

PTFE 製ガス電子増幅器用電極

“高い信頼性を有するガス電子増幅器用電極の開発”

概要:

ガス電子増幅器(GEM)は荷電粒子をアバランシェ効果で増幅する電子増幅器の1つです。多くは X線検出器や、アルファ線検出器として用いられます。GEM は使用中の異常放電によりしばしば増幅率の低下や短絡してしまうことが問題となっています。この原因は GEM 電極に用いられているポリイミド(PI)・Liquid Crystal Polymer(LCP)の放電による炭化導電路形成と考えられています。本研究は GEM 電極の絶縁層を変更し耐放電特性を大幅に向上させたものを開発しました。

【研究のねらい】

ガス電子増幅器(GEM)は CERN(European Organization for Nuclear Research) の F.サウリにより 1997 年開発された電子増幅器の1つです(図 1)。2次元の読み出しが可能であること、多段で用いることで様々な増幅率を得られること、大面積化が容易であることより原子核物理実験に用いられる加速器の検出器や、宇宙物理学実験における偏向 X線検出器等に応用されています。開発当初から GEM は使用中の異常放電により増幅率の低下や短絡してしまうことが問題でした。この原因は GEM 電極の絶縁層にポリイミド(PI)、Liquid Crystal Polymer(LCP)を用いていて、これらの樹脂が放電により炭化導電路が形成されると考えられました。そこで、アーク放電試験を様々な樹脂におこない炭化導電路が形成されないポリテトラフルオロエチレン(PTFE)に着目し耐放電特性に優れた電極を開発しました。

【研究内容と成果】

本研究では、上記より PTFE を絶縁層の基材として選定した。通常、GEM 電極はフォトリソ技術により Cu 面を孔加工した後、Cu をレジストマスクとして CO₂ レーザや薬品により絶縁層の孔あけ加工を行います。しかし、PTFE は、耐薬品性に優れ、CO₂ レーザの吸収もないため、これまでの加工方法を用いることができません。本研究では、これを解決するため、多光子吸収による加工が可能なフェムト秒レーザーによる加工を行いました。

まず、基材の PTFE にマグネトロンスパッタ成膜装置(アルバック社製, SX-200)を用い基材に熱影響が生じない条件で銅 1μm を両面に成膜しました。その後、フェムト秒レーザー(中心波長 780nm, 平均出力 800mW, 発振周波数 1kHz)を用い 200μm ピッチ、孔径 80μm で千鳥配列の貫通孔電極を試作しました(図 2)。市販の LCP 製 GEM 電極は数十回程度の放電が起こると、電極間が短絡してしまうが試作をした GEM 電極は 10,000 回以上の放電でも短絡を起こすことはありませんでした(図 3)。

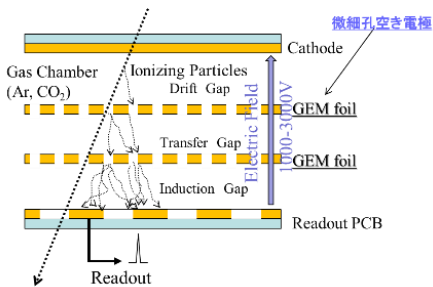


図 1 GEM 概略図

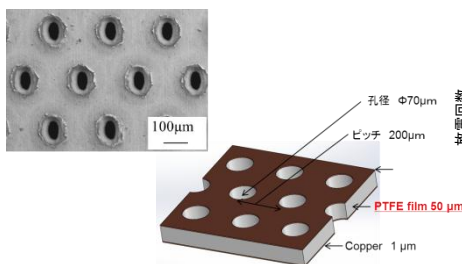


図 2 作製した GEM 電極

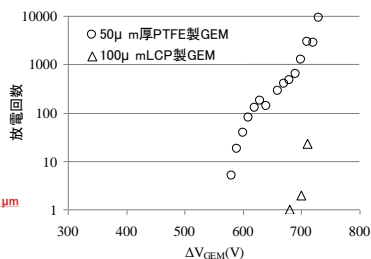


図 3 放電特性

【研究成果の活用】

本研究の成果は、従来からの、原子核物理実験に用いられる加速器の検出器や、宇宙物理学実験における偏向 X線検出器等の活用のほか、高い信頼性が求められる宇宙衛星用 X線偏向計などに活用を検討していきます。また、民生品としてガンマ線カメラや、医療用 X線ビームモニタなどへの活用が考えられます。

