

電離箱飽和電圧の X 線パルス幅依存性

Dependence of saturation voltage of ionization chambers on the X-ray pulse duration

(公財) 高輝度光科学研究センター 成山 展照

JASRI Nobuteru Nariyama

E-mail: nariyama@spring8.or.jp

1. はじめに 放射光などの X 線をチョッパー等により間欠化した場合、電離箱にとってパルス X 線となり、自由空気電離箱の再結合 K_p は以下の式により表現される^{1,2)}。

$$K_p = \mu \frac{\rho_0 w_0}{2E} \quad (1)$$

μ は定数、 ρ_0 は初期イオン密度、 w_0 は電離領域サイズ、 E は印加電場を示す。一方、チョッパーを用いない場合の再結合 K_c は、

$$K_c = \beta \frac{I_s}{DE^2} \quad (2)$$

から求まり、 β は定数、 I_s は飽和電流値、 D は電極長さを表す。これより、両者の比 K_p/K_c を取り 1 より大きな条件を求めると $E_K t_w > 7.9$ となる。 E_K は飽和電場、 t_w はパルス時間幅を表す。すなわち、この条件を満たすと、チョッパーの挿入により電流値が大幅に減少するにも関わらず、飽和に必要な電圧は逆に増大することになる。本研究では、大強度 X 線に対して、長い時間幅で切り出すチョッパーの前後にて電離箱の飽和電圧を測定し、相互に比較した。また、式(1)、(2)を用いることにより、 E_K 、X 線強度及びパルス幅の関係を求めた。

2. 実験方法 実験は、SPRING-8 BL09XU ビームラインにて行った²⁾。強度 4×10^{13} 個/秒の 10keV X 線に対して、厚さ 1mm のステンレスに、幅 0.36mm のスリットを中心から 50mm の位置 2 カ所に対向して開けた円盤を回転させ、181 Hz、11.5 μ s 幅のパルス X 線を切り出した。その回転チョッパーの前後に、極板間隔 4.2mm の同サイズの自由空気電離箱をセットし、印加電圧を変化させることにより、電離電流値を測定した。

3. 結果、考察 飽和曲線を Fig. 1 に示す。X 線ビームを間欠化しない場合、電流値の逆数は印加電圧の自乗の逆数に比例するが、間欠化した場合は印加電圧の逆数に比例するため、収集効率 $1-K$ の増大率は緩やかになる。ほぼ両者の飽和電圧は一致し、この時の $E_K t_w$ の値は 7.7 であった。Fig. 2 は、本電離箱の $K_p=K_c=0.5\%$ 時の E_K 、放射光強度及びパルス幅の関係を図示したものである。実線がチョッパー無し、点線が有りの場合を表し、パルス幅が長くなるほど E_K は大きくなり、ある強度以上ではチョッパー無しの値を追い越すことが、実線と点線の交差により示されている。しかし、さらにパルス幅が長くなると、高速化するイオン収集速度と同等になり、もはやパルス X 線とは見なせなくなると考えられる。一方、パルス幅が短くなると、 E_K も小さくなりイオン収集速度も遅くなるため、パルス間隔が少し短くなるだけでやはりパルス X 線とは見なせなくなるだろうと予想される。参考文献 1) 成山、秋季応用物理学会 学術講演会、長崎大 (2010). 2) N. Nariyama, Rev. Sci. Instr. 83, 016104 (2012).

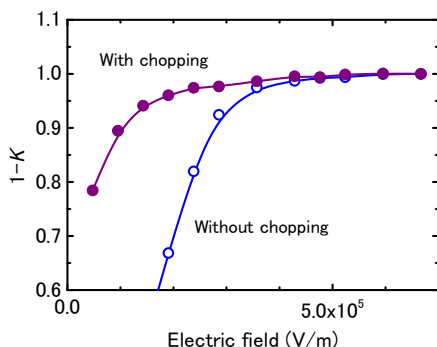
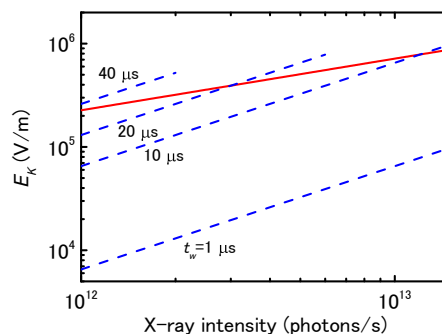


Fig.1 Saturation curves before and after the chopper

Fig.2 E_K as a function of intensity and t_w