# 50MeV 陽子に対する自己消滅ストリーマモードを用いた位置検出計数管の特性

**亀谷,均** 九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

**栄,武二** 九州大学工学部応用原子核工学科

桑折, 範彦 九州大学工学部応用原子核工学科

**百武, 幹雄** 九州大学工学部応用原子核工学科

他

https://doi.org/10.15017/17585

出版情報:九州大学大学院総合理工学報告. 5 (2), pp.181-188, 1983-12-01. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University バージョン: 権利関係: 50 MeV 陽子に対する自己消滅ストリーマモード を用いた位置検出計数管の特性

亀谷均・栄武二\*・桑折範彦\*
百武幹雄\*・隈部功\*・牧孝\*\*
小松和則\*\*\*・井尻秀信\*\*\*\*・的場 優\*\*\*\*
(昭和58年9月30日 受理)

# Position Sensing of 50 MeV Protons with a Single-Wire Position Sensitive Counter in Self-Quenching Streamer Mode

# Hitoshi KAMETANI, Takeji SAKAE, Norihiko KOORI, Mikio HYAKUTAKE, Isao KUMABE, Takashi MAKI, Kazunori KOMATSU, Hidenobu IJIRI and Masaru MATOBA

Using a 1.8 m single-wire position sensitive counter with an anode wire of 25  $\mu$ m diameter stainless steel, the position sensing has been performed with the gas avalanche mode called as self-quenching streamer for 50 MeV protons analyzed with the QDMDQ spectrograph RAIDEN<sup>1</sup>) installed at the RCNP AVF cyclotron facility.

Although the transition in the avalanche size from the proportional to the selfquenching streamer mode can't be observed directly, it is found that the position sensing is possible at the region where the self-quenching streamer mode is dominant from comparison with the results of the experiments for 4.5 keV X-rays.

# 1. 序

ガス計数管において,電子増倍率が心線印加電圧の 上昇にともなって,電離箱領域,比例計数管領域,制 限比例領域およびガイガー領域と変化することが知ら れている<sup>2)</sup>. この内,電離箱領域,比例計数管領域お よびガイガー領域で動作するガス計数管は,それぞれ 電離箱,比例計数管およびガイガーミュラー (GM)計 数管としてひろく利用されている.一方,制限比例領 域は比例領域からガイガー領域への過渡的な領域とし てあまり目が向けられていなかった. ところが 1970 年代になってこの制限比例領域が,ガス混合比,ガス 圧力,陽極心線径等のある条件の下でガス計数管の 動作にとって 興味ある 特性を 示すことが 発見され第 4の放電 モード(自己消滅ストリーマモード: Self-Quenching Streamer mode 以下 SQS モードと略 す.)として様々な 研究機関で 研究されるようになっ た3-8).

この SQS モードでは、1) 陽極心線出力が初期電 子の数に依存せずほぼ一定(約 10<sup>8</sup> 個)であり、飽和 している.比例計数管における出力に比べて極めて出 力が大きい.2) GM 計数管の場合のように電子なだ れが空間的に広がらない.3) その為不感時間が比較 的短い.4)比例領域から SQS 領域への遷移がはっ きりと観測される.5) 混合ガスの種類と混合比、ガ ス圧力および陽極心線径の大きさ等の違いによって、 SQS 領域への遷移電圧が異なる.などの特徴を有す ることが報告されている.このような SQS モードに ついて、現在まで主として  $\beta$  線<sup>9</sup>, X線<sup>9</sup> および  $\alpha$ 線<sup>10</sup> を利用して様々な基礎的な研究が行なわれてき た.

エネルギー変換工学専攻博士課程

<sup>\*</sup> 工学部応用原子核工学科

<sup>\*\*</sup> 産業医科大学医療技術短大

<sup>\*\*\*</sup> エネルギー変換工学専攻修士課程

<sup>\*\*\*\*</sup> エネルギー変換工学専攻

最近, ガス計数管は, 放射線の位置検出に広く利用 されるようになってきた. この場合, ガス計数管は比 例領域で動作させている. 我々は大阪大学 AVF サ イクロトロン施設において大型の QDMDQ 型荷電粒 子スペクトログラフ (RAIDEN: 雷電)を使用して核 反応の研究を行なっている. このスペクトログラフの 位置検出システムとして1.5m長の比例計数管数台と プラスティックシンチレーターから構成されるシステ ム (KYUSYU 検出器システム)<sup>12)</sup> を開発し, 実験に 使用している. ところが1.5m長の比例計数管では, RAIDEN スペクトログラフ出口窓を完全におおうこ とができず 更に長い 位置検出器の 実現の 希望があっ た. 我々が使用してきた 1.5m 長の比例計数管は,抵 抗心線型の比例計数管で陽極心線の抵抗が大きいほど 位置分解能が良くなるという特徴がある. この1.5 m 長の比例計数管の陽極心線には、直径 10 µm のニク ロム線を用いているが、更に長い比例計数管を作ろう とすると、陽極心線が陰極に引き寄せられ放電が起る という問題が生じた. この問題を解決する為には、太 い陽極心線の使用が考えられるが、位置分解能が劣化 することになる. このような状況の下で, 分解能を劣 化させず、更に長いガス計数管を作ることを考えて、 陽極心線から得られる出力が大きい SQS モードによ る位置検出法の採用を計画した.

ここでは、1.5m長の比例計数管を RAIDEN スペ クトログラフ出口窓を完全におおうことができる 1.8 m長のガス計数管に変更することを目的として行なっ た SQS モードによる 1.8mのガス計数管のテスト実 験の結果を報告する.

2. 実験装置

#### 2.1 ガス計数管

Fig. 1 に実験に使用したガス計数管の構造図を示 す. ガス計数管容器は長さ 2,000 mm,高さ 160 mm 幅 25 mm のアルミニウムブロックから作られており その両側に高さ 30 mm,長さ 1,800 mm の窓があ る. 窓とガス計数管中央部にはマイラーにアルミニウ ムをコーティングした~6  $\mu$ m の薄膜を張り,ガスの シールを行なった. この容器内には 2 台のガス計数管 が取りつけられ一方を従来の比例領域において動作さ せるガス計数管,もう一方を SQS 領域で動作させる 計数管とした.前者は厚さが 10 mm,高さが 30 mm のガス計数管で陽極心線としては長さ 1.52 m,直径 10 µm の ニクロム線を張った. 後者は厚さ, 高さが それぞれ 15 mm, 30 mm であり陽極心線として長さ 1.8m, 直径 25 µm のステンレス線を張った. 陽極 心線は窓の両端にあるテフロンにねじ止めされた燐青 銅線バネに導電性の接着剤で固定した. 心線への張力 はネジを使って変化させることができる. 本実験では 同じ形のガス計数管容器をもう1台使用し,都合3台 のガス計数管を同時計数型で使用した.



Unit:mm

Fig. 1. Schematic view of the position sensitive gas counter. SQS-Counter has an anode wire of 1.8 m long and 25 μm diameter stainless steel. X-Counter and ΔE-Counter have an anode wire of 1.5 m long and 10 μm diameter nichrome.

# 2.2 ガス系

Fig. 2 に本実験を用いた計数管ガス供給系の 模式 図を示す. Ar: CH<sub>4</sub> 混合ガス (70%: 30%)を調整 器によって 1.3 atm に減圧し体積流量計を介してガ ス計数管 I に毎分 70 cc の割合で流す. ガス計数管 II のガス出口から流れ出るガスはトラップを通過させ, 消滅ガスとしてエチルアルコールを飽和させた. この エチルアルコールを含んだ混合ガスをガス計数管 II へ 導入する. 従ってガス計数管 I は Ar+CH<sub>4</sub> 混合ガス が, ガス計数管 II は Ar+CH<sub>4</sub>+C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 混合ガスが



Fig. 2. Gas flow system used in the experiment at RCNP AVF cyclotron.

充填されていることになる.ガス計数管Ⅱにエチルア ルコールを飽和させたのは、このガス計数管を SQS モードで使用するためで、エチルアルコールを加える ことにより、ダブルストリーマ<sup>90</sup>以上の放電を抑える ことができることが知られているからである.特にエ

チルアルコールを添加することにより,心線方向へ広 がる光子が吸収され,異常放電の発生を強く抑制する と考えられている.

2.3 データ処理

ガス計数管の配置とデータ処理回路系を Fig. 3 に





示す. RAIDEN スペクトログラフの焦点面に Fig. 3 に示すように KYUSHU 検出器システムすなわち X カウンター, *A*E カウンター, SQS カウンターおよ びEカウンターを配置した. ビーム照射中, 測定室内 は, バックグランドが非常に高くなる. そこで図に示 すようにXカウンター, *A*E カウンターおよびEカウ ンターを同時計数カウンターとして使うことでバック グランドを減少させる方法を取った.

SQS カウンターによる位置情報は, 陽極心線の 両 端を実効的に接地した時両端に流れ込む電荷の総量が 電子なだれの起った位置に比例して分割される<sup>13)</sup> こ とを利用した電荷分割法で得た. つまりパルス割算回 路の分母に心線の両端で得られる電荷パルスの和を,

またその分子に片端から得られる電荷パルスを入力す ることで陽子の入射位置が決定される. 各ガス計数管 から得られる電荷信号はすべて電荷有感型プリアンプ を使って出力させた. SQS カウンター用プリアンプ では陽極心線出力電荷量が大きい為, 44 pF のフィー ドバックコンデンサーと 50 M $\Omega$ の抵抗で積分し, ま た他のカウンター用プリアンプは 22p F のコンデン サーを用い一回積分し, 70  $\mu$  sec の時定数で微分し た後増幅した.

SQS カウンタープリアンプの左側の信号を一合の サムアンプに、左右両方の信号をもう一合のサムアン プに入力する. これらの信号はそれぞれ位置の情報と なだれサイズの情報をもちスペクトロスコピィアンプ およびディレイアンプを通して割算回路の分子及び分 母入力となる. スペクトロスコピィアンプを通す前に プリアンプの左右の信号の和をとることは、心線の抵 抗に起因するジョンソンノイズを打ち消すことにもな る<sup>14)</sup>. スペクトロスコピィアンプの整形時定数はすべ て 0.5 µsec とした.

割算回路としては Westphal<sup>15)</sup> の考案した回路を 当グループが改良した回路<sup>16)</sup> を用いた. この回路の 積分直線性は20:1のダイナミックレンジで0.1%以 下である. X カウンター, *AE* カウンター, SQS カウ ンターおよびEカウンターからの出力信号の同時計 数をとることによりバックグランドを減少させ,更に 同時計数回路の出力とスペクトロスコピィアンプの INHIBIT 出力との反同時計数をとることによってス ペクトロスコピィアンプのパイルアップの影響を減少 させている. 割算回路の出力は ADC においてディジ タル化され, Raw Data Processer を経てミニコン ピューター PDP-11 で処理される.

#### 3. 実験方法および実験結果

# 3.1 実験方法

本実験で用いた粒子は、大阪大学 AVF サイクロ トロンで加速された 50 MeV 偏極陽子を  $^{106}$ Pd ター ゲット ( $\approx 1 \text{ mg/cm}^2$ ) に照射することによって 弾性 散乱された陽子である. この陽子を RAIDEN スペク トログラフで分析し、ガス計数管に入射させた. 検出 器への入射角度は 36°である.

ガス計数管の印加電圧は、X カウンター、 *A*E カウ ンターおよびEカウンターにそれぞれ 1.65 kV, 1.75 kV および -1.2 kV とし、 SQS カウンターは 1.8 kV から 2.4 kV まで変化させた.

#### 3.2 波高分布

SQS カウンターへの入射放射線をX線とし他の条 件を同一にした場合に、なだれサイズの比例領域から SQS 領域への遷移は、心線印加電圧が 2.5 kV のとき 観測された. また, SQS 領域ではなだれサイズが飽和 していることから 50 MeV 陽子の場合, 陽極心線の 印加電圧が 2.1 kV あたりで SQS 領域に入っている ものと予測された. そこで本実験では SQS カウンタ ーの心線印加電圧を 2.0 kV, 2.2 kV, 2.3 kV および 2.4kV とし比例領域の波高分布を1点, SQS 領域の 波高分布を3点測定した. その結果を Fig. 4(a) か ら(d) に示す. Fig. 4 は、縦軸がチャンネル当りの カウント数を, 横軸がなだれサイズを示す. Fig. 4 (a) は、波高の高い側にすそを引く典型的なランダウ 型のエネルギー損失スペクトルを示しており、比例領 域での波高分布を表わしていると考えられる. Fig. 4 (b) および(c) の波高分布は ガウス分布を示してお り、これらは SQS モードの波高分布と極めて似てい ることから明らかに比例領域での電子なだれによるも のでないことがわかる. Fig. 4 (d) ではガウス分布が 崩れ始めており、 これは光子が 陽極心線方向へ 広が り,新しい電子なだれが生じたものと考えられる.

3.3 位置スペクトル

**Fig. 5**(a)から(d) に測定によって得られた位置 スペクトルを示す.これらは、**Fig. 4**のデータと同一条 件で測定されたものであり、(a),(b),(c)および(d) における陽極心線への印加電圧はそれぞれ 2.0 kV, 2.2 kV, 2.3 kV および 2.4 kV である.図のピーク は <sup>106</sup>Pd (p, p)反応の基底状態のピークであるが.

--- 185 ----



第5巻 第2号

総合理工学研究科報告

Fig. 4. Amplitude spectra of signals at different anode voltages. Incidence particle: 50 MeV protons. Gas mixture:  $66 \% \text{ Ar} + 28 \% \text{ CH}_4 + 6 \% \text{ C}_2 \text{H}_5 \text{OH}$ .

半値幅はそれぞれ, 9.7 (13 mm), 6.6 (9 mm), 7.1 (10 mm), 4.5 (6 mm) チャンネルとなった. Fig. 5 (a), (b) および (c) はガウス型のスペクトルとなっ ているが, 半値幅に関しては (d) の 場合について最 良の結果が得られた. しかしスペクトルの両すそが広 がって, バックグランドの多いスペクトルとなってい る.

## 3.4 なだれサイズ

Fig. 6 は心線印加電圧の関数として表わしたなだ れサイズの変化を示すもので●印が 50 MeV 陽子, ○印が 4.5 keV X線による結果<sup>10</sup> を示す. X線の場 合, 図のようになだれサイズのはっきりした遷移が観 測されたが 50 MeV 陽子の場合ははっきりしない. しかしこれは, 陽子の検出器ガス中でのエネルギー損 失が大きいために, SQS 領域のなだれサイズ と比例 領域のなだれサイズが連続的につながったようにみえ ているためであり, モード遷移が存在しない為ではな いものと考えられる.

4. 考 察

Fig. 5 の位置スペクトルをみると, 比例領域より も SQS 領域でとったスペクトルの半値幅が印加電圧 を上げるにつれて狭くなる傾向にあることが分かる. このことを定量的に考えてみる.

単位長さ当りの抵抗がrの陽極心線から得られる信 号を電荷有感増幅し、時定数rのフィルタにより波形 の整形を行なうとき、信号の雑音電荷 $Q_N$ は次式で 表わされる<sup>14)</sup>.

$$Q_N = \frac{1}{\eta} \left( \frac{4\kappa T \beta \tau}{rl} \right)^{1/2} \tag{1}$$

ここで  $\eta$  はパルスの立ち上がりの効果を,  $\kappa$  はボルツ マン定数を, T は絶対温度を,  $\beta$  はフィルタの種類 によって決まる定数を, および l は陽極心線の長さを 表す. また雑音電荷と位置分解能  $4\chi^{sn}$  は次式で表わ される.

$$\frac{d\chi^{sn}}{l} = 2.35 \frac{Q_N}{Q} \tag{2}$$

ここでQは陽極心線に入射する総電荷量(クーロン) である.本実験の条件から $\eta \simeq 0.5$ ,  $T \simeq 300$ °C,  $\tau = 0.5 \mu$  sec,  $r = 1.94 \text{ k}\Omega/\text{m}$ 及び $l = 1.8 \text{m}^{18}$ とする と,(1)式および(2)式から,雑音電荷による位置分 解能 $4\chi^{sn}$ は

$$\Delta \chi^{sn} = \frac{1.25 \times 10^{-14}}{Q} (m) \tag{3}$$

と表わされる. この式と心線印加電圧が 2.0 kV, 2.2



Fig. 5. Position resolution of the 1.8 m single wire gas counter with SQS-mode for 50 MeV protons.

Table 1. Experimental and calculated position resolutions as a function of anode voltage.

Anode voltage	Resolution				
	Experiment			Calculation	(mm)
(kV)	(Channel)	(mm)	$\Delta \chi^{sn}$	$\Delta \chi^{ni}$	$\sqrt{\Delta\chi^{ni2}+\Delta\chi^{sn2}}$
2.0 2.2 2.3 2.4	9.7 6.6 7.1 4.5	13 8.9 9.6 6.1	5.01 1.26 0.81 0.52	2. 46 2. 08 1. 85 1. 64	5.6 2.4 2.0 1.7

kV, 2.3kV および 2.4kV のそれぞれの場合の電荷 量から Table 1 の *4*x<sup>sn</sup> を得る.

次に入射粒子がガス計数管面に対して斜めに入射す る効果について考えてみる。斜め入射による位置分解 能を 4x<sup>ni</sup> とするとこれは次式により表わされる<sup>19</sup>.

$$\Delta \chi^{ni} = \frac{1}{\sqrt{12}} d \cot \theta \frac{\delta E}{\Delta E}$$
(4)

ここで, d はガス計数管の厚さを, θ は入射粒子とガ

ス計数管面のなす角度を、4E は入射粒子の検出器ガ ス中でのエネルギー損失を表わし、 $\delta E$  はその広がり を表わす.実験条件 d=15 mm,および  $\theta=36^{\circ}$  と **Fig. 4** から各心線印加電圧に対する  $\delta E/4E$  を計算す ることで **Table 1** の  $4\chi^{ni}$  の値を得た.心線印加 電圧を上げることによって比例モードから SQS モ ードヘガス計数管の動作 モードを変えることで、位 置分解能が良くなる 傾向にあるのは、上で議論した



Fig. 6. Avalanche size as a function of the anode voltage for different incident particles.



Fig. 7. Positon resolution as a function of anode voltage.

ように、心線印加電圧が上がることで、陽極心線へ入 射する 総電荷量が 増大し 雑音電荷による 位置分解能  $d\chi^{sn}$ が向上すること、および  $\delta E/AE$  の値が SQS モードになると減少することにより斜め入射による位 置分解能の劣化が改善されることに起因していると考 えられる. 又 δE/ΔE の減少は, Fig. 4 の ΔE スペ クトルの形の変化にも表われている. 心線印加電圧 が 2kV の比例領域での *4*E スペクトルはエネルギ ーの高いほうのすその広がったランダウ形をしている が、2.2 kV、2.3 kV と印加電圧を上げるとこれがガ ウス型となり ôE/4E が小さくなったものと考えられ る. 2.4kV の場合の低いエネルギーの領域でのスペ クトルのすその広がりは、心線印加電圧を高くするこ とによってストリーマから離れた場所で光電離する確 率が増え20)、光電離によって生じた電子によって別の ストリーマの発生が増えたことによるものと考えられ る. 2.4 kV で 4E スペクトルがガウス型から崩れて いるが、 $\delta E/4E$  が それ程 大きくならなかったこと、 又, 陽極心線への入射電荷が大きくなったことで, こ の電圧で最高の位置分解能が得られたと思われる.し かし, このとき位置スペクトル上のバックグランドが 増加したが、このことも、光電離により発生したスト リーマによるものと解釈できる.

Fig. 7 に、位置スペクトルから得られた分解能お よび雑音電荷  $Q_N$ と斜め入射に基づく位置分解能の和 を、心線印加電圧の関数として表わした.実験と計算 による位置分解能は SQS モードになると良くなると いう傾向は両者とも示してはいるが、計算によって求 めた方の絶対値が小さくなっている.これはターゲッ トによるエネルギー損失、およびビームの揺らぎによ るものと考えられる.又 2.3 kV での実験の分解能が 2.2 kV の場合に比べて悪くなっているが、これは回 路系の調整が十分ではなかった為と考えられる.

**Fig. 6** に、50 MeV 陽子および 4.5 keV X線によ るなだれサイズの変化を示したが、同一電圧でも、入 射粒子により、なだれサイズが異なっている. これは 4.5 keV X線と 50 MeV 陽子の検出器ガス中でのエ ネルギー損失に差があるからである. X線の場合、 検出器ガス中で一度にそのエネルギーを失うが、50 MeV 陽子の場合、アルゴン+メタン 混合ガス (70 %: 30 %) 中で、約 11 keV/cm のエネルギー損失が あり、厚さ 1.5 cm のカウンター中を 36°の入射角で 通過する陽子は、約 26 keV のエネルギーをガス計数 管中で失うことになる.従って 4.5 keV X線と50 MeV 陽子のエネルギー損失の比は5.7 倍となる.こ のエネルギー損失の差が Fig.6 の差になって表われ ている.

## 5. 結 論

大阪大学 AVF サイクロトロンで加速された50 MeV 陽子を用いた SQS モードによる1.8m長単心 線ガス計数管のテストを行ない,次の結論を得た.

- 入射放射線がX線の場合のように、なだれサイズの比例領域から SQS 領域への遷移は観測されなかった。
- 4E スペクトルが比例領域から SQS 領域になるにつれて、ランダウ型からガウス型に変化し、エネルギー損失の広がりが小さくなることから、SQS モードが斜め入射に強いことが分った。
- SQS モードによる位置検出が可能であり、分 解能の改善が計られることが分った。
- しかし、SQS モードになるとストリーマが陽 極心線方向に広がりバックグランドが多くなる ことが分った。
- 5) 1.8 m長単心線ガス計数管を SQS モードで動 作させることで、1.5 mの比例計数管よりもむ しろ良好な分解能を得ることができた.

#### 謝 辞

本実験を遂行するに当って御協力いただいた大阪大 学核物理研究センターの近藤道也教授,池上栄胤教授 小方寛教授をはじめセンターの皆様に感謝いたしま す.

この研究は一部,文部省科学研究費試験研究(2)の 補助を受けていることを記し,関係者に謝意を表しま す.

## References

- H. Ikegami, S. Morinobu, J. Katayama, M. Fujiwara and S. Yamabe, Nucl. Instr. and Meth. 175 (1980) 335.
- 2) S. A. Korf, Electron and Nuclear Counters (Van Nostrand 1955) p. 13.
- 3) C. Grunberg, L. Cohen and L. Mathieu,

Nucl Instr. and Meth. 78 (1970) 102.

- S. Brehin, A. Berger, G. Marel, G. Tarte, R. Turlay, G. Charpak and F. Sauli Nucl. Instr. and Meth. 123(1975) 225.
- G. Charpak, G. Peterson, A. Policarpo and F. Sauli, IEEE Taans, Nucl. Soc. NS-25 (1978) 122.
- C. Battistoni, E. Iarocci, M. M. Massai, G. Nicoletti and L. Trasatti, Nucl. Instr. and Meth. 164 (1979) 57.
- 7) M. Atac, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-28 (1981) 492.
- T. Mulera, A. Del Guerra, V. Perez-Mendez, G. Schwartz, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-30 (1983) 355.
- 9) G. D. Alekseev, N. A. Kalinina, V. V. Karpukhin, D. M. Khazins and V. V. Kruglov, Nucl. Instr. and Meth. 177 (1980) 385.
- 10) N. Koori et al., to be published.
- M. Matoba, T. Sakae, H. Kametani, H. Ijiri, H. Kurokawa and K. Komatsu, to be published.
- 12) M. Matoba, K. Tsuji, K. Marubayashi, T. Shintake, H. Ikegami, T. Yamasaki, S. Morinobu, I. Katayama, M. Fujiwara and Y. Fujita, Nucl. Instr. and Meth. 180 (1981) 419.
- W. R. Kuhlman, K. H. Lauterjung, B. Schimmer and K. Sistemich, Nucl. Instr. and Meth. 40 (1966) 118.
- 14) M. Matoba, K. Tsuji, K. Marubayashi and T. Shintake, Nucl. Instr. and Meth. 165 (1976) 465.
- G. P. Westphal, Nucl. Instr. and Meth. 134 (1979) 387.
- M. Matoba, H. Kurokawa, T. Sakae, H. Ijiri, H. Kametani and K. Komatsu, to be published.
- 17) H. Kametani et al., to be published.
- 18) M. Matoba, T. Sakae, T. Yamasaki, S. Morinobu, I. Katayama, M. Fujiwara, Y. Fujita, H. Ikegami, H. Iida, Y. Aoki, Y. Toba, S. Kunori, K. Nagano, K. Hashimoto and K. Yagi, Nucl. Instr. and Meth. 196 (1982) 257.
- 19) H. Hafner and H. H. Duhm, Nucl. Instr. and Meth. 160 (1979) 273.
- 20) M. Atac and A. V. Tollestrup, Nucl. Instr. and Meth. 200 (1982) 345.