

演習課題：高周波加速器の製作とレーザーによる電子生成

～3Dプリンターで加速器を作ってレーザーで生成した電子を加速しよう～

素粒子・原子核実験や放射光の発生に不可欠な装置として荷電粒子の加速器があります。ここで荷電粒子を無限に多段で加速するには高周波空洞による加速が必要です。また荷電粒子の発生には粒子源が必要であったり、陽子やイオンの場合はプラズマを利用したり、電子の場合は熱や電界や光を使った電子源が用いられます。

この演習では、加速器を構成する高周波加速空洞や電子源の包括的なイメージを掴んでもらうため、高周波加速空洞と電子源で構成される簡易的な高周波電子銃を製作し、これによる電子ビームの発生・加速を観測します。

実際の加速器で使用されている高周波電子銃は図1のように高周波空洞と電子源で構成されており、数 MW の高周波を高周波空洞に蓄積して 10 cm 程度で数 MV という非常に高い電圧を発生し、電子は数 cm で相対論的にほぼ光速になります。また電子源としては熱陰極や電界放出、光陰極等があり、近年はレーザーによる光陰極が主流です。

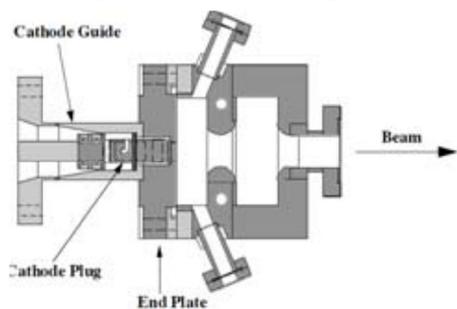


図1：高周波電子銃

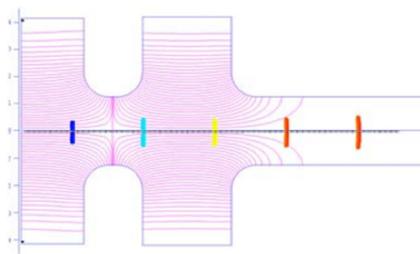


図2：電気力線とビーム軌道

本演習で製作する低電圧の簡易的な高周波電子銃では実機の 1/1000 程度の電力で実験ができ、それに合わせた形状の高周波電子銃を作成します。またこのような低電圧ですら電子では光速の数十%の速度になる事が実験的に分かります。

演習の方法としては、図3のように3次元 CAD で高周波電子銃の空洞の図を描いて、図4の3Dプリンターで形成したものに金属メッキを施すか、または図5のCAMで製作した加速空洞を制作します。製作した高周波空洞に電子源を取り付け、真空チャンバーに設置して、高周波を印加し、電子源をレーザーで打つと電子が出力され、蛍光板で観測できます。

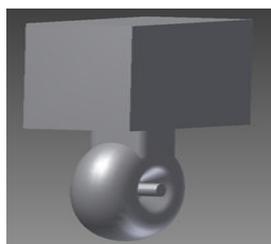


図3 加速空洞



図4：3次元造型機



図5：CAMで製作した加速空洞