



## LCSy 線による陽電子生成と物性評価

所属	大阪府立大学大学院 工学研究科	ビームライン	BL01
利用者氏名	堀 史説	利用分野	量子ビーム技術
利用年度	2014年度	活用技術	ガンマ線利用

### 利用成果の概要

本実験においては、レーザーコンプトンガンマ線を利用して対生成陽電子を作製し、これを物質中に入射する事により物質内部の原子配置や欠陥状態を非破壊にて測定する装置の開発を進めている。今回はバルクサイズの状態の異なる金属の比較実験に加え、金属板の間に半導体板材をはさみ表面からミリメートルオーダー深さにある半導体の状態評価の確認実験を行うとともに、新しい真空パスでの陽電子ビーム装置の予備実験を行った。

### <利用目的>

放射光施設の蓄積リングへのレーザー光入射によって発生するレーザーコンプトンガンマ線を利用することにより、高エネルギー陽電子を生成させることが可能である。この高エネルギー陽電子を直接ビームとして被検材料に入射することで、従来観察が難しいセンチメートルオーダーの深さでの原子レベルでの欠陥や電子状態を非破壊で直接観察することが可能になる。そのための実証実験と装置の開発を行うことを目的としている。

### <実験方法>

BL01のビームラインに入力したレーザーとのコンプトン散乱ガンマ線を鉛ターゲットに照射して発生した陽電子を測定試料に入射した。発生した陽電子エネルギーの平均値は8MeVで、磁場による陽電子エネルギー分布計算をあらかじめ行い、最大計数率が得られる平均エネルギー8MeV位置に試料を配置し、大気中で測定した(図1)。8MeVの陽電子の試料への入射分布を計測するために測定試料として厚さ1mmの板状の純鉄を重ね、その間に0.5mm厚のシリコン板をはさみ、シリコンの位置を順番に変えてその都度測定した。また、同じ合金組成で密度の異なるアモルファスと結晶材、応力付加疲労試験した純鉄をそれぞれ測定した。陽電子消滅測定は半導体検出器により対消滅ドップラー広がり測定を行った。測定後、データは大阪府立大学に持ち帰り、深さ分布として解析を行った。今回は、専用のビーム装置の構築のため、真空ビームチャンバを設置し、イメージングプレートを用いて陽電子の確認を行った。

### <実験結果>

図2に示す様に、今回の測定で、金属疲労によるバルク試料への欠陥の導入過程を陽電子のパラメータとして観測することができた。また、密度の異なるアモルファスと結晶での内部状態の違いを測定することもできた。深さに対する陽電子の分布は現在も詳細な解析を進めているが、計算による8MeVの到達深さと実験結果に違いが見られており、従来の計算方法では高速陽電子の深さ計算方法に問題があることがわかった。また、真空装置は基本動作に問題なく実験できたが、チャンバ内で広がる陽電子がチャンバ壁で消滅して発生したガンマ線がビーム取出しポートでのイメージングプレートに干渉し、陽電子のビームを観測できなかった。今回の実験結果の一部を2015年3月23日の日本物理学会年次大会にて発表した。

発表の概要は添付の通りである。

# 文部科学省 [先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 成果報告]

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 ニュースバル放射光施設

## <今後の見通し>

本手法での非破壊検査方法が再現性があり、従来の他の非破壊検査とは異なる情報を提供できることを示した。さらに、専用装置としてのビームライン構築を進める中でクリアすべき点について今後改良していく。これまでの成果などから、現在一般企業との共同研究が開始されており、今後企業からも協力を得て装置の開発に取り組む。

## <図面等>

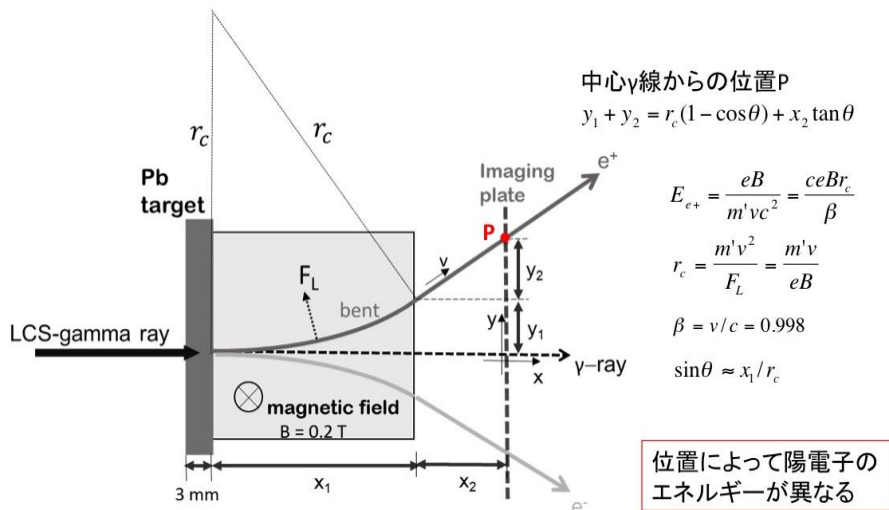


図1 磁場中で対生成する陽電子の軌道計算の概略

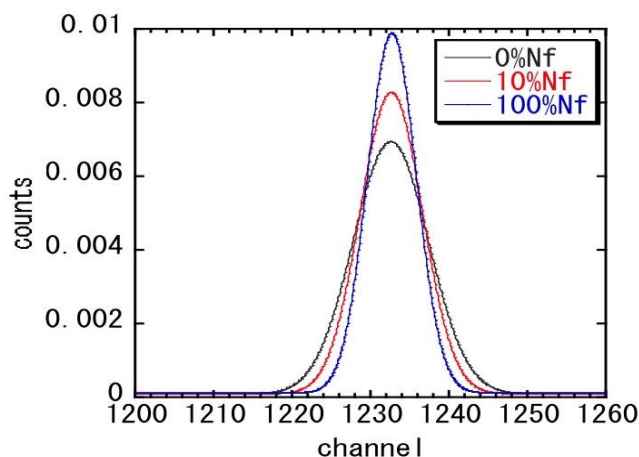


図2 応力付加疲労による鉄中への欠陥導入を示す陽電子ドップラーパ

問い合わせ先

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所  
 ニュースバル放射光施設 共用促進室

〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都1-1-2  
 TEL : 0791-58-2543 FAX : 0791-58-2504  
 E-mail : kyoyo@lasti.u-hyogo.ac.jp

## Positron annihilation Doppler broadening measurement by using a LCS-gamma beam generated at photon factory

F.Hori<sup>1\*</sup>, Y.Ueno<sup>1</sup>, K.Ishii<sup>1</sup>, T.Ishiyama<sup>1</sup>, A.Iwase<sup>1</sup>, S.Miyamoto<sup>2</sup>, and M.Terasawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of materials science, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-831, Japan*

<sup>2</sup> *Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo, 3-2-1 Kouto, Kamigori, Ako-gun, Hyogo 678-1205, Japan*

A simple positron annihilation measurement apparatus via pair creation has been developed using high energetic gamma beam generated by laser Compton scattering (LCS) of 1 GeV electrons circulated in a storage ring and laser light with the power more than 1 W at the NewSUBARU synchrotron radiation facility, University of Hyogo. A simple measurement arrangement of positron annihilation in air is possible by this apparatus. The intensity of positrons by pair creation depends on the injected laser power. Also the peak energy of positron can be controlled by the wavelength of laser light. Positron annihilation Doppler broadening profiles for bulk size of amorphous and crystal structured Zr based alloys were measured as examples by this new positron apparatus. The larger Doppler<sup>d</sup> broadening S parameter for amorphous alloy than that for crystallized one has been successfully measured.

\*Corresponding author: horif@mtr.osakafu-u.ac.jp

# ニュースバルでのレーザーコンプトン散乱 $\gamma$ 線を用いた

## 対生成陽電子による陽電子消滅装置の開発

阪府大工、兵庫県立大高度研<sup>A</sup>

堀史説、上野陽平、岩瀬彰宏、宮本修治<sup>A</sup>、寺澤倫孝<sup>A</sup>

### Development of positron annihilation apparatus by using positrons via pair creation from LCS-gamma rays at NewSUBARU

Osaka Pref. Univ.

F.Hori, Y.Ueno, A.Iwase

LASTI, Hyogo Pref. Univ.

S.Miyamoto, T.Terasawa

昨今、陽電子消滅を利用した格子欠陥の検出や電子状態の評価が金属や高分子をはじめとした様々な物質でおこなわれている。陽電子は従来の物質内構造評価に用いられる電子やX線とは異なり、空隙状態を1原子サイズから極微量レベルで敏感にとらえられるほぼ唯一の非破壊手法である。しかしながら、陽電子源（陽電子発生）が単純ではないため、その利用は他の手法に比べて普及していない。また、非破壊検査法ではあるが、物質内部を深く捉えようとする高エネルギーにする必要があり、荷電粒子の加速装置が必要となるため、大掛かりにならない数10keV程度の低速陽電子の利用が多い。低速陽電子で観察できる範囲は数ミクロンにとどまるが、物質内部数mm以上の深さを評価するためには、少なくともMeVオーダーのエネルギーを必要とする。一般に電子と陽電子は基本性質が同じであるため、数MeVの陽電子を得るためには電子線加速とほぼ同じ大掛かりな装置が必要となる。そこで、対生成に必要な光を調整することで陽電子のエネルギーを制御する方法でMeV陽電子を抽出して利用する方法を考えている。これまで、我々は兵庫県立大学の高度産業技術研究所の放射光への高強度レーザー入射により発生する高エネルギー $\gamma$ 線を用いて高エネルギー陽電子を対生成し、物質中に直接入射して欠陥への捕獲消滅が可能であることを示してきた<sup>[1]</sup>。現在はこれを評価装置として実用化するための装置としての開発と実証を進めており、本講演ではその仕組みと装置開発の現状について報告する。

[1] F.Hori, A.Iwase, T.Terasawa and S.Miyamoto, J.Appl. Phys. Conf. Ser. (2014)