

空孔型欠陥評価のための 陽電子ビームラインの開発

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

すべての素粒子は反粒子を持つ。陽電子(e^+)は最初に発見された反粒子である。1930年にDiracにより予言され、1933年にAndersonによって実験的に発見された。

陽電子は、電子(e^-)の反粒子であり、電子と出会うと対消滅を起こし、 γ 線(消滅 γ 線と呼ばれる)に変換される。この陽電子の特異な性質を利用した様々な材料分析手法が開発されてきた[1]。これらの手法では材料の極微な欠陥や、界面・表面に関する情報を得ることが出来る。

■ 陽電子計測

陽電子の対消滅を利用した材料分析手法は、総じて陽電子計測、あるいは陽電子消滅分光法と呼ばれる。

陽電子計測では、試料に陽電子を入射させ、試料内の電子と対消滅を起こした際に放出される消滅 γ 線の検出を行う。検出した消滅 γ 線から主に試料中の

- (1) 電子構造
- (2) 電子密度

に関する情報が得られる。(1)は消滅 γ 線の運動量は消滅前の電子の運動量を反映していることから得られる。(2)は陽電子が試料に入ってから消滅するまでの時間(陽電子寿命)が消滅した場所の電子密度に反比例することから得られる。

例えば、(2)を利用した手法として、陽電子寿命測定法がある(図1)。金属に陽電子を打ち込む場合を考えると、空孔型の欠陥がある場合、陽電子にとってポテンシャル的に居心地の良い場所であるため、そこにトラップされる。空孔内の電子密度は格子間位置に比べて低いため、陽電子寿命は長くなる。このように、陽電子寿命は空孔のサイズによって異なるため、空孔サイズの評価が可能となる。この手法では、電子顕微鏡では観察が難しい単一の原子空孔の検出が可能である。非破壊の測定手法であり、金属・半導体・絶縁体・高分子材料と幅広く適用できる。

以上は一例であるが、このように陽電子計測は、「空孔型欠陥」の検出に適した材料分析手法である。

■ 陽電子源

陽電子は主に

- ① 放射性同位元素(RI)の β^+ 崩壊
- ② 高エネルギー光子を利用した陽電子・電子対生成によって得られる。②では原子炉や加速器によって生成される高エネルギー光子(γ 線やX線)が利用される。対生

成(対消滅と逆の現象)によって、陽電子を得る。①に比べて高強度な陽電子を得ることができる。陽電子の強度は計測時間を大きく左右するため、陽電子計測における重要なファクターとなっている。

■ 高強度陽電子ビームラインの開発

現在開発中の原子炉を利用した高強度陽電子ビームラインの写真を図2に示す。陽電子を単色化(エネルギーを揃えること)し、深さ分解能を持った陽電子計測を高強度で行うことが出来る利点を持つ。表面(近傍)や薄膜の測定が可能となる。

現在、開発は最終段階に入っており、ビームの質の向上を目的とした輝度増強部、またビームパルス化部の開発を進めている。

将来的に、共同利用可能な装置として多くの研究者・企業の方々に利用して頂きたいと考えている。

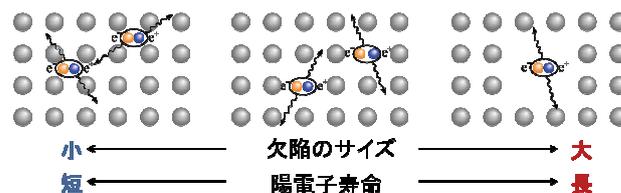


図1 陽電子寿命測定法



図2 陽電子ビームライン

■ 参考文献

- [1] 日本アイソトープ協会 (1993) 陽電子計測の科学 丸善株式会社

代表発表者 葛谷 佳広 (くずや よしひろ)
所 属 1. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
計量標準総合センター 分析計測標準研究部門
X線・陽電子計測研究グループ
2. 京都大学大学院工学研究科
機械理工学専攻 粒子線材料工学研究室
問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第二
TEL: 090-5635-3649
e-mail: kuzuya.yoshihiro.52e@st.kyoto-u.ac.jp

■キーワード: (1) 陽電子計測
(2) 空孔型欠陥
(3) 量子ビーム