

高速重イオン照射下での BaF₂ のシンチレーション挙動

Scintillation properties of BaF₂ under swift heavy ions irradiation

東北大¹, 放医研², [○]越水 正典¹, 古場 裕介², 浅井 圭介¹

Tohoku Univ.¹, NIRS², [○]Masanori Koshimizu¹, Yusuke Koba², Keisuke Asai¹

E-mail: koshi@qpc.che.tohoku.ac.jp

【緒言】核子あたり MeV オーダー、あるいはそれ以上のエネルギーの重粒子線が固体に入射すると、その飛跡近傍に非常に高密度な励起状態が形成されることが知られており、これが重粒子線特有の照射効果をもたらす。しかし、この励起状態そのものの研究はあまり進んでおらず、励起状態間相互作用やそのダイナミクスを解析するためには、時間分解発光分光が有効である。本研究では、高速シンチレータとして、その励起状態の研究が幅広くなされている BaF₂ を取り上げ、シンチレーションの時間プロファイル計測により、重粒子線近傍の高密度励起状態ダイナミクスを明らかにすることを目的とする。

【実験方法】測定には HIMAC からのイオンビームを用いた。また、単一光子計数法により、発光強度の時間プロファイルを得た。光電子増倍管 (PMT; Hamamatsu, R9880U) と試料とをパイプの両端に設置し、さらに PMT の手前に約 1 mm のピンホールを設置し、単一光子計数を可能とした。単一光子に対応する信号を増幅器

(KN2104) で 2 回増幅し、Constant Fraction Discriminator (Tennelec 454) でタイミングをとった。このタイミング信号を照射室から測定室へと送り、Time-to-Amplitude Converter (Ortec 567) のスタート側へと入力した。一方、単一重粒子の到達時刻の決定には、プラスチックシンチレータを用いたシンチレーション検出器を利用し、その検出信号をストップ側へと入力した。なお、測定時のビームスポットサイズは、およそ 1cm 角であり、シンチレーション検出器で数十 kcps 程度のカウント数を記録する強度であった。PMT でのカウント数は、数十〜数百 cps であった。

【結果と考察】図 2 および図 3 に、400 MeV/n N と 180 MeV/n He 照射下での BaF₂ のシンチレーション減衰挙動を、異なる時間スケールで示す。γ 線や電子線照射下でのシンチレーション挙動を参考にする、サブナノ秒の短寿命成分は、価電子帯電子の内殻正孔への遷移に伴う発光（いわゆるオージェフリー発光）であり、短寿命成分の減衰後に残っている長寿命成分は自己束縛励起子の発光によるものであると判断される。本研究での実験に用いた 2 種類の重粒子線では、400 MeV/n N の方がより LET が高い。ここでは、より高い LET で、自己束縛励起子 (STE) の成分の相対強度がより高いことが明らかとなった。

高い LET では、多様な励起状態間相互作用により、消光過程が生じる。本研究でも、図 3 から明らかなように、400 MeV/n N でより STE の発光寿命が短くなっており、この結果は高 LET での STE の消光を示すものである。STE の消光が生じたにも拘わらず、高 LET で STE 発光成分の相対強度がより高いという実験結果は、短寿命成分でも消光が生じ、高 LET でより消光が顕著であることを意味する。即ち、数百 MeV/n のイオンでは、オージェフリー発光の消光が、STE によるものよりもより顕著であることが示された。

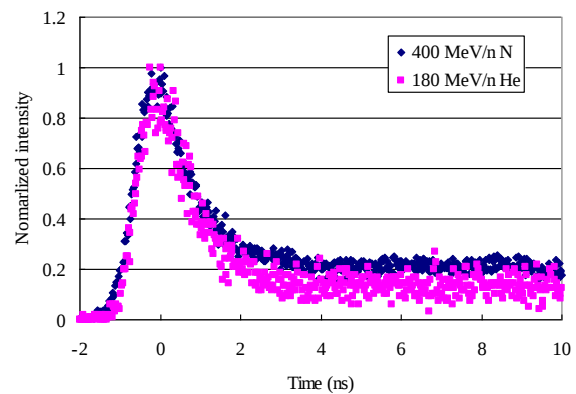


図 1 BaF₂ のシンチレーション初期減衰挙動

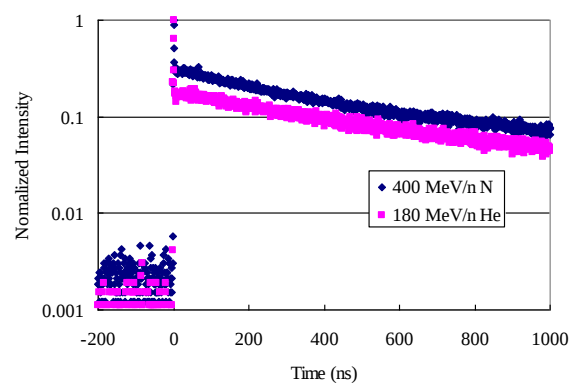


図 2 BaF₂ のシンチレーション減衰挙動