

固体素子による 1-100keV 電子線検出技術の開発

Development of solid-state detectors for measurements of 1-100 keV electrons

小笠原 桂一[1], 向井 利典[2]

Keiichi Ogasawara[1], Toshifumi Mukai[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 宇宙研

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo, [2] ISAS

1keV から 100keV の電子計測は、宇宙プラズマにおける粒子加速過程の研究のために極めて重要であるが、これまでは検出技術上の問題から正確に測ることは難しかった。

低エネルギー粒子線観測には、検出器として MCP(Microchannel Plate)が用いられてきた。MCP は、電子の増倍効果により低エネルギーの粒子線に対してもよい感度を示し、安定した計測が可能である。しかし、殊に電子線においては2次電子放出係数のエネルギー依存性のために、数百 eV をピークに高エネルギー側で感度が落ちてしまうという問題が示唆されていた。それ以外にも MCP では、高エネルギー粒子やガンマ線などによるバックグラウンドの雑音除去が問題である。

固体検出素子(SSD, Solid-State Detector)は、シリコンやゲルマニウムなどの半導体素子である。逆バイアス電圧を印加したダイオードに形成される空乏層中の、粒子線の電離作用によって生成された電子正孔対を収集、捕獲することで、宇宙線のエネルギー弁別と計数を同時に行うという検出器である。もともとは高エネルギーの粒子計測において非常に優位な手法であり、また多く用いられてきた。しかし、数十 keV を下回るような低エネルギー粒子に対しては、入射面近くに存在する不感領域で失うエネルギーの割合が多くなってしまったり、そもそも電子正孔対の絶対生成数が少ないことにより、リーク電流や熱雑音といった雑音源に信号が埋もれて測定は非常に困難であった。

これら両検出方式の得意とするエネルギー帯のギャップに当たる、数 keV から数百 keV の電子をターゲットにした測定を行うことは、新しいエネルギー帯の観測という他に、これまで行われてきた観測の信頼性を問う点においても非常に有意義である。本研究の目的は、その穴を埋めようとするところである。発表では、ショットキー型の粒子線検出用 SSD の較正実験結果を示すとともに、素子自体に内部利得を持つ AD(Avalanche Diode)という素子を用いて、このエネルギー帯の電子線にターゲットを絞った検出器開発の基礎実験結果を示す。AD は、光検出に広く用いられている APD(Avalanche Photodiode)素子と同じ原理で検出素子内部に起こる電子なだれ現象(アバランシェ効果)の利得があり、入射時の電子正孔対生成数に対して数十倍程度のゲインが得られる。