

INVESTIGATION ON THE POSITRON FACTORY PROJECT AT JAERI (VIII)

-Simultaneous Extraction of Multi-Channel Monoenergetic Positron Beams Using an Electron Linac-

Sohei OKADA, Hirohisa KANEKO, Hiromi SUNAGA, Shin-ichi MASUNO, Haruki TAKIZAWA
and Keiichi YOTSUMOTO

Takasaki Establishment, JAERI, Japan Atomic Energy Research Institute
1233 Watanuki, Takasaki, Gunma 370-12, Japan

Abstract

We have proposed a concept of simultaneous extraction of multi-channel monoenergetic positron beams using an electron linac, on the basis of a Monte Carlo simulation, in the design study on the Positron Factory. We produced multi-channel moderator assemblies and demonstrated the feasibility by an experiment.

原研におけるポジトロンファクトリー計画の検討 (VIII)

-電子リニアックを用いた多チャンネル単色陽電子ビーム同時取り出し-

1. はじめに

日本原子力研究所(原研)高崎研究所では、高出力電子リニアック(100MeV, 100kW級)を用いて高強度(10¹⁰個/秒以上)のエネルギー可変低速(単色)陽電子ビームを発生させ、材料・バイオ研究に応用するとともに、基礎物理学・化学への反粒子ビーム利用という新領域の開拓を目指したポジトロンファクトリー計画¹⁾が検討され、設計研究が進められてきた。

電子リニアックを用いた単色陽電子ビームの発生では、従来、1台のリニアックの運転で同時に供給できる単色陽電子ビームは1本だけであった。我々は、上記設計研究の中で、コンバータでの陽電子や光子の発生から、モデレータでの低速陽電子生成までを3次元的に追跡できるモンテカルロ計算システムEGS4-SPG2)を開発し、その計算結果に基づき、図1に示すような複数のモデレータアセンブリーによる多チャンネル低速陽電子ビーム同時取り出しの可能性を示唆してきた。

本稿では、実際に電子リニアックを用いた実験により本方式の実用性を実証したので、その結果について報告する。

2. 計算による予測

元来モデレータは、その名の示すとおり、主としてコンバータで発生する高エネルギー陽電子を減速させ低速陽電子に変換する役割を持つものと考えられてきた。そのため、複数のモデレータアセンブリーを配置したとしても、陽電子ビームの発散のために、後段の(すなわちコンバータから離れた)アセンブリーからはごく僅かの低速陽電子しか得られないだろうと思われてきた。

そこで、低速陽電子生成のもう一つの可能性として、光子がモデレータ中で対生成を起こし低速陽電子生成に至る過程の効果がどの程度あるかを見積もるために、図1の配置を仮定し、EGS4-SPGを用いて次の手順により計算を行った。

そこで、低速陽電子生成のもう一つの可能性として、光子がモデレータ中で対生成を起こし低速陽電子生成に至る過程の効果がどの程度あるかを見積もるために、図1の配置を仮定し、EGS4-SPGを用いて次の手順により計算を行った。

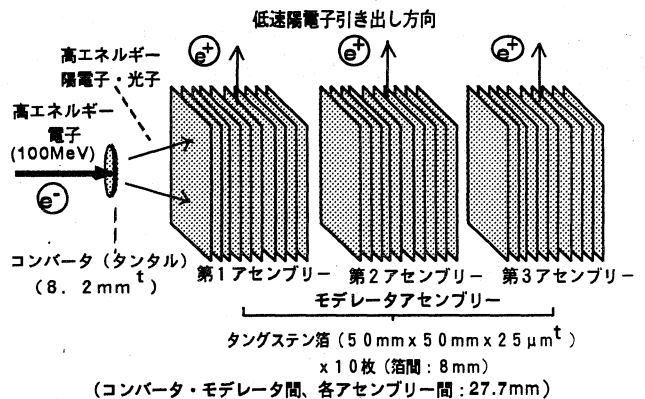


図1 多チャンネル単色陽電子ビーム同時取り出し方式の概念と計算に用いたディメンジョン

- 1) 100MeVの電子が入射した場合にコンバータから放出される陽電子および光子のエネルギー・角度分布を求める。
- 2) コンバータ位置から種々のエネルギーと角度で陽電子および光子を放射した場合の各モデレータ

アセンブリからの低速陽電子生成率を求める。
 3) 上記2者を掛け合わせ、オーバーオールで低速陽電子収率（低速陽電子数/入射電子数）に対する陽電子と光子の寄与分をそれぞれ求める。

以上の計算結果を図2に示す。これによれば、高エネルギー陽電子が低速陽電子に変換することによる収率への寄与は、確かに後段の（第2、第3の）モデレータアセンブリになるほど大幅に低下する。しかし光子の寄与は、前段のアセンブリに比べて、せいぜい1桁程度ずつしか低下しないことがわかった。

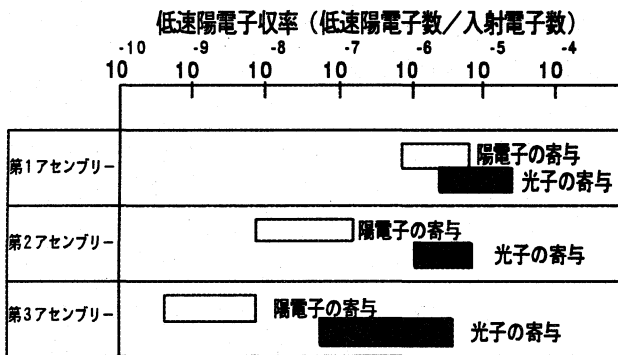


図2 多チャンネルのモデレータアセンブリからの低速陽電子収率に対するEGS4-SPGを用いた計算結果

3. 実証試験

上の結論を実証するため、大阪大学産業科学研究所放射線実験所のSバンド電子リニアックを用いて実験を行った。実験に用いたコンバータおよびモデレータの形状と配置を図3に示す。モデレータアセンブリは20mm×100mm×25μm^tのタングステン箔を3段並べたものを1層とし、10mmの間隔をおき全部で18層配置した。このうち9層ずつからの低速陽電子を別々のチャンネルとして引き出すため、タングステンメッシュのグリッドを2連配置した。グリッドとタングステン箔、および各段の箔と箔との間にはそれぞれ500Vの電位差を持たせ、タングステン箔の層間から低速陽電子をグリッド方向に引き出すための電場勾配をつくった。

電子ビームのエネルギーは約100MeV、電流は約350mA/pulse、パルス幅は約2μs、繰返しは10ppsでリニアックを運転した。

コンバータに近いチャンネル（第1チャンネル）と遠く離れたチャンネル（第2チャンネル）にお

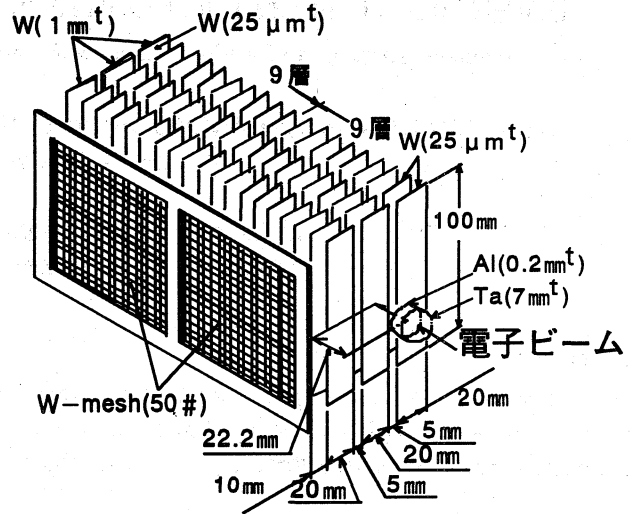


図3 多チャンネル単色陽電子ビーム同時取り出し方式実証試験に用いた2チャンネルモデレータアセンブリ

る低速陽電子収率を相対的に比較することが目的であるので、引き出した低速陽電子ビームは同一のソレノイド磁場輸送ラインで輸送し、マイクロチャンネルプレート（MCP）による観測を行った。

輸送ラインの集束磁場を強くして2チャンネルからの低速陽電子ビームを観測したMCP像を図4に示す。集束磁場を弱くしビームを広げてMCP像を観測すると、モデレータ箔の層間に相当する縞が并列できる。この縞の数をかぞえることにより像の各部分が、どちらのチャンネルからの低速陽電子によ

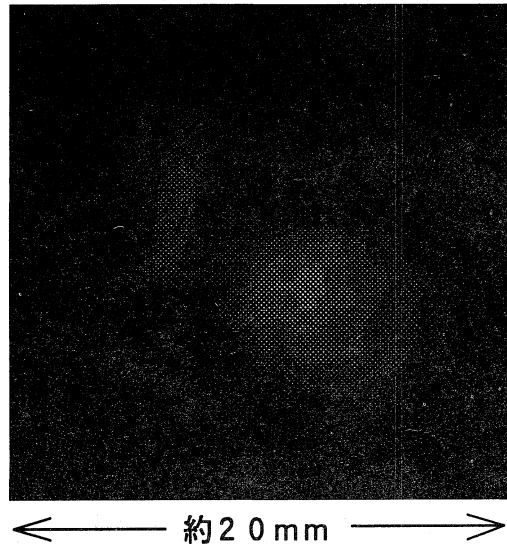


図4 2チャンネルのモデレータアセンブリから取り出した低速陽電子ビームのMCPによる観測像

るものであるかがわかる。このようにして各チャンネルからの低速陽電子ビーム強度をMCP像から解析した結果を図5に示す。

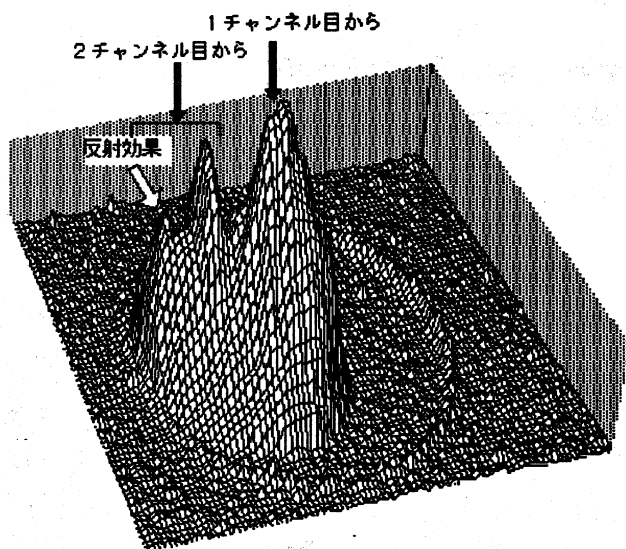


図5 低速陽電子ビーム強度解析像とピークの帰属

最も大きいピークは第1チャンネルからの低速陽電子ビームによるものであり、それより約1桁近く強度が小さいピークは第2チャンネルからのものである。第3の小さなピークは、図3に示すようにモデレータアセンブリの最後段に厚さ1mmのタングステン板を置いたため、陽電子の後方散乱と光子による対生成の寄与があったためと考えられる。このことは、コンバータからの陽電子および光子は2つのチャンネルのモデレータアセンブリを透過してもなお低速陽電子生成に寄与する余力を残していることを意味するとともに、アセンブリの最終段には重金属の厚い板を置くのが有効であることを示唆している。

以上から、計算結果と同様、後段のモデレータアセンブリからも、前段に比べてせいぜい1桁程度しか強度が低下しない低速陽電子ビームが得られることがあきらかになったので、多チャンネル低速陽電子ビーム同時取り出し方式の実用性は実証されたものと考えられる。

本実験には、すべて25 μ m厚さのモデレータ箔を用いたが、前段にはもっと薄い箔を配置した方が低速陽電子収率が向上するのではないかと予測し計算を行った。しかし、図3のような配置を考えるかぎり、薄い箔を用いるメリットはないという結果が得られた。これは、光子による対生成の寄与がかな

りのウェイトを占めるためである。モデレータ箔をもっとコンバータに密着させることができるような設計にした場合には、コンバータからの比較的エネルギーの低い陽電子を有効に利用するため、コンバータに近いモデレータ箔は薄いものを用いた方が効率がよいかもしれない。このような場合も含めて、さらに効率のよい構造を今後検討していく。

4. おわりに

陽電子ビーム利用は新しい研究分野であり、未知の利用手法が開拓されていく可能性が十分ある。1台のリニアックの運転で、高強度単色陽電子ビームの本格的利用を行うと同時に、多少ビーム強度は低くても、比較的自由度のあるビームタイムの割り振りで、ものになるかどうかかわからないがとにかくやってみようといったような萌芽的研究の予備実験が並行して進められるようなシステムをつくるために、多チャンネル単色陽電子ビーム同時取り出しは有効なものとなるであろう。

本実験は大阪大学産業科学研究所放射線実験所との協力研究により行ったものである。実験に際しては田川精一、菅田義英各氏はじめ多くの方々からの全面的な協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

文献

- 1) S.Okada and H.Sunaga: Nucl. Instr. and Meth. **B56/57** (1991)604-609
- 2) S.Okada and H.Kaneko: Appl. Surface Science **85** (1995)149-153