

■目的・概要

原理的なGM管は単線で管全長のアノードであり、同心・二重円筒のモデルで解析的に電界強度分布が求められるが、一般的な「大気圧空気GM管」は、二つ折り・半長のアノードであり、部分長・部分異径のため解析的に電界強度分布を求めることができない。

そこで、軸対称三次元有限要素法により、0.25mmメッシュでの数値計算を行って、アノードの線径、線長、先端フープ径などの先端形状と電界強度の関係を明らかにした

■方法

軸対称三次元有限要素法解析のためのフォートラン・プログラム⁽¹⁾⁽²⁾を参考に、対象を、r軸（半径方向）96点×z軸（奥行方向）96点の正方形モデル・三角形エレメントに拡張して、各ノードのポテンシャル（電位）を算出する数値解析を行った。このモデルは、直径48mm、奥行24mmの広窓GM管の場合には、半径方向、奥行方向とも0.25mm間隔のメッシュに相当する。アノードの印加電圧は1000Vで規格化した。

計算は、Intel Xeon x5450 3.00GHzのCPUと、4.0GBのRAMを搭載した高性能のパソコンを用いて、Knopix EDU7を稼働させ、g77フォートランによって行った。1条件の計算時間は、2時間半程度を要した。

今回は、アノードの線径と線長をパラメータとして、線径0mm、0.5mm、1mm、2mm、線長23mm（全長）、11mm（半長）、5mm（四半長）、0.25mm（先端のみ）で計算を行った。ここで、線径0mmとは太さがなく、電位のみがある仮想的な条件であるが、メッシュ間隔と比べて十分に細かいアノードの場合に準

用できる。さらに、二つ折りアノードの先端フープの効果を調べるために、半長アノードの先端を線径、線長とも1mm、2mmとしたケースについても計算した。

■結果

図-1に、線径0.5mmで、(1)半長アノードと、(2)先端フープ径2mmの、各形状を模擬したアノード・モデルの電位分布を等高線的に示す。いずれの場合も先端の半径方向または先端の前方（奥行きの逆方向）に最大の勾配が現れていることが分かる。

図-2に、全長アノードで、アノードの線径を変えた軸対称三次元有限要素法による数値計算の結果と、理論的な解析式⁽³⁾の計算結果を比較して示す。数値計算による電界強度は、0.25mm間の電位差から求め、中間点でプロットしたもので、2点間の平均値とみなした。どの線径でも両者は1%以内の精度で一致しており、有限要素法の計算結果の妥当性を示している。

図-3に、線径0.5mm、1mm、2mmで、アノードの線長を全長と半長に変えた場合のアノード先端直近の電界強度の変化を示す。アノード先端直近には電界強度の最大値が出現するが、いずれの場合でも、全長よりも半長の方が大きい電界強度を示している。併せて、線径0.5mmの場合で、線長を全長、半長、四半長、先端のみと変えた場合のアノード先端直近の電界強度の変化を示したが、アノード線長が短いほど電界強度は大きくなるが、四半長から半長にかけての変化が小さい傾向が見られた。

■ 考察

(1) 軸対象三次元有限要素法による数値計算の結果、アノード直近 (0.25mm 以内) の電界強度で比較すると、アノードが細いほど、また、アノードが短いほど電界強度は大きくなるが、アノードが半長付近では変化が小さく、四半長と半長ではほとんど違いがない。

(2) アノード先端フープの効果を模擬するために、先端円柱モデルで数値計算を行った結果、電界強度はフープ径で規定されてアノード線径の依存性が小さくなることが分かった。

■ 結論

0.25mm メッシュの軸対称三次元有限要素法を用いて「大気圧空気GM管」のアノード近傍の詳細な電界強度 (電位勾配) を数値計算により求めた。

その結果、数値計算の結果は、解析的に求めた値と 1%以内の精度で一致したほか、電界強度の観点からは、電界強度の最大値は先端付近で発生すること、アノードは細いほど、また、短いほどアノード近傍の電界強度が大きくなるが、先端フープがある場合の電界強度はアノードの線径よりもフープ径の影響の方が大きいこと、などが分かった。

引用文献

- (1) 中田高義・高橋則雄、電気工学の有限要素法 第2版、森北出版(1997)
- (2) 橋本 修、電気・電子工学のための数値計算法入門、総合電子出版社(1999)
- (3) 加藤貞幸、新物理学シリーズ 26 放射線計測、培風館(1994)

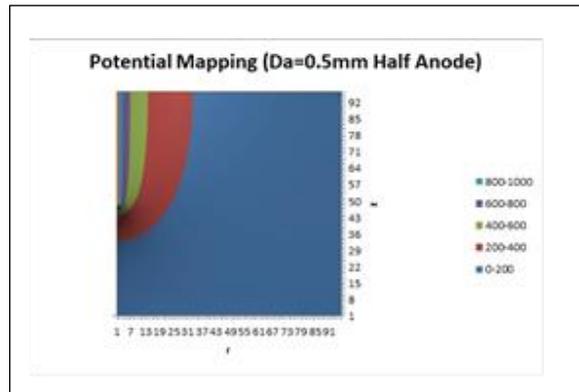


図-1 (1) 数値計算の結果—半長アノード

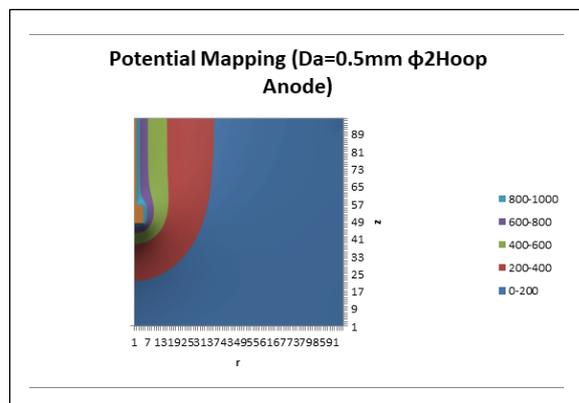


図-1 (2) 数値計算の結果—先端フープ 2mm

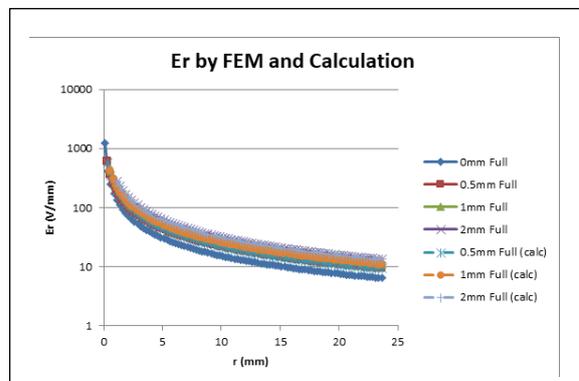


図-2 有限要素法と解析計算式の比較

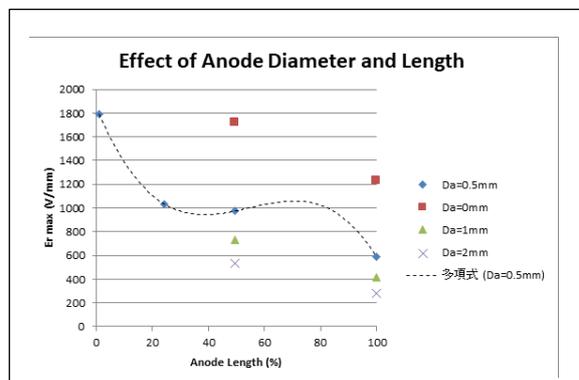


図-3 アノード線径と線長の効果