

POSITRON FACTORY RESEARCH PLAN AT JAERI

S.Okada

Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment,
Japan Atomic Energy Research Institute(JAERI)

ABSTRACT

The JAERI is planning construction of a positron factory which makes it possible to utilize high-intensity energy-controllable monochromatic positron beams obtained from the pair-production reaction caused by high-energy electrons from a linac. The facility is expected to contribute to research and development of novel materials through advanced techniques for the microstructure analysis and the surface characterization using the positron beams. In this article, an outline of the planning is presented.

原研におけるポジトロンファクトリー研究計画

1. 研究計画の目的

先端科学技術の分野においては、超格子や超薄膜など構造を原子・分子レベルで制御した新材料の創製技術が注目されており、これと表裏一体をなして、極微細構造や表面微細構造を解析する分析技術の高度化が強く求められている。また、宇宙開発や核融合炉開発では、陽子、電子等を含む宇宙環境あるいは高エネルギー中性子を始めとする核融合炉環境に耐え得る素子や材料の開発が急務になっており、そのために、放射線などによって生ずる微小欠陥を解析する技術の高度化が求められている。陽電子（ポジトロン）は、このような分析のための有力なプローブとして、これまでも放射性同位体からの白色陽電子線を用い、金属のフェルミ面等の電子構造の解析や照射欠陥の研究等に威力を発揮してきた。陽電子は、エキゾチック粒子と呼ばれているごとく、自然界の構成要素としては異質のものであり、通常の粒子には見られない特徴ある相互作用をするので、これを用いた新しい原理に基づく分析、あるいは電子など通常のプローブ粒子の原理的限界を補い得る分析技術の展開が期待されている。

しかしながら、エキゾチックであるという利点はまた、そのような粒子が豊富には得られないということをも意味する。実際、白色陽電子線の場合得られるのは材料バルクの平均化された情報であることから、材料表面あるいは材料内特定位置の分析を行うために陽電子をいったん数 eV 以下まで減速、単色化しようとする、減速過程での散逸のために、分析に十分な陽電子強度が得られにくくなる。このため、現在、電子リニアックによる対生成を用いた方式等による高強度の陽電子ビーム発生技術の確立が強く求められている。

原研では、以上のような要請に基づき、電子リニアックによる高強度エネルギー可変単色陽電子ビームの発生と利用を中心とした、集約的な陽電子利用施設すなわちポジトロンファクトリーの建設計画を立案中である。計画の推進にあたって、広く研究所内外の専門家の意見を集め、さ

らに将来の施設共同利用や研究協力への足掛りを求めるため、既に原研高崎研究所に設置されている放射線高度利用研究委員会（昭和61年1月1日設置）のもとに、ポジトロンファクトリー研究計画専門部会を設置し（62年7月1日）、計画の検討を開始した。

2. 研究計画の内容

(1) ポジトロンファクトリー研究施設の建設整備

ポジトロンファクトリー研究施設建屋の建設整備を行い、高出力電子リニアック（エネルギー120MeV、平均電流200 μ A、パルス幅1 μ s、パルス繰り返し800Hz—以上は仕様の一例であり、計算、予備実験の結果等により詳細を決定する—）及び高強度陽電子銃（低速陽電子フラックスの当面の目標値は10¹⁰ Slow Positrons/s）を製作する。図1に本研究施設の設備、ビームコースの概念図を示す。

(2) 陽電子ビーム工学の研究

陽電子銃から取り出された単色陽電子ビームを、測定目的に応じてDC化（ビームストレッチング）及び短パルス化するビーム整形技術の開発を行う。また、3次元電子構造プロファイル測定技術や陽電子顕微鏡等の開発のために必要な、陽電子ビームの高輝度化、マイクロビーム化等の開発研究を行う。

(3) 陽電子消滅法の高度化に関する研究

低速陽電子DCビームを加速して材料中での消滅位置を制御することにより、材料内部の電子構造を消滅2 γ 角度相関測定法により解析する。さらに、これをマイクロビーム化技術と組み合わせることにより、3次元電子構造プロファイル測定技術を開発し、薄膜蒸着装置やイオン注入装置による物質創製・改質過程のその場測定等に応用する。また、パルス低速陽電子寿命測定、RIからの偏極陽電子ビームを用いた表面磁性解析など、陽電子消滅法による高度表面解析技術に関する研究を行う。

(4) 陽電子回折・散乱測定法に関する研究

陽電子の回折・散乱現象を利用したLEPD（Low Energy Positron Diffraction, 低エネルギー陽電子線回折）、RHEPD（Reflective High Energy Positron Diffraction, 反射型高エネルギー陽電子線回折）、PELS（Positron Energy Loss Spectroscopy, 陽電子エネルギー損失分光）等の測定法の高度化を図り、電子線の場合と相補的な、あるいは電子その他のプローブでは得られない表面解析情報を得る手法を確立して、機能材料等の表面分析に応用する。また、最近注目され始めている中性原子回折に用いられるヘリウム原子などに比べて桁違いに軽い原子であるポジトロニウムの回折を用いた新しい分析手法を開発し、表面分析への応用を図る。

(5) エキゾチック粒子科学に関する研究

陽電子（e⁺）、ポジトロニウム（Ps）と原子・分子との衝突微分断面積測定や、e⁺、Ps、Ps-相互間のレプトン反応系の研究等、エキゾチック粒子反応系の研究を行い、量子電気力学や原子・分子反応理論の検証及び新たな展開に資する。また、陽電子再放出スペクトロスコピーやポジトロニウムスピンローテーション（PsSR）等、新しい物性研究手法としてのエキゾチック粒子スペクトロスコピーの研究を進める。さらに、以上の研究を進める中で期待される新現象の探索により、より高度の基礎理論や物性研究手法への展開を図る。

(6) 陽電子チャネリング及び陽電子顕微鏡の開発研究

陽電子リニアックを開発し、高エネルギー単色陽電子ビームを用いて、電子チャネリングと比較した場合の電荷の違い及びイオンチャネリングと比較した場合の質量の違いにより、特徴のある情報が得られることが期待される陽電子チャネリング測定技術の開発研究を行う。さらに、高強度単色陽電子ビームの高輝度マイクロビーム化等、陽電子ビーム工学の研究成果を受けて、電子線の場合と相補的あるいは異質の微視的情報を与えてくれると期待されている陽電子顕微鏡の開発研究を行う。

3. 年次計画

項目 \ 年度	64	65	66	67	68	69	70
建屋	基本設計	実施設計	建設		利用開始		
電子リニアック	基本設計	実施設計	製作		運転開始		
周辺機器				整備	整備 / 利用		
各研究テーマ		予備研究	予備研究	予備研究 / 本格研究順次開始			

【図1】ポジトロンファクトリー研究施設の設備・ビームコースの概念図

