

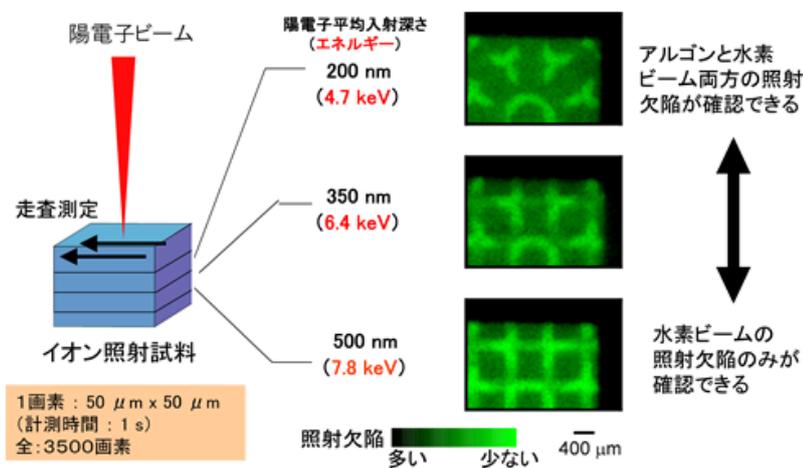
陽電子マイクロビームを用いる超微細欠陥の評価技術

産総研・分析計測標準研究部門・大島 永康



素粒子の一つ、陽電子は、物質中に打ち込まれると電子と対消滅して高エネルギーの光（消滅ガンマ線）を放出する。材料中で陽電子が消滅するまでの時間（陽電子寿命）は原子空孔のサイズや濃度に関係するため、それらを測定することによって、機械的性質、電気的性質、物質透過性など材料の様々な特性に影響する空孔・空隙を評価できる[1]。この分析法は、陽電子寿命測定法(Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy: PALS)と呼ばれている。一方、機能性材料・先端材料の多くは、表面処理、薄膜積層化、微細化により機能を高めたり、効率を上げたりするため、加工部材の表面近く、さらには部材の局所領域を選択的に解析することが重要である。しかし、電子加速器や放射性同位体で生成した直後の陽電子は速度がふぞろいで指向性もないため、試料の特定位置に陽電子を打ち込むことが難しく、PALSによる先端材料分析の適用範囲は限定される。

産総研では、PALSの適用範囲を広げるため、高品質陽電子ビーム生成技術の開発を進めてきた[2]。直径~10 mmの従来型陽電子ビームシステムを高度化した集束ビーム技術を開発し、一辺0.1 mm以下の部材評価への応用も可能となった。この装置は、陽電子プローブマイクロアナライザー(positron probe micro-analyzer: PPMA)と呼ばれ、小さい試料のみならず、試料表面を集束ビームで走査することで、空孔の空間分布評価も可能である[3]。また、陽電子の集束ビームを、微小真空窓を通して大気環境中へ取り出す技術も開発したことで、使用環境に影響される材料特性の“その場”評価にもPALSが活用され始めている[4-6]。講演では、PPMAで用いられるビーム制御技術、PPMAを用いた先端材料の欠陥分析例を紹介する。



陽電子マイクロビームを用いたイオン注入シリカガラスの3次元欠陥分布の例

¹ 産総研 Today Vol. 14-9 (2014).

² B. E. O'Rourke *et al*, JJP. Conf. Proc. **2**, 011304 (2014).

³ N. Oshima *et al*, Appl. Phys. Lett. **94**, 194104 (2009).

⁴ N. Oshima *et al*, Appl. Phys. Exp. **4**, 066701 (2011).

⁵ W. Zhou *et al*, Appl. Phys. Lett. **101**, 014102 (2012).

⁶ K. Ito *et al.*, Appl. Phys. Lett. **112**, 083701 (2018).

主催：物理工学域

共催：エネルギー物質科学研究センター(TREMS)

連絡先：数理物質系物理工学域 上殿明良