



Barrel Streamer Tube for the VENUS Detector at the TRISTAN

栄, 久晴

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1988-03-31

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0744

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000744>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	きかえ 栄	ひき 久	はる 晴	(和歌山県)
学位の種類	学 術 博 士			
学位記番号	学博い第114号			
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当			
学位授与の日付	昭和63年3月31日			
学位論文題目	Barrel Streamer Tube for the VENUS Detector at the TRISTAN (トリスタン実験に用いるビーナス・バレルストリーマチューブ の製作と性能)			
審 査 委 員	主査 教授 川 口 正 昭 教授 峯 本 工 教授 藤 井 忠 男			

論 文 内 容 の 要 旨

日本では1981年から電子・陽電子衝突型加速器計画TRISTANが始まり、加速器と実験装置の建設が筑波の高エネルギー物理学研究所において5年計画で進められてきた。この計画は電子と陽電子をそれぞれ $\sim 30\text{GeV}$ まで加速して衝突させ、そのさい発生する反応を調べようというものである。現在TRISTANはこの型の加速器としては世界最高のエネルギーで稼働しており、4つの実験グループが実験を行っている。私はこの実験グループの一つであるVENUSグループに参加し、VENUS検出器の一部であるバレルストリーマチューブ（以下BSTと略記）の開発研究、および製作を担当してきた。この論文ではBSTの設計、製作およびその性能について論述している。

VENUS検出器は電子・陽電子衝突でおこる種々の反応、特に新しい粒子の発生を伴う反応に十分対応できるような汎用の検出器として設計され、それぞれ独自の機能を持つ10組の検出器から構成されている。荷電粒子の運動量、およびシャワー粒子(光子、電子、陽電子)のエネルギーを、衝突領域を中心にしてほぼ全立体角にわたり精度よく測定することができる。

電磁シャワーカロリメータはVENUSの主要測定器の一つであり、シャワー粒子のエネルギーの精密測定に用いられる。BSTの主な役割は、シャワー粒子が電磁シャワーカロリメータに入射する位置を求めることにより、電磁シャワーカロリメータのエネルギー分解能を向上させることにある。BSTは総数1200本の導電性のプラスチックチューブを用いたワイヤカウンタで構成され、電磁シャワーカロリメータのすぐ内部の、衝突点から約2mの位置に円筒状に設置されている。BSTはストリーマと呼ばれるガス増幅モードで動作する。このモードでは非常に大きな信号が得られるため、 S/N 比が高く、読み出し回路が簡単にできる利点をもつ。また、ガス増幅は

ガイガーモードの様にワイヤーに沿って広がらず、狭い領域（～5mm）で起こるので、チューブの外壁に貼った銅のストリップでカソード読み出しを行うことにより、良い精度で粒子の通過位置を決めることができる。我々がBSTのために独自に開発を行ったのは次の2点である。

(1) 不燃性ガスの研究

TRISTAN実験は地下で行うので、検出器に用いるガスは火災や爆発に対して安全であることが要求される。ストリーマモードを用いた検出器には、従来イソブタン等の炭化水素の混合割合が大きいガスが用いられてきた。しかし、炭化水素は爆発性が高く、危険である。そこで我々は安定なストリーマが得られ、かつ燃えないガスの調査研究を行った。その結果アルゴン、炭酸ガスに少量のイソブタンを加えた3種混合ガスがBSTに適していることが分かった。不燃性の条件を満たす範囲で最適なガスの混合比を探した結果、動作電圧領域が600Vあり、かつ100%近い検出効率をもつ混合比 $A : CO_2 : isobutane = 1 : 2 : 0.2$ を採用することにした。この混合ガスでは大ききの揃った信号が得られたので、ガスサンプリングカロリメータにも適していると思われる。

(2) シリコンオイルによるチューブの内面塗布

BSTに導電性のプラスチックチューブを用いたが、チューブの径が小さくなる程安定な動作が得にくい。これは内面の抵抗値のむらのために起こる放電が原因であると考えられる。CHARMIIやLEPの実験ではストリーマチューブの内面にグラファイトを塗布して、チューブの抵抗値を調整することによりこの問題を解決している。我々はチューブの内面にシリコンオイルを塗布することにより放電が抑えられ、安定な動作が得られることを見出した。しかし一般にシリコンオイルはワイヤーカウンターの劣化 (aging) を助長する物質の一つと考えられてきた。そこでシリコンオイルのagingに対する寄与を調べるために放射線を照射し、照射量に対する信号の減衰を調べる実験を行った。その結果、従来のワイヤーカウンターの結果と同等か、それよりも良い動作結果が得られ、シリコンオイルはBSTのagingにほとんど影響をおよぼさないことが確かめられた。

実際に製作したBSTは1986年2月より運転を開始したが、その時点ではアノード読み出しのみが行われた。1987年6月にカソード読み出しが始め完全な運転になった。

BSTの性能を確かめるために、電子・陽電子の衝突で起こるBhabha散乱、 μ 粒子の対発生、ハドロンの多重発生反応を使い、BSTの検出効率、位置分解能を求めた。その結果、Bhabha散乱、 μ 粒子の対発生、ハドロンの多重発生反応で放出される荷電粒子に対して検出効率はそれぞれ87%、61%、73%であった。これらはBSTのチューブの壁等の不感領域も含めた総合的な値であり、有感領域では～90%の十分な検出効率があることが確かめられた。またビーム軸方向の位置分解能はBhabha散乱とハドロンの多重発生反応に対してそれぞれ1.32cm、1.12cm、円筒方向の位置の分解能はBhabha散乱とハドロンの多重発生事象に対してそれぞれ0.93cm、0.56cmであった。Central drift chamberのビーム軸方向の位置の分解能は2.25cmであるから、BSTの情報からより正確なビーム軸方向の位置を得ることができる。この位置の分解能はカソード信号に対するゲ

インの補正, BST自身の位置の補正等によってさらに改善が見込まれている。

現在までほぼ一年間, 製作したBSTの本体および読み出し回路は特に大きな問題を引き起こすこともなく安定に作動した。

論文審査の結果の要旨

高エネルギー物理学研究所の電子・陽電子衝突型加速器トリスタンは昭和61年11月に完成し, 衝突時におこる反応を研究する汎用測定器ビーナスも同時に活動を開始した。出願者はビーナス建設計画の初期から参加し, とくに荷電粒子の検出器バレルストリーマチューブ (BST) の開発および製作を行ってきた。BSTの役割は, 電子, 陽電子および光子のカロリメータへの入射位置を高精度で求めることであり, これによってカロリメータのエネルギーの分解能を向上することができる。BSTの製作は順調に進み, ビーナスの実験で必要とする時期までに完成し, 現在まで支障なく稼働している

BSTは総数1200本の高抵抗のプラスチックチューブを用いたワイヤーカウンターであり, ストリーマモードで動作する。ストリーマモードでは非常に大きな信号が得られるので, 読み出しが容易である。カウンターの開発にあたり本出願者が重点的に行った仕事は次の二点に要約できる。

(1) ストリーマモードを用いる検出器のガスの選定

実験は地下で行うので検出器に用いるガスは不燃性でなければならない。従来この種類の検出器にはイソブタン等の炭化水素の含有割合が大きいガスが使われてきた。しかしそれらは爆発性が高く, 危険なため, 安定にストリーマモードが得られ, かつ不燃性のガスの研究を行った。その結果, アルゴン, 炭酸ガスに少量のイソブタンを加えた3種混合ガスが最適であることがわかった。またこの混合ガスの使用により十分な動作電圧領域と高い検出効率が保証される事が確かめられた。

(2) シリコンオイルによる放電の抑制

高抵抗のプラスチックチューブでは, 径が小さくなるほど放電による不安定さが増大する。本出願者はチューブの内面にシリコンオイルを塗布することにより放電が抑えられ安定な動作が得られることを発見した。従来チューブ内に異物質を混入させることはカウンターの劣化を引き起こすものとして避けるのが常識であった。そこでどの程度劣化するのかを検討する為, チューブに放射線を照射し, 累積照射量に対する信号の減衰を調べたところ, 減衰はわずかでシリコンオイルを塗布してもトリスタンの照射環境では実用上支障がないことが確かめられた。

製作したBSTの性能を確認するため, 電子・陽電子の衝突反応であるBhabha散乱, ハドロンの多重発生, ミュー中間子の対発生現象で検出された粒子の情報をを用いBSTの検出効率と位置の分解能を求めた。その結果, 予期された通りの精度が得られた。トリスタンは現在世界最大の電子・陽電子衝突型加速器であり, 今後, ビーナスによる実験によって大きな物理的成果が期待される。

以上のように、出願者は約5年にわたってビーナス計画に参加し、BSTという相当に重要な測定器部分の開発と製作に従事してきた。その中で生じた大小さまざまな問題を解決し、加速器の完成にあわせて測定器を正常に稼働させたことは高く評価できる。さらに稼働開始以来約二年間、初期の調整期間終了後は極めて安定に作動し、高い信頼性をもって実験に寄与している。

本研究は、物理情報論はもとより、応用物理的計測論、物質科学にも関係する総合的研究であり、これら諸分野に寄与することが大きい。よって論文提出者栄 久晴は学術博士の学位を得る資格があると認める。