スチルベン結晶による中性子検出の改善

米国土安全保障省（DHS）との契約HSHQDC-12-C-00020の下、米インラッド・オプティクス社（Inrad Optics）とローレンス・リバモア国立研究所（LLNL：Lawrence Livermore National Laboratory）は共同で、有機シンチレータのスチルベン（炭化水素の結晶。化学式は$C_{14}H_{12}$）のサイズと入手しやすさの両方の向上に取り組んだ。

ガンマ線バックグラウンドにおける高速中性子（1～20MeV）検出のための材料としてよく知られるスチルベンは、溶融成長結晶手法を用いた場合、これまでは広範囲にわたる低コストの商用中性子検出応用向けに十分な量を生産できなかった。しかし、LLNLは最近、スチルベンの経済的かつ高品質な溶液成長を実証し、大量生産に向けてそのプロセスをインラッド・オプティクス社に移譲した[1]。

サイズが大きく高品質なスチルベンに関する取り組みは、高速中性子検出用の新材料の研究と、溶液成長手法の根底にある科学原理の理解を目的として米エネルギー省の国家核安全保障局（NNSA：National Nuclear Security Administration）が出資するLLNLにおける継続的な活動の副産物である。

ガンマ線バックグラウンドにおいてシンチレーションによって中性子または核物質を検出するプロセスは、粒子がシンチレーション物質に衝突して、光子または粒子を放射することによって生じる。高エネルギーの中性子とガンマ線が、スチルベンなどのシンチレーション物質と衝突する際に得られる蛍光信号のパルス波形の違いを解析することによって（このプロセスをパルス波形弁別[PSD：pulse shape discrimination]という）、中性子の相互作用を一意的に検出することができる。これらの蛍光信号は、光電子増倍管（PMT：photomultiplier tube）を使用してシンチレーション検出器から記録される。

結晶成長

溶融プロセスとは異なり、スチルベンの溶液成長プロセスでは、結晶化タンクとシードホルダーが採用される。これらは有機溶媒を扱い、回転にともなう温度低下を制御することによって成長プロセスを改善するように構成されている。溶液成長によって既に、垂直方向と水平方向のサイズが4インチのブールのスチルベンが製造されている。溶液成長によるこのブールは、いわゆる「X線ロッキングカーブ」のFWHM（半値全幅）が20arcsec未満で、結晶品質に優れていることを示している。

スチルベンを用いた中性子検出はこ

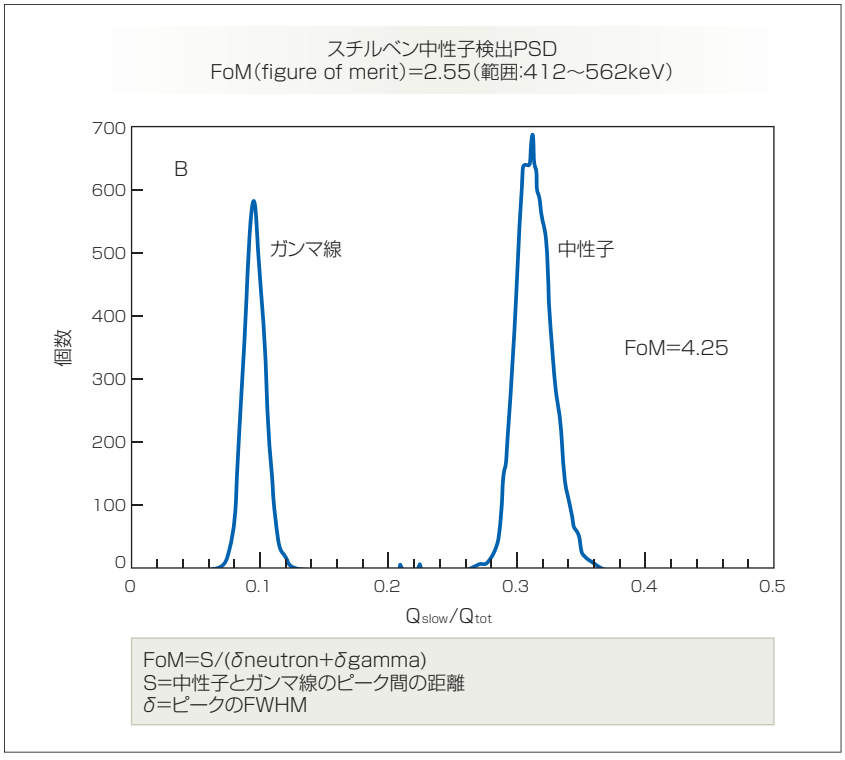

図1　インラッド・オプティクス社とローレンス・リバモア国立研究所が共同で作製した、サイズが大きくコスト効率の高いスチルベン結晶は、中性子検出能力を大幅に改善する。図中では、直径1インチ、高さ1インチの円筒形のスチルベン（下部）がシンチレーション検出器用に加工される。この検出器は、ガンマ線が存在する環境で中性子を容易に検出可能で、高度な中性子ガンマ線弁別を行う（提供：インラッド・オプティクス社）。

れまで、スチルベン結晶材料の入手困難性とコストに制約を受けていた。しかし、この中小企業技術革新制度のフェーズⅡ契約（Phase II SBIR：small business innovation research）の下、インラッド・オプティクス社は、商用グレードの直径1インチの円筒形スチルベン（最大長は3インチ）を作製し、2012年末までに2インチの円筒形スチルベンの作製を見込んでいる。パッケージ化されたスチルベン検出器のサイズは用途によって異なるが、直径1インチ、高さ1インチの円筒形と、直径2インチ、高さ2インチの円筒形という標準のサイズが一般的なPMTに結合可能である。

最終的な中性子検出器に対してカリホルニウム252中性子源を使用して、LLNLにおいて結晶の性質を評価したところ、412～562 keVの範囲のPSD性能指数（FoM：figure of merit）が4.25という良好な中性子ガンマ線弁別結果が示された。この値は、ほぼ同サイズの最良の溶融成長結晶で得られる一般的な値と同等か、それを上回る場合も多い（**図1**）。

LLNLの物理学者で、DHSが出資するLLNLのスチルベン開発プロジェクトにおいて主任研究員を務めるナタリア・ザイツェワ氏は、「スチルベン製造に使用される溶液手法は、もともと国立点火施設（NIF：National Ignition Facility）向けの超大型リン酸二水素カリウム（KDP：potassium dihydrogen phosphate）結晶の成長用に開発された技術に基づくものである」と述べている（ちなみにLLNLは、インラッド・オプティクス社の協力を得て、商用に製造されたものとしては最大サイズのKDP結晶の成長記録を保持している）。ザイツェワ氏は、「元のKDP手法は、サイズの大きい純粋な有機結晶の成長に適応させるために大幅に変更されている。スチルベンはその有機結晶として、商用生産に向けて最初に開発されたものである」と付け加えている。（Gail Overton）

参考文献

(1) "Production of Stilbene for Fast Neutron Detection," Inrad Optics white paper (2012), http://bit.ly/XnJzfw

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー

OITDA

Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム（1~3月）

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 356 回 1月22日(火) 15:30-17:30	「有機薄膜トランジスタの研究開発動向とフレキシブルディスプレイ駆動への応用」 講師：藤崎　好英 氏（ＮＨＫ放送技術研究所　表示・機能素子部）
第 357 回 2月19日(火) 15:30-17:30	「次世代イーサネットの標準化動向」 講師：光野　正志 氏（株式会社日立製作所）
第 358 回 3月19日(火) 15:30-17:30	「有機EL、LEDを中心とした新世代照明の最新技術動向」 講師：菰田　卓哉 氏（パナソニック株式会社　技監）

■場所　一般財団法人光産業技術振興協会
■定員　各６０名
■参加費　光協会賛助会員：1,500 円（税込み）　／　一般参加：3,000 円（税込み）
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

■申込方法　オンライン申込フォーム　>>> **http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html**
■申込締切　定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先　一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当　綿貫
〒112-0014　東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F　TEL：03-5225-6431　FAX：03-5225-6435
E-mail：mly@oitda.or.jp　URL：http://www.oitda.or.jp/