

時間差計測型円形1次元位置検出MCPアノードの開発

Development of an One-dimensional Circular Position Sensitive Delayline Anode

齋藤 義文[1], 田中 宏樹[1], 浅村 和史[1], 向井 利典[1]

Yoshifumi Saito[1], Hiroki Tanaka[1], Kazushi Asamura[1], Toshifumi Mukai[1]

[1] 宇宙研

[1] ISAS

地球をはじめとする惑星の電離圏ならびに惑星磁気圏、惑星間空間において荷電粒子の3次元的な分布を高い時間分解能で測定することは、荷電粒子の起源を明らかにして起源となる領域の情報を得るために必要不可欠である。高い時間分解能でプラズマの計測を行う場合、短いサンプリング時間の間に十分多いカウントレートを得る必要があり、このことは高いカウントレートまで対応可能な荷電粒子の検出器が必要となることを意味している。このために、マイクロストリップラインを用いて2つの電極に発生する電荷の検出時間差を計測することで荷電粒子の入射する位置を検出する時間差計測型円形1次元位置検出アノードの開発を行った。

地球をはじめとする惑星の電離圏ならびに惑星磁気圏、惑星間空間には様々な質量、電荷、エネルギーを持った荷電粒子が存在しており、これらの荷電粒子の3次元的な分布をその質量、電荷、エネルギーを精度よく弁別して高い時間分解能で測定することは、荷電粒子の起源を明らかにして起源となる領域の情報を得るために必要不可欠である。この目的のために現在我々は3次元イオンエネルギー質量分析器、電子エネルギー分析器の開発を行っている。これらの分析器には荷電粒子の検出器としてMCP(Micro Channel Plate)と1次元の位置検出機能を持ったアノードを用いているが、これまで我々は荷電粒子の入射する位置を2つの電極の電荷量の比から検出する抵抗体アノードを用いてきた。抵抗体アノードの問題点は、1)電荷量をチャージアンプを通した後A/D変換をする必要があるため、数10万カウント/秒以上の高カウントレートには対応できないこと、2)A/D変換を行う時点でMCPのパルスハイトの影響を受けやすいことが挙げられる。高い時間分解能でプラズマの計測を行う場合、短いサンプリング時間の間に十分多いカウントレートを得る必要があり、このことは高いカウントレートまで対応可能な荷電粒子の検出器が必要となることを意味している。これらの問題点を解消するために、2つの電極に発生する電荷の時間差を計測することによって荷電粒子の入射する位置を検出する時間差計測型円形1次元位置検出アノードの開発を行うことにした。

今回開発した時間差計測型アノードにはマイクロストリップラインを用いた。マイクロストリップラインは、裏面をグラウンドにした絶縁物の板に適当な巾の導体のパターンを形成した物で伝送線路の一種である。理想的なマイクロストリップラインの特性インピーダンスは導体パターンの巾と厚さ、絶縁物の厚さ、絶縁物の誘電率、マイクロストリップラインを通過する信号の周波数などによって決まる。マイクロストリップラインを通過する信号は基本的にTMモードの電磁波として線路を伝搬するが、電界、磁界の一部は線路外の空間に漏れ出す為、マイクロストリップラインを伝わる信号の伝搬速度は、絶縁物の誘電率そのものではなく実効誘電率の平方根に反比例して真空中の光速より遅くなる。実効誘電率も特性インピーダンスと同様に導体パターンの巾と厚さ、絶縁物の厚さ、絶縁物の誘電率、マイクロストリップラインを通過する信号の周波数などによって決まるが基本的に絶縁物の誘電率が高い程実効誘電率も高く、信号の伝搬速度は遅くなる。今回開発した時間差計測型円形1次元MCPアノードはマイクロストリップラインとして円周上にジグザグの線路パターンを形成し、この円周上に落ちた電荷雲の位置をジグザグの線路の端の電極に到達したパルス信号の時間差から検出するものである。このアノードは荷電粒子の増幅器であるMCP(Micro Channel Plate)の背後に組み付けて使用し、MCPに入射した荷電粒子1個毎にその入射位置を決定する。1次元の円周上にパターンを形成するのはこのMCPとアノードを軸対称の球型静電偏向板で構成される静電分析器に取り付けて使用する為である。検出する位置の精度は時間計測の精度が一定の場合、ジグザグパターンの端の電極間を通過するパルス信号の伝搬速度が遅い程高くなる。そこで、絶縁物としては高い比誘電率を持つアルミナ板(比誘電率9.7)を用いることにした。また、パルス信号は50オームの同軸線で引き出してブリアンプに接続するため、ジグザグパターンの特性インピーダンスは50オームになるようにパターン巾、絶縁物の厚さを決定した。この際特性インピーダンスは信号の周波数にも依存するがMCPからの出力パルスは数百ピコ秒の巾を持つため1GHzの周波数を仮定することにした。

今回開発を行った時間差計測型円形1次元位置検出MCPアノードは2000年12月にノルウェーのスピッツベルゲン島から打ち上げられたSS520-2号機観測ロケットに搭載され一部不完全な部分はあるものの、電子・イオンの高時間分解能計測に成功した。将来的にはアノードの2次元化も検討しており地球をはじめとする惑星の電離圏ならびに惑星磁気圏、惑星間空間における高時間分解能荷電粒子観測にも使用する予定である。