

核共鳴散乱測定のための高速シンチレータの開発 Development of a fast scintillator for nuclear-resonant scattering measurements

岸本俊二¹, 渋谷憲悟², 錦戸文彦², 越水正典³, 春木理恵⁴, 依田芳卓⁴
Shunji Kishimoto^{1*}, Kengo Shibuya², Fumihiko Nishikido², Masanori Koshimizu³, Rie Haruki⁴, Yoshitaka Yoda⁴

¹Photon Factory, High Energy Accelerator Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

²Molecular Imaging Center, National Institute of Radiological Sciences, Inage, Chiba 263-8555 Japan.

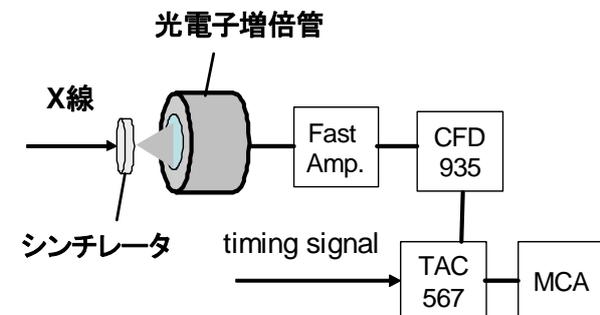
³Tohoku University, 6-6-04 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8579, Japan

⁴Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Sayo, Hyogo 679-5198, Japan.

*e-mail: syunji.kishimoto@kek.jp

原子核励起過程を利用した物質科学研究への可能性を開くものとして JST/CREST プロジェクト「物質科学のための放射光核共鳴散乱法の研究」(代表: 京都大・原子炉 瀬戸 誠氏)として放射光による核共鳴散乱研究が展開されている。原子核と電子系との超微細相互作用を利用した特定元素もしくは領域だけの原子に関する選択的計測を実施することができ、ナノ構造物や多層膜の場合には、表面・界面や特定部分だけの情報をえることが可能になる。我々はこのプロジェクトのもとで、励起準位に従って放出される核共鳴線を時間分光によって検出するための時間検出器の開発を行っている。核共鳴散乱法の元素選択性を活用するためには 30keV 以上の X 線に対しても高い検出効率を有するような新しい検出器の開発が必要とされている。そこで重元素を含む高速発光シンチレータによる高速応答 X 線検出器を試作し、実用化を目指している。

サブナノ秒時定数で減衰する速い発光が期待できるシンチレータとして低次元半導体シンチレータが知られている[1,2]。



低次元化がもたらす量子効果により励起

図 1. シンチレータ特性評価システム

子が安定になり常温でも発光強度が保たれる原理を利用する。我々は、有機無機ペロブスカイト型化合物結晶を用いたシンチレーション検出器を製作し、放射光 X 線を使って BL-14A にてその発光特性を評価してきた。図 1 に検出器特性評価のためのシステムを示す。

シンチレータとしては有機無機ペロブスカイト型ハロゲン化鉛の単結晶を中心に評価を行ってきた。昨年度よりフェネチルアミン臭化鉛 (PhE-PbBr₄, 厚さ 1mm 以上) を用いた検出器を製作し評価を行っている。図 2 にシンチレータの写真を示す。PF では発光特性を中心に測定し、発光強度、時間特性を測定してきた。発光強度は電荷感応型前置増幅器によってエネルギースペクトルを測定し、沃化ナトリウム (NaI : TI) や YAP : Ce のような特性がよく知られた基準となるシンチレータと比較することで求めている。シンチレータの発光特性は、X 線 1 個入射後のシンチレーション光が光電子増倍管 (PMT) に 1 より十分小さな確率で入射するようにシンチレータと PMT 間の距離を十分に離して配置し、高周波



図 2. PhE-PbBr₄ 結晶を PMT に装着したところ。

増幅器、コンスタントフラクシオン波高弁別器、時間波高変換器 (TAC) による時間分光法によりシンチレーション光の減衰の様子を記録している。10 ナノ秒 (ns) の時定数で減衰する速い成分が主で、それとともに、数 10 ns 以上の時定数で減衰するような成分が混じっていることがわかった。また発光強度は YAP : Ce の二分の一程度、検出効率は高エネルギー X 線でも十分大きいことが確認された。SPring-8 核共鳴散乱ビームライン BL09XU にて Ni-61 (励起準位 : 67.42 keV、半減期 : 5 ns) の核共鳴散乱線の検出にも成功した[3]。

今後、より速い発光のシンチレータの製作、探索により時間分解能と高エネルギー X 線領域での検出効率を両立させる X 線検出器の開発を進めていきたい。シングルバンチ運転は新規に製作された X 線用シンチレータの発光特性や他の検出器素子の時間特性を評価する上で、きわめて重要である。最近になってユーザー運転として実施されているトップアップ運転のように安定した運転は、検出器の特性評価を目的とする測定では、入射する X 線の強度が一定で信頼できるデータの取得につながり利点大きい。短バンチ化 (150 ps から 100 ps 以下へ) やバンチ長変動を抑えるような運転の改善もぜひ行っていただきたい。

研究会では BL-14A で取り組んでいる新しいシンチレーション検出器やその他検出器の開発状況についてより詳しく報告する予定である。

References (参考文献)

- [1] K. Shibuya, M. Koshimizu, H. Murakami, Y. Muroya, Y. Katsumura and K. Asai, Jpn. J. Appl. Phys. **43**, L1333 (2004).
- [2] K. Shibuya, M. Koshimizu, K. Asai and H. Shibata, Appl. Phys. Lett. **84**, 4370 (2004)
- [3] S. Kishimoto, K. Shibuya, F. Nishikido, M. Koshimizu, R. Haruki, Y. Yoda, Appl. Phys. Lett., to be published.