながら、われわれの実験結果は基板利用コンデンサーによる信号の減衰はあっても約 50%であることを示した。この基板利用コンデンサーは現状の低い静電容量に関わらず信号検出に利用できる。またその基板の厚さ 1mm であることから構造強度の要求を満たし衛星搭載機器に適用できる設計概念だといえる。次に、個別アノード間の静電カップリングを測定した。個別アノードが、有効面積を大きくとれるよう、互いに隣接した構造をしているため、これは重要な検討項目である。結果、基板利用コンデンサーを使用するアノードは 10%のクロストークがある。一方でコンデンサーを使用しないアノードでは電氣的クロストークは無視できるレベルであることがわかった。これも基板コンデンサーの低キャパシタンスの影響と解釈できる。10%のクロストークはアノード運用時、信号レベルの適切な設定により十分回避できるものの、将来的には、静電容量を大きくとるほうが望ましく、今後の課題となる。設計においては、個別アノードの面積をできる限り大きくとりたい。しかしながら、これは MCP 出力電子雲の有限な大きさ(=チャージクラウド)を考慮して、決定されるものである。よって最後に、MCP 出力チャージクラウドの大きさを、実験と計算で求めた。MCP 出力側の電子雲は、角度分散とアノード(加速)電圧に比べ無視できないエネルギーを持っており、アノード上では MCP 出力時より、大きくなる。加えて、アノード落下時に、自身の空間電荷による効果でも広がる。アノード電圧、電荷量(印加電圧の制御による)を変化させ、関係を調べた。実験では、チャージクラウドの空間電荷密度分布をガウス分布と仮定することで、その大きさを求めた。実験結果は、モデル計算でよく説明され、これを用い個別アノード間の距離、アノードパターンが設計できるようになった。これらを踏まえ、我々の新しいシステムによるマルチアノードは、将来の高時間分解能な高温プラズマ観測を目指したミッションへ適用できると結論できる。次のステップとしては、ASIC は大気圧中で機能を試験済みであるが、真空中でのイオンビーム照射試験を行った上で、Proto-model の試作に入る予定である。