

報告番号 ^{*} 甲 第 2549 号

主論文の要旨

題名 新方式中性子位置検出型He-3比例
計数管の作製と応用に関する研究



氏名 瓜谷 章

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	瓜谷章
<p>本研究においては、炉物理あるいは炉工学実験に関連して現在その開発が強く要望されている、臨界集合体内の中性子束分布の迅速な測定方法に関する研究を行なった。まず始めに、従来の位置検出型比例計数管では不可能であった上記の測定を可能にするため、新たな原理に基づく信号読み出し法を考案し、この読み出し法を用いて位置検出を行なう計数管を作製した。次に、作製した計数管を用いて、考案した信号読み出し法の妥当性を検証するとともに、位置検出型比例計数管としての特性評価を行なった。最後に、本研究で新しく開発した位置検出型^3He比例計数管を用いて、京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)内の中性子束分布の測定を試みた。</p> <p>以下では、新しく考案した信号読み出し法、作製した計数管の諸特性、KUCA内の中性子束分布の測定結果について述べるとともに、これらの研究を通して得られた知見をまとめる。</p> <p>KUCA内への計数管の挿入を容易にするために、計数管の一端のみから信号を読み出し、位置検出を行なうことが可能な2種類の信号読み出し法、すなわち全電荷電極法と立上り時間分離法を考案した。</p> <p>全電荷電極法とは、抵抗陽極線の一端を、充分大きな容量のコンデンサーを介して交流的に接地するとともに、陽極線に平行に全電荷収集用の電極を配置し、これらの電極から得られる信号の波高を用いて、中性子の検出位置を知る方法である。コンデンサーとは反対側において、陽極線から得られる信号波高は、中性子検出すなわち$^3\text{He}(n,p)t$反応に引き続くガス増倍の結果生じる全電荷量と、中性子の検出位置に関する情報を有し、一方、全電荷収集用電極から得られる信号波高は全電荷量に関する情報のみを有する。したがって前者の波高を后者の波高で除すことにより、中性子の検出位置を知ることが可能となる。この読み出し法を採用することにより、2台の前置増幅器を計数管の片端にのみ接続することが可能になり、臨界集合体等の細い測定孔への計数管の挿入や、水中等での使用が容易になる。</p> <p>立上り時間分離法とは、抵抗陽極線の一端を適当な容量のコンデンサ</p>				

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

瓜谷章

ーで接地した場合に、コンデンサーとは反対側において観察される信号中の立上り時間の異なる2つの成分を用いて位置検出を行なう方法である。立上り時間が速い成分は、中性子検出に引き続くガス増倍の結果生じる全電荷量と、中性子の検出位置に関する情報を有し、一方立上り時間が遅い成分は全電荷量に関する情報のみを有する。したがって前者の波高を後者の波高で除すことにより、中性子の検出位置に関する情報を得ることが可能となる。この読み出し法を採用した計数管では、前置増幅器は原理的に1台のみしか必要としないので、全電荷電極法の場合と同様に、臨界集合体等の細い測定孔への計数管の挿入や、水中等での使用が容易になる。

これら2種類の信号読み出し法に基づく位置検出法について、等価回路を用いた理論的計算を行ない、原理の妥当性、予想される位置表示に関する積分直線性について検討した。そして位置検出原理の妥当性、位置表示に関する積分直線性とも満足できるものであることを確認した。同時に、接地コンデンサー容量や抵抗陽極線の抵抗値、あるいは波形整形増幅器の整形時定数が位置検出特性におよぼす影響に関して検討した。

全電荷収集用電極に複数本のワイヤーを用いた全電荷電極法を採用した有効長550mmのX線計数管を作製し、その特性を評価した。まずはじめに電気映像法を用いて行なった計数管内の電場計算に基づき、カソードワイヤーの本数、配置を決定した。次に、5.9keVのX線を用いて計数管の特性評価を行ない、考案した信号読み出し法が有効であることを実証した。

位置分解能としてはX線に対して1.3mm(相対分解能0.24%)を得た。同時に、位置分解能に位置依存性が存在することを見出し、この位置依存性は、電氣的雑音に起因する信号のゆらぎ成分の、位置演算(先に述べた除算)における伝播により生じていることを解明した。接地コンデンサーとして、適当な容量のものを選択すれば、良好な位置表示の積分直線性が得られることを実験および計算の両面から示した。接地コンデンサー容量を4,400pFとした場合、その積分非直線性は0.2%以下であっ

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	瓜谷章
------	-----	---	----	-----

た。これらの結果から全電荷電極法は、位置検出型比例計数管の位置検出法として十分実用に耐えうることを明らかにした。

立上り時間分離法を採用した有効長550mmのX線計数管を作製し、その特性を評価した。まず始めに、陽極線と、接地コンデンサーの容量を計算により検討した。立上り時間の遅い成分に関して適当な立上り時間を得るためには、陽極線には $15\mu\text{m}$ のニクロム線を選択する必要があることを示した。そして接地コンデンサーの容量としては、立上り時間の遅い成分の立上り時間、および信号に対するインピーダンスの観点から、2,000pF程度が適当であることを示した。次にX線を用いて計数管の特性評価を行ない、考案した信号読み出し法が有効であることを実証した。

立上り時間分離法に特有な現象として、アフターパルスが位置信号に影響を及ぼす現象が存在することを明らかにした。この現象の抑制方法として、フォトクエンチング作用の強い計数ガスを用いてアフターパルスの発生そのものを抑制する方法を考案するとともに、この方法により実際にこの現象を排除し得ることを実験的に示した。位置分解能としてはX線に対して4.4mm（相対分解能0.8%）を得た。また、全電荷電極法と同じ理由により、位置分解能に位置依存性が存在することを明らかにした。2台の波形整形増幅器について、適当な整形時定数の組み合わせを用いることにより、良好な位置表示の積分直線性が得られることを計算により示した。これを実験的に検証したところ、0.5%以内の積分非直線性が得られた。これらの結果から、立上り時間分離法は、位置検出型比例計数管の位置検出法として十分実用に耐えうることを明らかにした。

全電荷電極法を採用した有効長118cmの中性子位置検出型 ^3He 比例計数管を作製し、その特性を調べた。全電荷収集法には、2重管方式を用いた。まずはじめに、封じ切り方法による計数管の作製方法、作製の際の留意点について述べた。次に、位置検出型 ^3He 比例計数管としての動作の健全性を、パルス波高分布測定、中性子束分布測定を通して確認した。

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	瓜谷章
------	-----	---	----	-----

位置分解能としては1mmにコリメートした熱中性子ビームに対して、7.0mm（相対分解能0.6%）を得た。また、中性子位置検出型比例計数管における位置分解能について一般的に論じた。位置表示の積分直線性は良好であり、その積分非直線性は0.5%以下であった。

作製した位置検出型 ^3He 比例計数管を用いて、実際にKUCA内の中性子束分布の測定を試み、金線放射化法により得た結果との比較を通して以下の知見を得た。

位置検出型 ^3He 比例計数管によるKUCA内の中性子束分布の測定は十分可能である。ただし正常な位置測定が可能な中性子束の上限は、中性子あるいはガンマ線の検出パルスのパイルアップの観点から制限され、その上限値は中性子束分布のピークの位置で、約 $1 \times 10^5 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。また臨界集合体体系内で使用する場合の、みかけ上の位置分解能は2.7cmであった。

一方問題点としては、計数管、およびその挿入孔を通して中性子ストリーミングが生じるために、計数管を用いて測定した中性子束分布は、計数管がない場合のそれと比べて若干形状が異なることが挙げられる。そのほかにも、計数管の径方向について局所的な測定が困難であること、みかけ上の位置分解能があまり良くないこと、等の問題点はあるものの、位置検出型比例計数管により、臨界集合体内の中性子束分布を比較的正確に測定することが可能である。特にその測定時間の短さ、および金線放射化法では測定が困難な低中性子束領域での使用、低コスト、低被曝等の利点を考慮すれば、十分使用に値すると結論づけられる。