

新規量子ビーム源 (テラヘルツ波、短パルス X 線)の開発と応用

SATテクノロジー・ショーケース2014

■ はじめに

産業技術総合研究所ではSバンド小型リニアックで発生可能な超短パルス電子ビームを用いて革新的な新規量子ビーム源(コヒーレントテラヘルツ波及び短パルスX線)の開発と安全安心のための応用研究を進めている。

テラヘルツ波領域(0.1~3 THz)には物質固有の指紋スペクトルが観測されることから、郵便物に隠匿された違法薬物などの非破壊検査が期待されている。我々のグループでは、検波器を用いた模擬爆発物の走査イメージングや、テラヘルツ波に感度のあるカメラを用いたプロフィール及びイメージング応用への基礎的研究を行っている。

一方、短パルスX線は、超短パルス電子ビームの制動放射によって最大エネルギー40 MeVの高エネルギー短パルスX線を発生することが可能である。その短パルスX線を用いて全く新しい材料の劣化診断方法である寿命有感型ポジトロン断層法の開発を行っている(図1)。従来のポジトロン断層法では、測定物の周囲に配置した検出器を用いて陽電子の消滅位置を3次元イメージングしている。この陽電子は、ナノメートルオーダーの欠陥に対しても敏感であり、陽電子の消滅寿命と欠陥の大きさには相関がある。この特徴を利用し、短パルスX線の照射によって厚さ数cmに亘って材料内部に陽電子を発生させ、ポジトロン断層法のイメージング手法に陽電子の寿命情報を付加することによって材料内部の欠陥分布を3次元イメージングする。

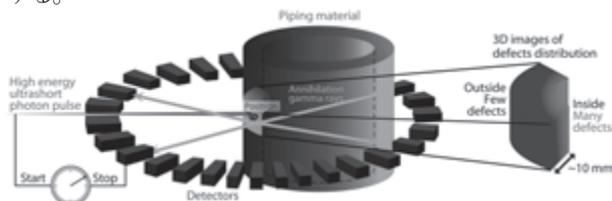


図1: 寿命有感型ポジトロン断層法の概要。

■ 活動内容

1. テラヘルツ光源の開発と応用

テラヘルツ波の周期は、1 ps程度なので従来の電子加速器で発生可能なパルス幅の長い電子ビームを用いると高出力なテラヘルツ波を発生することはできない。しかし、Sバンド小型リニアックで発生可能なサブピコ秒の超短パルス電子ビームを用いることによって、約1億個もの電子から放射されるテラヘルツ波が互いに干渉し、コヒーレントな高出力テラヘルツ波を発生することができる。

コヒーレントテラヘルツ波は、超短パルス電子ビームが厚さ50 μ mのアルミナターゲットを通過するとき境界面から放射される。この時電子ビームが放射状(ラジアル)に放つ電界によって、テラヘルツ波はラジアル偏光となる。図2に偏光板を回転させながら測定したテラヘルツ波のプロファイルを示す。偏光板の向きが変わることによってテラヘルツ波のプロファイルも変化することを観測することができた。

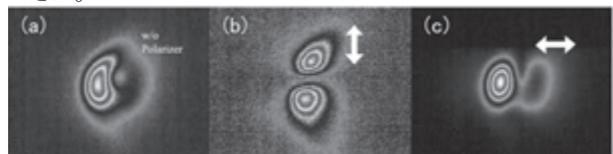


図2: ラジアル偏光テラヘルツ波のプロファイル。(a)偏光板なし、(b)縦偏光成分のみ、(c)横偏光成分のみ。

2. 高エネルギー短パルスX線源の開発と応用

寿命有感型ポジトロン断層法を達成するためには、陽電子が消滅する時に放出する消滅ガンマ線を超高速かつ小型の装置で検出する必要がある。そのため、従来のシンチレータよりも有効原子番号と密度が共に高く、可視光領域で高速で発光するYb:Lu₂O₃シンチレータを用いた検出器を開発している。現状、このシンチレータを用いて陽電子の寿命を測定することに成功し、従来の検出器に比べて約1/10の大きさの検出器を開発することができた。

■ 施設関連情報

産業技術総合研究所つくばセンターのSバンド小型リニアック(図3)は、中規模実験室に全てのコンポーネントを集約した小型の電子加速器である。レーザーフォトカソードRF電子銃から発生する電子ビームを2本の加速管で加速することによってエネルギー40 MeV、パルス幅300 fs、電荷量1 nCの超短パルス電子ビームを発生することが可能である。

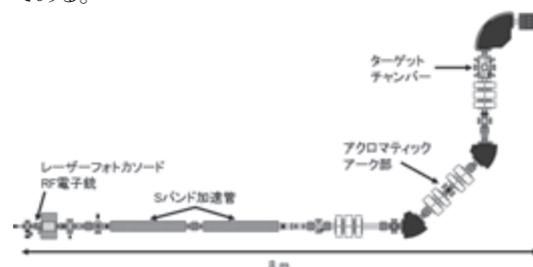


図3: 産総研Sバンド小型リニアックの概要。

代表発表者 **平 義隆(たいら よしたか)**
 所属 **(独)産業技術総合研究所
計測フロンティア研究部門**
 問合せ先 **〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1
中央第 2 2-4A
TEL:029-861-2095 FAX:029-861-5683
yoshitaka-taira@aist.go.jp**

■キーワード: (1)超短パルス電子ビーム
(2)コヒーレントテラヘルツ波
(3)短パルス X 線