

クルックス管からの X 線漏洩のメカニズム

大阪公立大学 放射線研究センター 秋吉 優史

■真空放電管としてのクルックス管

クルックス管は真空放電管の一種であり、熱陰極（フィラメント）ではなく冷陰極を電子源としている点が特徴である。熱陰極ではタングステンなどを加熱することにより仕事関数を超えて表面に電子を取り出すのに対して、冷陰極では高い電圧を陰極に印加することにより、真空管中にわずかに残っている気体原子が自然放射線などで電離して生成した正イオンが加速され衝突する際に放出される二次電子を利用する。このため、熱陰極では数 eV 程度のエネルギーで放出された電子を任意の電圧で加速して電子線として利用するのに対して、冷陰極では電子を放出させるために 20kV 程度の電圧を印加する必要があり、電子のエネルギーは 20 keV 程度となる。なお、熱陰極を用いる場合は 10^{-4} Pa 程度の真空度が必要であるが、冷陰極の場合 $0.1 \sim 10^{-3}$ Pa 程度の真空度で良いため、排気装置の発達していなかった時代でも使用できた。

■制動放射 X 線の発生

イオンと電子の移動度の違いから、一般に真空放電管では陰極付近に強い電場が形成され、加速された電子はほぼ等速直線運動とな

る。このため、電子線は陽極には向かわずに、そのまま真っ直ぐに陰極に対向したガラス管や、内部に設置されたアルミ板などに衝突する。荷電粒子である電子が壁面に衝突し急激に速度を変えられることにより、制動放射 X 線が発生する。なお、20 keV の電子線のアルミやガラス中での最大飛程は $10 \mu\text{m}$ 程度であり、電子そのものがガラス管の外に出てくることは有り得ない。

■低エネルギー X 線の遮蔽

数 MeV 程度までの γ 線/X線は一般にエネルギーが高いほど透過力が高いが、100 keV 以上ではエネルギーによる透過率の違いは10%程度に過ぎない。しかし低エネルギーではわずかなエネルギーの差が非常に大きな透過率の差となり、15 keV と 30 keV ではガラスに対する透過率が約100倍異なる。このため、漏洩 X 線量を制御するためにはエネルギーの制御すなわち印加する電圧の制御が非常に重要である。クルックス管内部に残存する気体の量が吸着などにより少なくなると冷陰極で発生する二次電子の量が減り、電流を流すために電圧上昇が起こるため漏洩線量が大きくなる。このため、安全弁としての放電極が重要である。

