

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公表特許公報 ( A ) (11)特許出願公表番号

特表2002 - 541437

(P2002 - 541437A)

(43)公表日 平成14年12月3日(2002.12.3)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード <sup>*</sup> ( 参考 )
G 2 1 C 17/06		A 6 1 B 1/00 300 Y	2 G 0 7 5
A 6 1 B 1/00	300	G 0 2 B 23/24	2 H 0 4 0
G 0 2 B 23/24		G 2 1 C 17/08	4 C 0 6 1
G 2 1 C 17/08		19/02	C
19/02		G 2 1 F 7/00	K

審査請求 未請求 予備審査請求 ( 全 32数 ) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000 - 599037(P2000 - 599037)

(86)(22)出願日 平成12年2月8日(2000.2.8)

(85)翻訳文提出日 平成13年8月8日(2001.8.8)

(86)国際出願番号 PCT/DE00/00373

(87)国際公開番号 W000/48200

(87)国際公開日 平成12年8月17日(2000.8.17)

(31)優先権主張番号 199 05 970.5

(32)優先日 平成11年2月12日(1999.2.12)

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(81)指定国 E P ( A T , B E , C H , C Y ,  
D E , D K , E S , F I , F R , G B , G R , I E , I  
T , L U , M C , N L , P T , S E ) , J P , U S

(71)出願人 フラマトム アンプ ゲゼルシャフト ミ  
ット ベシュレンクテル ハフツング  
ドイツ連邦共和国 デー 91058 エルラン  
ゲン フライエスレーベンシュトラーセ  
1

(72)発明者 ウッケルト、ユルゲン  
ドイツ連邦共和国 デー 91080 マルロッ  
フシュタイン リングシュトラーセ 23

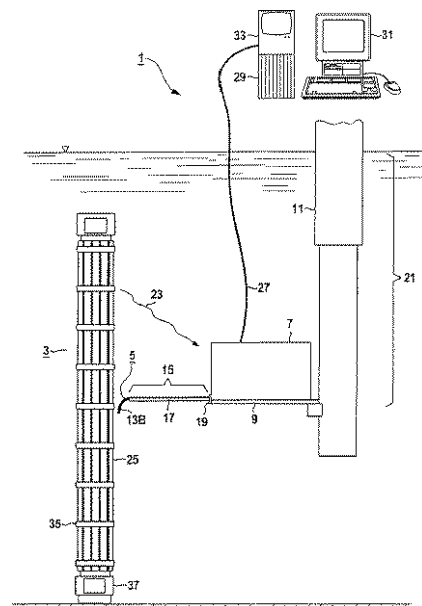
(74)代理人 弁理士 山口 巖

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料集合体の検査方法とそのための小形内視鏡

(57)【要約】

原子炉の燃料集合体(3)を水中で検査する方法と装置に関する。この装置は、防水容器(7)と遠隔制御される小形内視鏡(5)を備え、内視鏡(5)は、燃料集合体(3)に挿入され、燃料集合体の内側に位置する接近し難い部位(25、35、37)を、燃料集合体(3)を損傷することなく検査する。防水容器(7)は、少なくとも撮像装置(81)の電子受像装置(43)、光源(45)および内視鏡の他端に接続され放射線(23)から防護されている調整装置(67A、67B)のアクチュエータ(47A、47B)を収容する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 原子炉の燃料集合体(3)の部位、例えば燃料棒(25)の表面あるいは燃料集合体脚部(37)又はスペーサ(35)の接近し難い部位を検査する装置において、内視鏡(5)および防水容器(7)を有し、内視鏡(5)が内視鏡対物レンズ(53)を支持する交換可能な末端部(13A、13B)を備え、防水容器(7)内に、少なくとも撮像装置(81)の電子受像装置(43)、光源(45)および内視鏡の他端に接続され放射線(23)から防護されている調整装置(67A、67B)のアクチュエータ(47A、47B)が配置されたことを特徴とする燃料集合体の検査装置。

【請求項2】 光源(45)の光を内視鏡の対物レンズ側端から照射する照明装置(83)を有することを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 内視鏡の少なくとも末端部(13A)を少なくとも移動および/又は回転するための調整装置(67A)が設けられたことを特徴とする請求項1又は2記載の装置。

【請求項4】 内視鏡の末端部(13B)が可撓性を有することを特徴とする請求項1ないし3の1つに記載の装置。

【請求項5】 原子炉の燃料集合体(3)の部位、例えば燃料棒(25)の表面あるいは燃料集合体脚部(37)又はスペーサ(35)の接近し難い部位を検査する装置において、内視鏡対物レンズ(53)を支持するたわみ末端部(13B)を備えた内視鏡(5)と、少なくとも末端部(13B)を曲げるために設けられた調整装置(67B)と、末端部(13B)から光を照射するために設けられた照明装置(83)と、内視鏡の他端における撮像装置(81)とを備えることを特徴とする燃料集合体の検査装置。

【請求項6】 内視鏡の末端部(13B)が少なくとも10mm、好適には約50mmの長さにわたり可撓性を有することを特徴とする請求項4又は5記載の装置。

【請求項7】 内視鏡の末端部(13B)が10mm以上の曲率半径で曲げるために適用されることを特徴とする請求項4ないし6の1つに記載の装置。

【請求項8】 末端部(13B)が2つの方向に、特に全面方向に柔軟性を

有することを特徴とする請求項4ないし7の1つに記載の装置。

【請求項9】 調整装置(67A、67B)が、内視鏡対物レンズ(53)に取り付けられた機械ケーブル(51A、51B)と、この機械ケーブル(51A、51B)を作動するための少なくとも1つのアクチュエータ(47A、47B)とを有する特徴とする請求項4ないし8の1つに記載の装置。

【請求項10】 内視鏡(5)の中央部(15)を案内するための剛性部分(17)を有することを特徴とする請求項4ないし9の1つに記載の装置。

【請求項11】 内視鏡(5)から提供される映像(79)を撮影するために撮像装置(81)に電子カメラ(43)を有することを特徴とする請求項4ないし10の1つに記載の装置。

【請求項12】 内視鏡(5)の対物レンズ側端に、端面側光学開口(59)を有することを特徴とする請求項4ないし11の1つに記載の装置。

【請求項13】 照明装置(83)および撮像装置(81)が、少なくとも1つの光ファイバ(55A、55B)、好適には少なくとも1つの単繊維束(57)を有することを特徴とする請求項4ないし12の1つに記載の装置。

【請求項14】 映像と光とを伝送するため、別個の光ファイバ(55A、55B)が設けられたことを特徴とする請求項4ないし13の1つに記載の装置。

【請求項15】 照明装置(83)が、実質的に白色光、好適には昼色光を発生することを特徴とする請求項4ないし14の1つに記載の装置。

【請求項16】 内視鏡の少なくとも末端部(13A、13B)を交換するためのフランジ(19)を有することを特徴とする請求項4ないし15の1つに記載の装置。

【請求項17】 内視鏡(5)を撮像装置(81)、照明装置(83)および少なくとも1つのアクチュエータ(47A、47B)に連結するためのフランジ(19)を有することを特徴とする請求項4ないし16の1つに記載の装置。

【請求項18】 内視鏡(5)、撮像装置(81)、照明装置(83)および調整装置(67A、67B)が、耐放射線(23)性を有することを特徴とする請求項4ないし17の1つに記載の装置。

【請求項19】 内視鏡(5)が防水性を有することを特徴とする請求項4ないし18の1つに記載の装置。

【請求項20】 受像装置(43)および/又は照明装置(83)が、遮蔽体(61)によって放射線(23)から防護されたことを特徴とする請求項4ないし19の1つに記載の装置。

【請求項21】 容器(7)および遮蔽体(61)が、燃料集合体に対し少なくとも0.5mの距離を隔てて、放射線から防護されたことを特徴とする請求項4ないし20の1つに記載の装置。

【請求項22】 撮像装置(81)、調整装置(67A、67B)および照明装置(83)の電気部品が、特に10mより深い水深(21)に対し防水されたことを特徴とする請求項4ないし21の1つに記載の装置。

【請求項23】 少なくとも撮像装置(81)、調整装置(67A、67B)および照明装置(83)を支持する取付け枠(9)を有することを特徴とする請求項4ないし22の1つに記載の装置。

【請求項24】 撮像装置(81)で発生した映像(79)を記憶および/又は再生するための映像表示および/又は録画装置を有することを特徴とする請求項4ないし23の1つに記載の装置。

【請求項25】 内視鏡(5)を遠隔制御するための制御装置(31)と、光源(45)、撮像装置(81)および少なくとも1つのアクチュエータ(47A、47B)に給電するための電気エネルギー供給装置(29)とを有することを特徴とする請求項4ないし24の1つに記載の装置。

【請求項26】 原子炉において水中に配置された燃料集合体(3)の部位の表面を検査するために、可撓性の内視鏡(5)を利用することを特徴とする内視鏡の利用方法。

【請求項27】 原子炉において水中に配置された燃料集合体(3)の部位、例えば燃料棒(25)の表面、燃料集合体脚部(37)あるいはスペーサ(35)の接近し難い部位を検査する方法において、内視鏡対物レンズ(53)を支持するたわみ末端部(13A、13B)を備えた内視鏡(5)を、調整装置(67A、67B)、照明装置(83)および撮像装置(81)と共に、水中におい

て燃料集合体（３）に近づけ、続いて、末端部（１３Ａ、１３Ｂ）を燃料集合体（３）の部分部位（８９）に、この部分部位（８９）が内視鏡（５）の視野（６５）に入るように繰り出し、そして、その部分部位（８９）および内視鏡の移動および末端部（１３Ａ、１３Ｂ）の湾曲によって内視鏡（５）の視野（６５）に入る他の部分部位（８５）を検査し、その視野（６５）を照明装置（８３）で照らすことを特徴とする燃料集合体の検査方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

本発明は、電子受像装置と光源と調整装置とに接続され遠隔制御される内視鏡によって、原子炉の燃料集合体を検査する装置に関する。また本発明は、その内視鏡の利用、および原子炉において水中に配置された燃料集合体を内視鏡で検査する方法に関する。これによって、例えば燃料棒の表面あるいは燃料集合体脚部あるいはスペーサの接近し難い部位を検査する。

**【0002】**

原子炉の燃料集合体を検査するために、燃料集合体は一般に実見され、視覚的に検査される。その視覚的検査は、燃料集合体を原子炉において初めて採用する際、採用サイクルの経過後、あるいは燃料集合体の交換時に行われる。燃料内に存在する核種の崩壊に基づいて、燃料集合体から放射線が出る。従って、燃料集合体の視覚的検査は、一般に原子炉の水槽内において水中で、たいていは10m以上の水深、一部では30m迄の水深で行われる。

**【0003】**

燃料集合体製造における最終試験、あるいは原子炉への供給後における燃料集合体の品質検査において、その検査は水中ではなく検査室内で行われる。原理的にはこの目的のためにも、原子炉の燃料集合体検査装置を採用できる。

**【0004】**

燃料集合体外側表面の検査以外に、特に内部部位の視覚的な検査も望ましい。

**【0005】**

米国特許第4036686号明細書に、ボロスコープ(Boroskop)付き装置、即ち鏡を介して送像する円筒状のシステムが記載されている。このボロスコープは例えば燃料集合体内の流路に挿入され、集合体内部から映像を伝える。もっともこれには可撓性がなく、燃料集合体、例えば燃料集合体脚部あるいはスペーサの任意の（特に接近し難い）部位を検査することはできない。

**【0006】**

米国特許第4229069号明細書により、電離性放射線域で利用するための内視鏡、特に放射性の強い材料を観察するための内視鏡が提案されている。しか

しそれは遠隔制御できず、従って燃料集合体の検査には適用できない。もっともここでは、内視鏡に耐放射線性を与える処置が提案されている。例えばガラス繊維材料の構成物を設ける。また内視鏡の燃料集合体側部分の温度を安定させるための加熱装置が提案されている。更にまた内視鏡を、放射線から防護するため、強固な管や可撓性の金属ハウジング中に設けている。

【0007】

米国特許第5152957号明細書に示された内視鏡は、特に燃料集合体の流路内における異物を発見し除去するための掃除装置の一部である。それは剛体であり、異物および掃除装置の撮像を、長いガラス繊維を介して水面上にあるカメラ迄案内する。従ってその内視鏡は、燃料集合体の全ての部位、特に接近し難い部位を検査するために適用できない。更に放射線によるガラス繊維の重大な損傷は避けられず、燃料集合体の検査が害される。ガラス繊維は被検査燃料集合体の全長にわたって延び、長過ぎる。従って、このガラス繊維はその全長の大部分にわたって、電離性放射線に基づいて放射化学分解に曝される。これは映像を弱めてしまい、その映像はガラス繊維の通過中に輝度を失う。

【0008】

本発明の課題は、燃料集合体の内部に位置する（特に接近し難い）部位を、強い放射線中でも検査できるようにすることにある。

【0009】

この課題は、本発明の第1形態に基づき、原子炉の燃料集合体の部位、例えば燃料棒の表面あるいは燃料集合体脚部又はスペーサの接近し難い部位を検査する装置において、内視鏡および防水容器を有し、内視鏡が内視鏡対物レンズを支持する交換可能な末端部を備え、防水容器内に、少なくとも撮像装置の電子受像装置、光源および内視鏡の他端に接続され放射線から保護された調整装置のアクチュエータを配置することにより解決される。

【0010】

本発明はこの第1形態において、燃料集合体の直近で視覚的に検査する際、内視鏡が放射線から十分に防護されないという認識から出発する。確かに、米国特許第4229069号明細書が既に基本的に述べているように、耐放射線性を高

めるための処置はとられる。しかし放射線による内視鏡の損傷は避け難い。従って、少なくとも内視鏡の最大負荷部分、即ち燃料集合体内に突出する部分（つまり内視鏡の末端部）を交換可能とする。好適には交換可能な部分は、容易に、迅速にかつ安価に取り換えられねばならない。通常の内視鏡は、燃料集合体の直近において少なくとも正味1時間の十分長い時間にわたり高品質に検査できる。

#### 【0011】

更に、内視鏡は本発明に基づき丁度必要な長さに短く構成され、特に燃料集合体に対し垂直に配置される。これにより、例えば米国特許第5152957号明細書に記載のように、燃料集合体の全長にわたり水面上にある接眼レンズ迄内視鏡を案内するときに強く生ずる内視鏡の放射化学的分解が、十分に抑えられる。

#### 【0012】

即ち本発明に基づいて、内部に各種容器を収納する容器を、燃料集合体を検査するために、内視鏡と共に燃料集合体に近づける。内視鏡は長い放射線作用を受けた後で簡単に取り換えられねばならないが、防水容器内の上述の装置は、放射線から防護されているので、定期的に取り換える必要はない。

#### 【0013】

本発明の上述の第1形態における有利な実施態様では、光源の光を内視鏡の対物レンズ側端から照射する照明装置が設けられる。これは、燃料集合体の部位を視覚的に検査するために、内視鏡の視野における興味ある部位を直に照らせるという利点を有する。この本発明に基づく方式の場合、内視鏡の視覚方向と異なった方向からランプによる光を当てる間接照明に比べて、陰影の発生を避け、かくして視覚的検査の品質を向上できる。

#### 【0014】

特に本発明に基づく装置の実施態様では、内視鏡の少なくとも末端部を少なくとも移動および/又は回転するための調整装置を設ける。即ち本発明の第1形態では、剛性内視鏡も利用できる。従って、例えば上述の調整装置を介しての内視鏡の少なくとも末端部の傾動や揺動による運動は、内視鏡の視角を増大し、これに伴い内視鏡が剛体であっても、この装置による燃料集合体の検査可能部位を増大する。同様に、内視鏡の少なくとも末端部の回転は、特に剛性内視鏡が対物



レンズ側端にプリズムを装備しているとき、視角、即ち通達範囲を増大させる。

【0015】

特に本発明の第1形態において、末端部が可撓性を有すると有利である。特に可撓性の末端部付き内視鏡を備えた装置は、内視鏡が特にスペーサセル（小室）や燃料集合体脚部セル（小室）内に曲げ入れられるので、燃料集合体、例えば燃料集合体脚部やスペーサの接近し難い部位を検査するために利用される。即ちその検査は、燃料集合体を開く必要なしに行える。その場合必要に応じて、剛性内視鏡は、少なくとも末端部が可撓性を持つ内視鏡で交換される。

【0016】

これに伴い、本発明の第2形態において、原子炉の燃料集合体の部位、例えば燃料棒の表面や燃料集合体の脚部又はスペーサの接近し難い部位を検査する装置は、内視鏡対物レンズを支持するたわみ末端部を備えた内視鏡と、少なくとも末端部を曲げるために設けた調整装置と、末端部から光を照射するために設けた照明装置と、内視鏡の他端における撮像装置とを備えることとなる。

【0017】

本発明は第2形態において、内視鏡、特に剛性内視鏡の燃料集合体への挿入時に、燃料集合体並びに内視鏡が損傷することがあるという認識から出発する。この恐れは、内視鏡が燃料集合体にたまたま突き当たるか引っ掛かり、両者に大きな機械力が作用したときに生ずる。これは時には實際上避けられない。つまり内視鏡の採用は、内視鏡が10～30mあるいはそれ以上の距離にわたり2～3mmの精度で精確に調整できることをしばしば必要条件とする。それに応じ、可撓性の内視鏡は燃料集合体に非常に少ない抵抗で挿入でき、挿入時に実際、例えば燃料集合体への挿入時にその状態に応じ変形することで自ずから調整する。そのため、或る角度迄柔軟性を示す、例えば金属管を利用するのが有利である。かかる管の剛性は、例えば内視鏡の自重を支えるのに十分であり、これによって、その管は曲がった後でその形状にとどまる。この管は放射線に対し顕著に防護する必要がなく、従って所望の柔軟性をもって作れる。ちなみに、内視鏡は医療用内視鏡のように構成できる。ただかかる公知の内視鏡の繊維束と比べ、放射線に対しできるだけ鈍感な材料を利用するのが望ましい。そのための、例えばガラス等

の材料は、米国特許第4229069号明細書に記載されている。

【0018】

本発明の第2形態は、可撓性の内視鏡の曲がり調整装置により制御できることを利用する。内視鏡の少なくとも末端部を曲げるために調整装置を用い、既に述べたように、特に燃料集合体の接近し難い部位の検査のため、内視鏡の達成可能な視角を増大させる。しかし内視鏡を燃料集合体の凹所や角に曲げ入れれば、剛性の内視鏡では到達できない燃料集合体の部分部位も、視野に入れられる。

【0019】

また本発明の実施態様では、例えば影が生じるのを避け、検査品質の向上をはかるために、内視鏡から光を発するための照明装置を備える。内視鏡の他端にある撮像装置は、内視鏡で発生した映像を撮影するために使われる。この実施態様は特に、燃料集合体脚部、スペーサあるいは燃料棒間に引っ掛かっている異物を探索するためにも採用される。

【0020】

本発明に基づく装置において、末端部が少なくとも10mm、好適には約50mmの長さにわたり可撓性を有すると有利である。特に、末端部が10mmより大きな曲率半径で曲げるために適用されると有利である。更に、末端部が2つの方向に、特に全面方向に柔軟性を有しているとよい。内視鏡のたわみ長さ、末端部の曲率半径および曲げ方向は、本発明に基づき、検査時における状態の要件に合わせねばならず、これは、種々の異なった内視鏡の選定によって行える。

【0021】

上述の調整装置は、内視鏡の末端部を少なくとも曲げるために、内視鏡対物レンズに取り付けられた機械ケーブルを備えると有利である。この機械ケーブルは例えば2本の牽引ケーブルあるいは4本以下の牽引ケーブルを有する。このケーブルを作動するために、少なくとも1つのアクチュエータが使われる。このアクチュエータは、好適には、例えば後述するように制御装置を介して遠隔制御される。他の実施態様の調整装置は、例えば剛性構造物およびこの剛性構造物を内視鏡対物レンズと共に回転するためのアクチュエータを有する。この調整装置は、特に剛性内視鏡の場合に設けられ、好適には、末端部の端面側に内視鏡対物レン

ズあるいはプリズムを備えた内視鏡に設けられる。

【0022】

本発明に基づく装置の他の実施態様では、内視鏡の中央部を案内するための剛性部分を設け、これによって内視鏡を安定化する。そのため、例えば内視鏡を設置するための強固な管や案内レールを設ける。しかし、完全に剛体ではなく、曲げることができ、続いて曲がった形状に留まるような金属ホース例えば波形ホースも利用できる。これは特に、全長にわたり可撓性を持つ内視鏡に適する。

【0023】

本発明に基づく装置の他の実施態様では、内視鏡から得た映像の撮影のため、撮像装置に電子カメラが設けられる。これは例えば白黒カメラやカラーカメラである。このカメラは頑丈で低雑音である。ビデオカメラ、CCDカメラ、CMOSカメラが適している。少なくとも400走査線の各種カメラが有利である。

【0024】

更に本発明に基づく装置において、内視鏡の対物レンズ側端に端面側光学開口を設けるとよい。これは、末端部から光を発するためにも使える。この光は、本発明に基づく装置の照明装置の光源から発せられる。照明および撮像装置が、少なくとも1つの光ファイバ、好ましくは単繊維束を有すると有利である。更に本発明に基づき、映像と光を伝送するために、別個の光ファイバを設けると有利である。即ち本発明に基づく課題を解決するため、映像と光との伝送のために、少なくとも1つの単繊維束を設ける。好適には、これは1000本までの水晶単繊維の映像・光導体を有する。本発明に基づき、照明装置は、実質的に白色光、好適には昼色光を発生すべく設計される。これは、約5000～7000Kの色温度に相当するスペクトルを発する高圧ガスランプ、例えば高圧キセノンランプを適切に選択することで実現できる。そのランプの電力は約100Wとなる。

【0025】

本発明に基づく装置に、内視鏡の少なくとも末端部を交換するためのフランジを設けるとよい。このフランジは、内視鏡を撮像装置、照明装置および少なくとも1つのアクチュエータに連結するために用いる。本発明に基づき、内視鏡、撮像装置、照明装置および調整装置が、耐放射線性を有すると有利である。特に内

視鏡には防水性も与える。更に本発明に基づき、受像装置および／又は照明装置を、遮蔽体により放射線から防護する。本発明に基づいて、容器および遮蔽体を、燃料集合体に対し少なくとも0.5mの距離を隔てて、放射線から防護するとよい。内視鏡の他に、撮像装置、調整装置および照明装置にも防水性を与える。本発明に基づき、撮像装置、調整装置および照明装置の電気部品を、特に10m以上の水深、好適には30m迄の水深に対し防水するのが望ましい。更に、燃料集合体に対して約0.5m隔てられる他の重要な構成要素が、約 $10^8 \sim 10^{10}$  mrad / 時の放射線出力に対し耐性を有するか防護されると有利である。

#### 【0026】

この目的のため、例えば受像装置や照明装置には低雑音構成要素を用いる。更に内視鏡について、耐放射化学材料を利用し、例えば内視鏡対物レンズおよび／又は内視鏡接眼レンズについて、セリウム添加レンズを利用する。

#### 【0027】

例えば鉛板あるいは放射線安全箱が十分な放射線遮蔽作用を提供する。カメラや別の敏感な部品は、放射線を遮蔽する意味で燃料集合体から大きく距離を隔てるのが有利であり、そのための空間を設けるために、燃料集合体の近くに放射線に僅かしか感じない部品（例えば光源）を配置する。

#### 【0028】

フランジは、少なくとも10m以上、好適には30m迄の水深に対して防水性を持つ。更に、装置の十分良好な運転には、高圧ガスランプの発熱のために、防水ハウジングの放熱が必要である。

#### 【0029】

本発明に基づく装置は、好適には、少なくとも撮像装置、調整装置および照明装置を支持する取付け枠を備える。この枠は、位置マニピュレータに取り付けるとよい。該マニピュレータは、例えば原子炉において燃料集合体貯蔵槽の縁から遠隔制御される。即ち、このようにして、内視鏡の運転に直接必要な全ての装置は、内視鏡と共に燃料集合体に近づけられ、即ち検査中には水中に存在する。撮像装置で発生した映像を記憶および／又は再生するための映像表示装置と録画装置も備えると有利である。これらは特に水面上に配置する。これら装置は、燃料

集合体を検査する観察員によってのぞかれ、燃料集合体の部分部位の映像は、例えばモニター上に表示され、例えばビデオカセットに記憶される。

#### 【0030】

それに応じ、本発明の有利な実施態様に基づく装置は、内視鏡を遠隔制御するための制御装置も備える。同様にこの装置はまた、光源、撮像装置および少なくとも1つのアクチュエータに給電するための電気エネルギー供給装置を有する。好適には、上述の制御装置およびエネルギー供給装置は、同様に水面上に配置され、観察員により操作される。好適には、実際に放射線に対して鈍感な電気配線および制御配線だけが、燃料集合体に沿って水中を上述の容器迄導かれる。

#### 【0031】

原子炉において水中に配置された燃料集合体の部位の表面を検査するため、可撓性の内視鏡を、特に水中に配置したカメラと関連して利用することも本発明の枠内にある。既に述べたように、可撓性の内視鏡の利用は、燃料集合体の検査可能な部位を増大し、検査品質を向上する。内視鏡の少なくとも内視鏡末端部の非常に経済的な交換可能性によって、例えば米国特許第4036686号明細書に開示された、高度に防護された内視鏡材料においてさえも必然的に生ずる内視鏡材料の放射化学分解を大幅に回避できる。

#### 【0032】

本発明は、原子炉で水中に配置した燃料集合体の部位、例えば燃料棒の表面、燃料集合体脚部ないしスペーサの接近し難い部位を検査する方法を提供する。この方法では、先ず内視鏡対物レンズを支持する可撓性の末端部を備えた内視鏡を調整装置、照明装置および撮像装置と共に、水中において燃料集合体に近付け、次の工程で、末端部を燃料集合体の部分部位に、該部位が内視鏡の視野に入るように繰り出す。好適には、内視鏡の視野を、約1～3cmの焦点深度および60°迄の対物レンズ口径により決定する。更に、内視鏡の視野を、例えばズーム対物レンズによって広げあるいは柔軟に調整する。視野を変化させる他の装置は、光ファイバと撮像装置との間に配置した交換可能な光学系（いわゆる「結合器」）である。これは例えば内視鏡の交換可能な可撓性の接眼レンズに関する。そして、燃料集合体の前述の部分部位、および内視鏡の移動と末端部の湾曲とにより

内視鏡の視野に入る他の部分部位を検査し、その視野を照明装置で照らす。

【0033】

このようにして、燃料集合体の実質的に全部位を、視覚的に検査できる。

【0034】

以下図を参照して本発明の有利な実施例を詳細に説明する。なお各図において同一部分には同一符号を付してある。

【0035】

図1は燃料集合体3の検査装置1の構成を示す。この装置1は、内視鏡5と放射線遮蔽防水容器7とを備える。該容器7は取付け枠9により支持されている。この枠9は位置マニピュレータ11に取り付けられ、該マニピュレータ11は内視鏡5および容器7を燃料集合体5に近付けるために設けている。この実施例で、内視鏡5は可撓性の末端部13Bを有し、内視鏡5の中央部15は剛性部品17、ここでは案内レール17で保持されている。内視鏡5はフランジ19を介して容器7に防水的に連結されている。このフランジ19は内視鏡5を交換しかつ容器7内に収容した装置(図3を参照して後述)を連結するために使われる。

【0036】

即ち内視鏡5は、燃料集合体の検査のために、位置マニピュレータ11を介して容器7と共に水深21迄燃料集合体3に近付けるために設けている。それに応じ、必要な全ての構造部品は防水され、放射線23から防護されている。上記部品とは、少なくとも受像装置43、照明装置45(図3)および少なくとも1つのアクチュエータ47A、47B(図4、図5)である。従ってこの検査装置1は、燃料集合体3の部位、特に燃料棒25の表面や燃料集合体の他の部位、例えば図2に示したような接近し難い部位を検査するために考慮されている。

【0037】

この実施例では、内視鏡5を制御し、容器7内の装置に電気エネルギーを供給するための配線27が、エネルギー供給装置29と制御装置31に対する唯一の接続線を形成している。エネルギー供給装置29と制御装置31は、例えば原子炉の燃料集合体貯蔵槽の縁に配置してある。そこには、その場所で作業員による内視鏡5の遠隔制御と可視検査が行えるよう、映像表示装置33をも配置するとよい。

## 【0038】

図2は、燃料集合体3の接近し難い部位、例えばスパーサ35や燃料集合体脚部37の部位を検査するための2つの行動を例示する。例えばスパーサセル39や燃料集合体脚部セル41の検査は、内視鏡5の可撓性の末端部13Bを、セル39、41に曲げ入れることによって行う。かくして、この接近し難い部位についても、例えば腐食表面を見つけ或いは異物を発見することができる。

## 【0039】

図3は、内視鏡5、放射線遮蔽防水容器7およびこの容器7内に収納された装置を示す。位置マニピュレータ11の下部とこれに設けた取付け枠9とが見えている。取付け枠9は容器7と内視鏡5を支持している。図1の場合と同様に、制御用および電気エネルギー供給用の配線27も見えている。この配線27は水面上の制御装置31およびエネルギー供給装置29に向けて上向きに延びている。

## 【0040】

この実施例において、内視鏡5は可撓性の末端部13Bを有し、内視鏡5の中央部15は剛性部分17で支持されている。更にこの実施例において、内視鏡5はこれを交換するために、フランジ19を介してハウジング(容器)7に連結されている。フランジ19は、容器7と同様に少なくとも水深10m迄、好適には少なくとも水深30m迄の防水性を持つ。同様にフランジ19は、内視鏡5を光源45、電子式受像装置43、この場合には電子カメラ43および2つのアクチュエータ47Bにそれぞれ連結するために使われる。

## 【0041】

アクチュエータ47Bは、機械ケーブル51Bを介し内視鏡5の可撓性の末端部13Bを曲げるために設けてある。この目的に沿い、機械ケーブル51Bを内視鏡5の末端部13Bの正面端49にある内視鏡対物レンズ53(図4、図5)に接続し、アクチュエータ47Bを介して作動させる。光源45から光ファイバ55Aが出ている。この光ファイバ55Aは、電子式受像装置43に通じる像送用光ファイバ55Bと共に、単繊維束として、内視鏡対物レンズ53(図4、図5)迄延びている。かくして、一方では内視鏡5から供給される映像を電子カメラ43に導き、他方では光源45から出る光を、内視鏡5の末端部13Bの端面

側端49にある端面側光学開口59（図5）に導く。

【0042】

少なくとも光源45と電子カメラ43を放射線23から防護するため、容器7の他に、この容器7の内部にある別の保護装置ないし遮蔽体61が使われる。その遮蔽体61として例えば鉛板が使用される。更に容器内部の装置は、敏感な部品、この場合は電子カメラ43が放射線源、即ち燃料集合体3から遠く離れるように、配置されている。

【0043】

既述のとおり約6000Kの色温度、即ち昼色光に近似した色温度のスペクトルを発する光源として、ここでは例えば高圧キセノンランプを使う。それに伴い光源45の光と、映像を電子カメラ43に伝達するための光ファイバ（光導体）55A、55B、57の透明窓とは広帯域でなければならない。更に、少なくとも光源45の近くでハウジング7に冷却フィン63を設けている。この冷却フィン63は光源45で生ずる熱を良好に放熱するために用いる。案内レール17は、図3の実施例に基づき、内視鏡5の中央部15を支持するだけでなく、映像および光を伝えるためにハウジング7から出ている繊維束57も支持する。

【0044】

図4は、内視鏡の末端部13Aの有利な実施例を例示し、これは好ましい形状の調整装置67Aを備えている。この末端部13A付き内視鏡5は、例えば金属やPVC製の剛性管69で包囲してある。図4に示す実施例において、内視鏡5はその端面49を閉じているが、それに応じて横側光学開口75を有している。視野65を照明するための光は、その横側光学開口75を通して出ざるを得ず、内視鏡5で発生した、例えば燃料集合体の部分映像は、この開口75を通して撮影せねばならない。剛性管69内部の単繊維光ファイバ束は、映像と光を伝えるために用いている。この実施例では、レンズ53とプリズム73を内視鏡対物レンズとして使っている。横側光学開口75は対物レンズ絞りとして機能する。必要な場合、この対物レンズの代わりに、例えば内視鏡の焦点深度や倍率のような光学特性を可變的に調整するために、ズーム対物レンズを置いてもよい。内視鏡の他端に、防水容器7に連結するためのフランジ19が存在する。図4における



フランジ19は、放射線遮蔽防水容器7の内外においてガラス繊維束57および機械ケーブル51Aを連結するためのブッシング58（概略的に図示）を有している。図4に示す機械ケーブル51Aは、この実施例の場合、内視鏡5の対物レンズ53付き末端部13Aを角度 $\theta$ だけ回転するために設けた剛性機械ケーブルである。図4に示すように、この剛性内視鏡5の軸線を中心とした角度 $\theta$ にわたる回転は、調整装置67Aの一部としてのアクチュエータ47Aによって行う。かくして、内視鏡5の視野65を交換可能な剛性末端部13Aによって回転させるので、視角を回転角度 $\theta$ の調整により変化させられる。

#### 【0045】

同じようにして、調整装置67Aは剛性内視鏡を傾動するためにも使える。傾動角度 $\theta$ だけ傾動する場合も、内視鏡の視角が変化する。

#### 【0046】

図5は、燃料集合体を検査するための交換可能な可撓性の末端部13Bを備えた内視鏡5の有利な実施例を示す。かかる可撓性の末端部13Bに適する調整装置67Bも示してある。この場合、可撓性の末端部13Bを可撓性のホース71により包囲している。このホースは特に可撓性のPVCホース71や金属波形ホース71である。更に内視鏡はこのホース71により水密に閉じられている。

#### 【0047】

この実施例で可撓性の末端部13Bは、端面49に端面側光学開口59を有している。正面端に導かれた光はこの光学開口59を通して入射し、内視鏡5で発生した映像が撮影される。即ち、可撓性の末端部13Bを持つ内視鏡の視野65は、内視鏡の端面側端から出発している。内視鏡の端面側光学開口59の後ろに、内視鏡対物レンズ53を配置してある。このレンズ53は、ここでは単一のレンズとして略示している。このレンズ53に、光を案内し映像を導くための単ガラス繊維束57が続く。内視鏡5の末端部13Bの可撓性のホース71内を、ガラス繊維束57の他に、内視鏡対物レンズ53に取り付けられた可撓性の機械ケーブル51Bも導かれている。この可撓性のケーブル51Bは、図4に示す剛性機械ケーブル51Aと異なり、少なくとも内視鏡の末端部13Bを曲げるために使用する。従って機械ケーブル51Bは、末端部13Bを全面方向に曲げるため

に、4つの点56で内視鏡対物レンズ53に接続している。これら固定点56は、内視鏡対物レンズ53において互いに直角に延びる2つのガリレオ座標軸の先端に置いてある。図5においても、図4に示す方式と同様に、フランジ19は、可撓性の末端部13B付きの内視鏡を放射線遮蔽防水容器7に連結するため、又は可撓性の末端部13B付きの内視鏡5を交換するために用いる。更に、図5に示すフランジ19は、ガラス繊維束57および可撓性の機械ケーブル51Bを容器7内の装置に連結するために適したブッシング58を有している。

#### 【0048】

図5は、可撓性の末端部13B付きの内視鏡に対する調整装置67Bを概略的に示す。この場合、調整装置67Bは、末端部13Bを全面方向に曲げるためのたわみ機械ケーブル51Bを備える。この実施例において、機械ケーブル51Bは、金属製の4本の牽引ケーブルを有し、その牽引ケーブルは2本一対でアクチュエータ47Bによって調整される。あるいはまた2本の牽引ケーブルでも実施できる。各対の2本の牽引ケーブルは、それぞれガリレオ座標軸に内視鏡対物レンズ53の相対する側に取り付けられている。各対の牽引ケーブルが両アクチュエータ47Bの一方によって行程S<sub>v</sub>ないし行程S<sub>h</sub>だけ相対変位されたとき、対物レンズ53が水平ないし垂直軸を中心として傾動され、それに応じ、内視鏡5の末端部13Bが曲げられる。

#### 【0049】

図6は、燃料集合体に対する検査装置1の他の有利な実施例を示す。ここでは、可撓性の末端部13Bを横断面図で略示し、また撮像装置81および照明装置83の一部を概略的に示している。内視鏡5の末端部13Bの横断面図に、可撓性の内視鏡外被管71、牽引ケーブル51B、光ファイバ55Aおよび内視鏡軸線に沿って配置された映像導体55Bを、横断面図で示してある。この実施例では、上述の検査装置、特に内視鏡5の実施例と異なり、内視鏡の末端部を全方向に曲げるべく3本の牽引ケーブル51Bを設け、3つの別個のガラス繊維束を、映像導体55Bと別個の光ファイバ55Aとして使う。これら光ファイバ55Aは、内視鏡外被管71の内部でフランジ(図示せず)を貫通して容器7の内部にある光源45迄延び、それに応じ映像導体55Bも受像装置43迄、同様に容器

7内を延びている。この装置43は、映像ガイド55Bから伝えられる映像79を撮影するために使う。図6は接眼レンズ77をも概略的に示す。このレンズ77は映像ガイド55Aと受像装置43との間に配置され、該レンズ系をここでは2つのレンズで略示している。接眼レンズは、用途に応じて視野65、例えば焦点深度や焦点を最適化するために、他の接眼レンズと交換できると有利である。

#### 【0050】

図7は、燃料集合体3の部位を検査する方法において、燃料集合体3の内部における燃料棒25の表面を検査する方式を、概略的に例示する。

#### 【0051】

図1と2を参照して一部述べたように、内視鏡対物レンズ53を支持する剛性末端部13Aや可撓性の末端部13Bを備えた内視鏡5を、照明装置83および撮像装置81の調整装置67A、67Bと共に、水中において燃料集合体3に近づける。図7に示すように、これは剛性末端部13A付きの内視鏡でもよい。

#### 【0052】

そして第2工程で、末端部13Aを燃料集合体3の部分部位89に、該部位89が内視鏡5の視野65に入るように繰り出す。この状態を図7に示す。

#### 【0053】

そして第3の工程で、この部分部位89および内視鏡5の末端部13Aを位置マニピュレータ11で垂直線87に沿って移動することによって内視鏡5の視野65に入る他の部分部位85を検査し、その際、視野65を照明装置83で照らす。図7は、端面側光学絞り59を備えた剛性内視鏡を示す。しかしまた例えば、図4のように横側光学絞り75を備えた剛性内視鏡も利用できる。この場合、剛性内視鏡5の末端部13Aを回転することにより、視野65の方向を予め与える視角を変化させ、これにより、燃料集合体の他の部分部位85を検査する。

#### 【0054】

図8は、上記第3工程の好ましい他の例を示す。この図は、可撓性の末端部13Bを備えた内視鏡5による前述の第3工程を概略的に示し、剛性末端部では検査のために近付けない燃料集合体脚部37の脚部セル41の検査を示している。可撓性の末端部13B付きの内視鏡5を利用することで、燃料集合体脚部の接近

し難い部分部位 8 9 を、内視鏡の末端部 1 3 B を角度 だけ曲げることにより、内視鏡の視野 6 5 に入れる。続いて、内視鏡の末端部 1 3 B をもっと湾曲して曲げ角度 だけ曲げることで、他の部分部位 8 5 を内視鏡の視野 6 5 に入れ、検査できる。その場合、ここには図示しない照明装置 8 3 で視野 6 5 を照らす。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

位置マニピュレータで燃料集合体に近付ける検査装置の概略構成図。

【図 2】

燃料集合体脚部の接近し難い部位に近付ける可撓性内視鏡の概略斜視図。

【図 3】

放射線から防護された防水容器付きで交換可能な可撓性内視鏡の概略構成図。

【図 4】

内視鏡の交換可能な剛性末端部の概略構成図。

【図 5】

内視鏡の交換可能な可撓性末端部の概略斜視図。

【図 6】

撮像装置と照明装置とを備えた内視鏡の概略構成図。

【図 7】

燃料棒の表面を検査する方法の概略説明図。

【図 8】

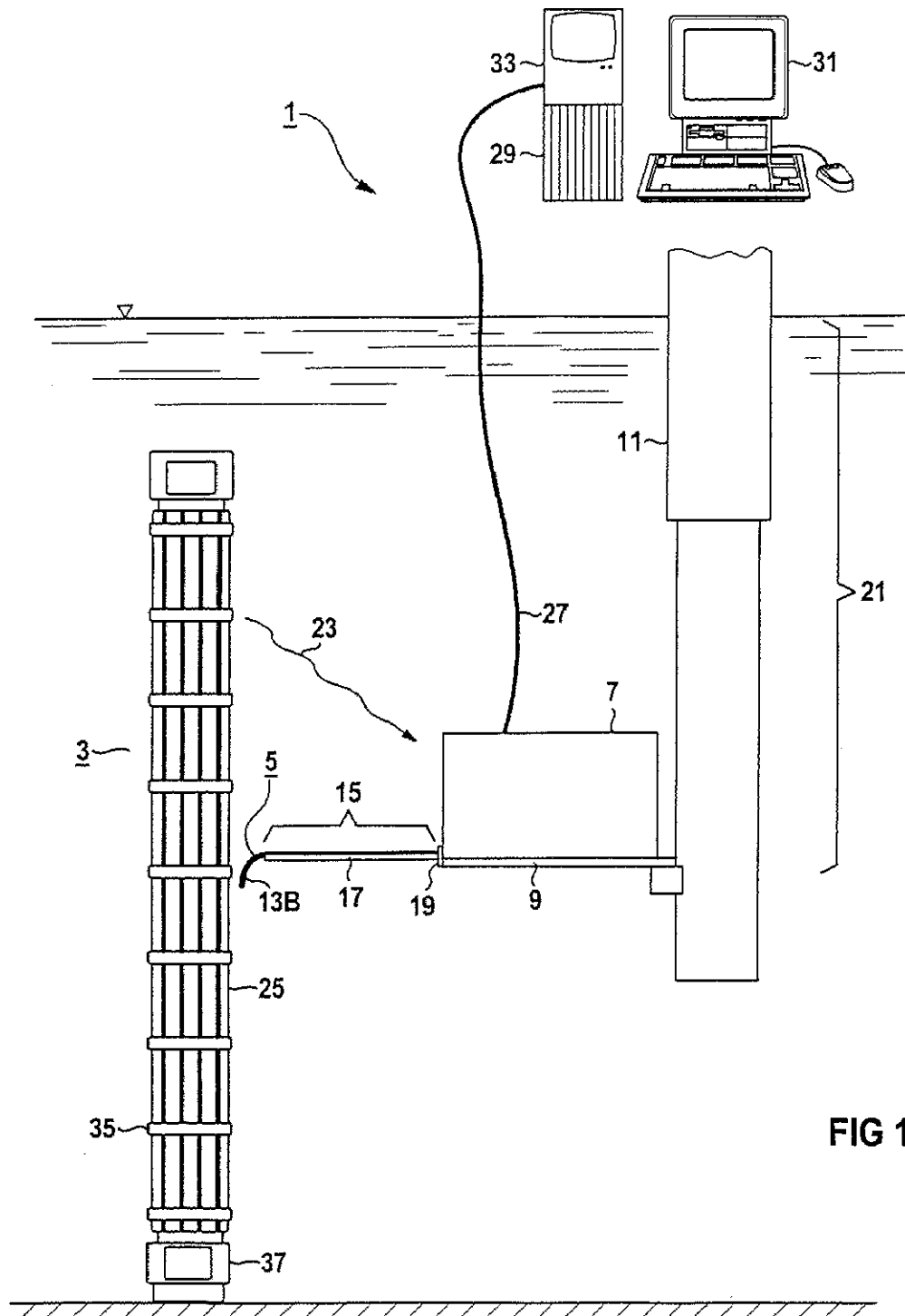
燃料集合体脚部の接近し難い部位を検査する方法の概略説明図。

【符号の説明】

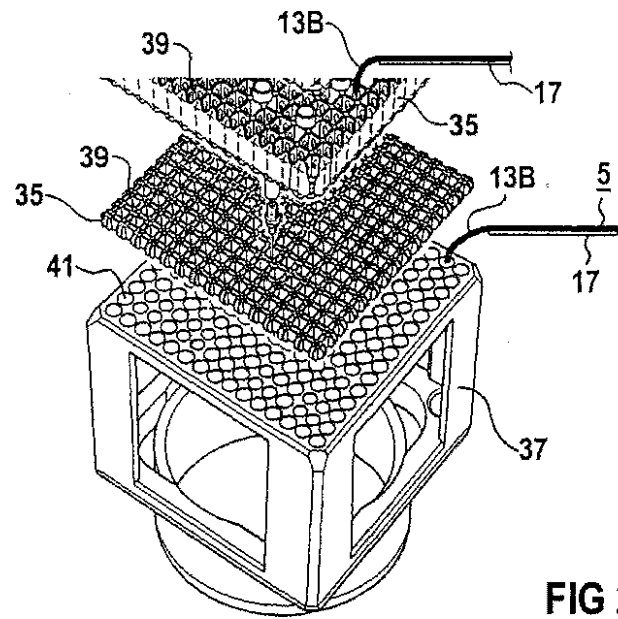
3	燃料集合体
5	内視鏡
7	放射線遮蔽防水容器
1 3 A、1 3 B	末端部
2 3	放射線
2 5	燃料棒
3 5	スパーサ

3 7	燃料集合体脚部
4 5	光源
4 7 A、4 7 B	アクチュエータ
5 1 A、5 1 B	機械ケーブル
5 3	内視鏡対物レンズ
6 7 A、6 7 B	調整装置

【図1】



【図2】



【図3】

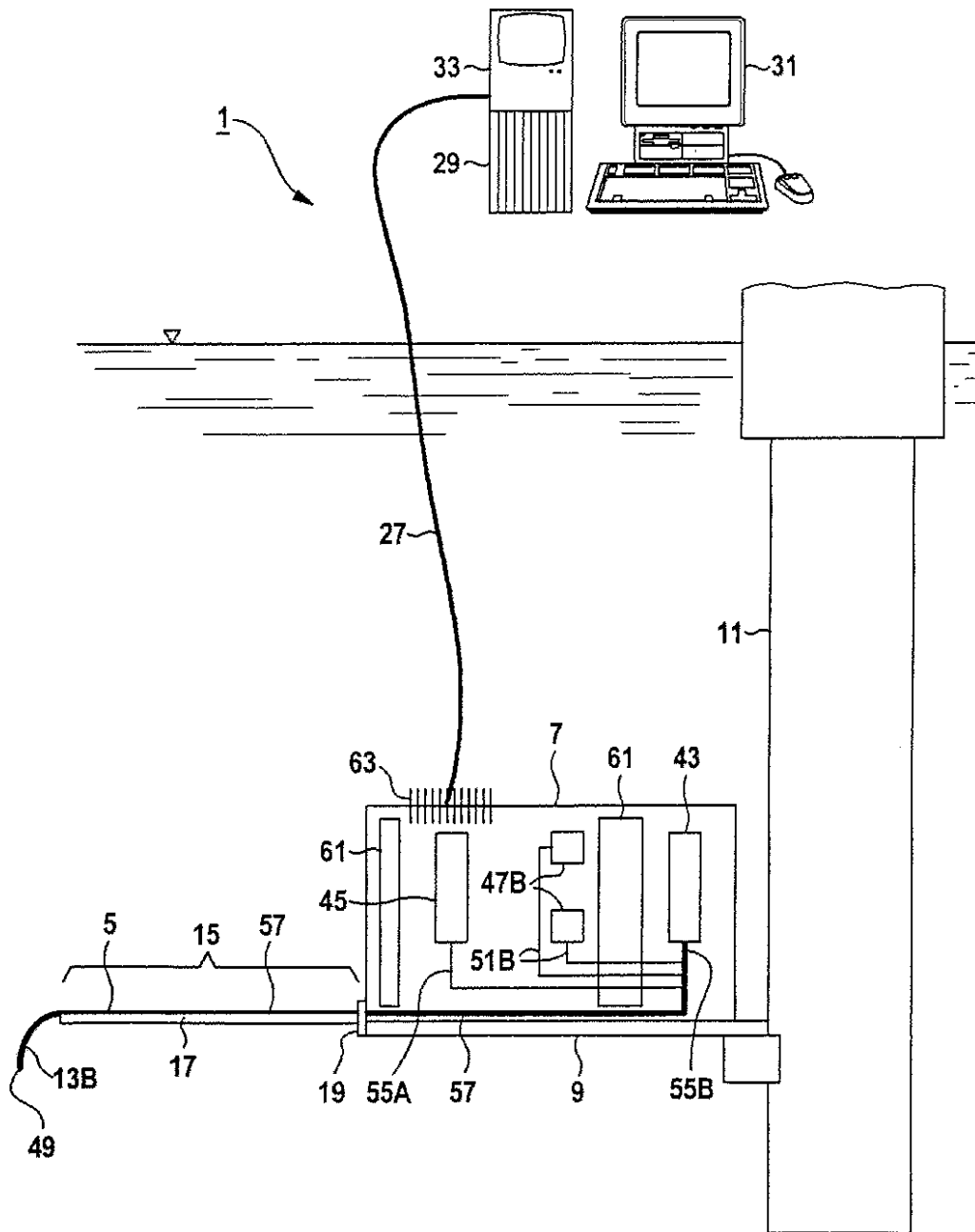


FIG 3



【図4】

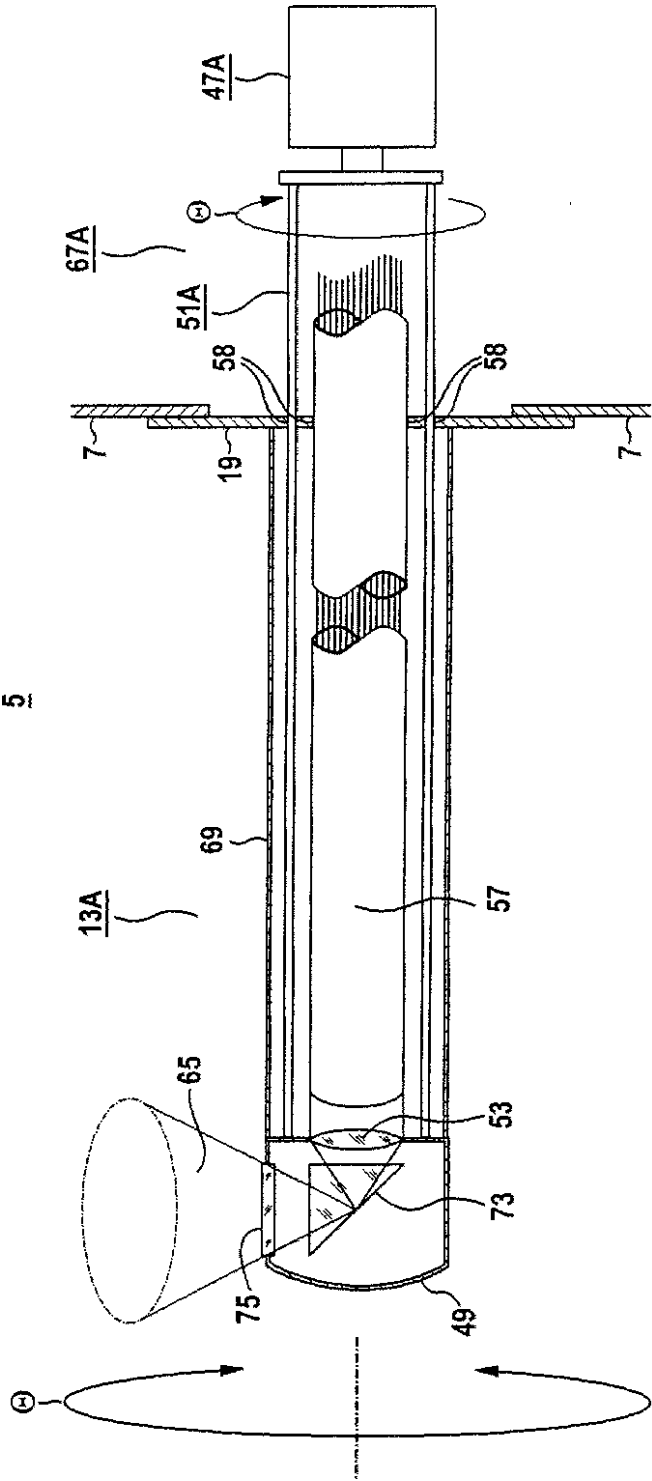


FIG 4



【図6】

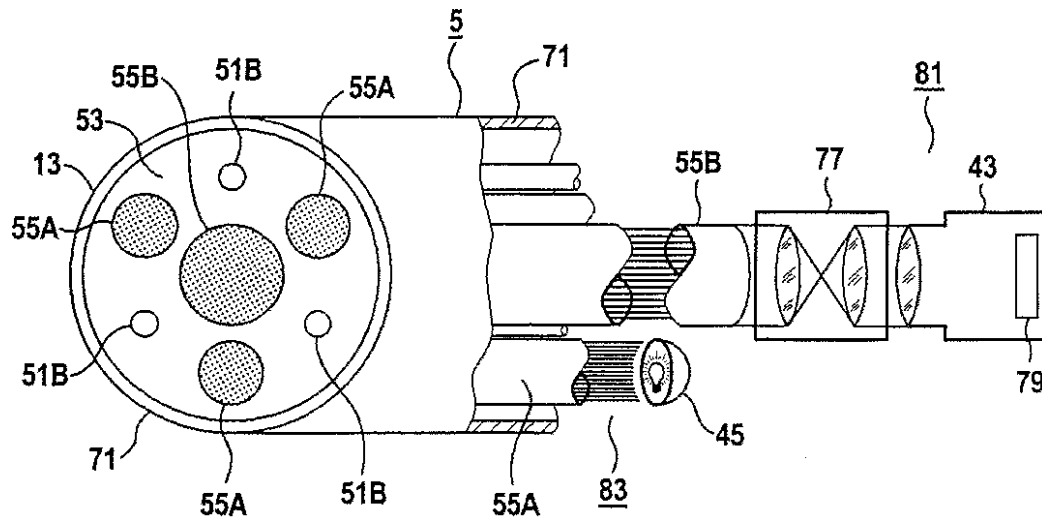


FIG 6

【図7】

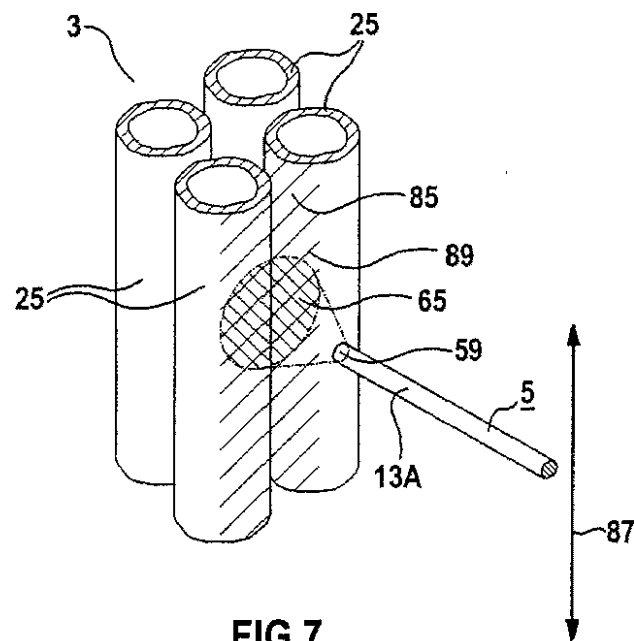
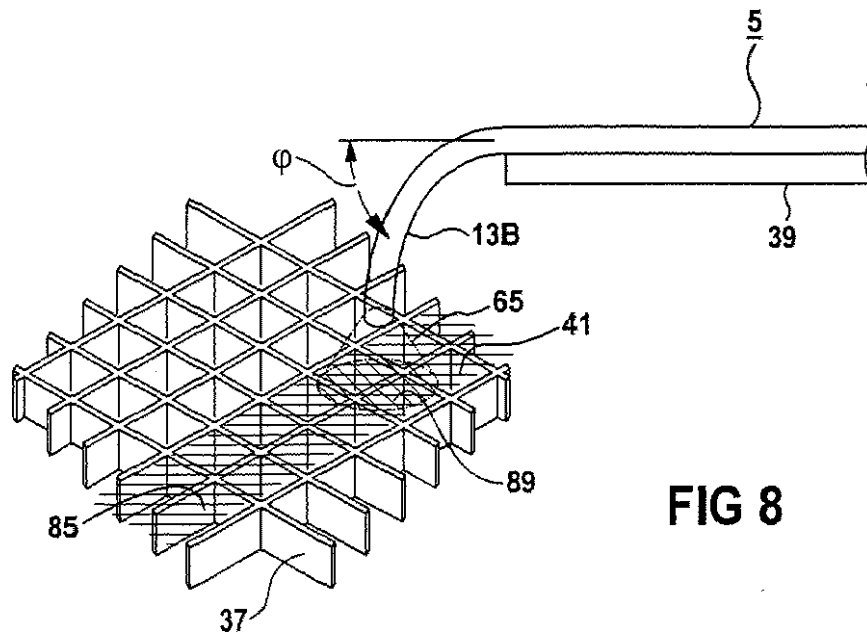


FIG 7

【図8】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 00/00373		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G21C17/08		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G21C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 764 334 A (KING ET AL.) 16 August 1988 (1988-08-16)	1-3
Y	abstract; figures 1-8 ---	4, 26, 27
X	US 5 689 734 A (BAUER ET AL.) 18 November 1997 (1997-11-18)	5, 7, 10-13, 18-22, 24
Y	the whole document ---	4, 8, 9, 26, 27
X	EP 0 501 648 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC) 2 September 1992 (1992-09-02) the whole document --- -/-	5, 10-14, 18, 24
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  14 June 2000		Date of mailing of the international search report  26/06/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Frisch, K

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 00/00373

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 157, 20 July 1984 (1984-07-20) & JP 59 054960 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK) abstract & DATABASE WPI Week 198421 Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 1984-129648 abstract	4,8,26, 27
Y	US 4 566 843 A (IWATSUKA ET AL.) 28 January 1986 (1986-01-28) figures 1-7	9
A	US 5 152 957 A (TERAI ET AL.) 6 October 1992 (1992-10-06) cited in the application	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00373

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4764334 A	16-08-1988	EP 0138607 A ES 536735 D ES 8605122 A JP 60102608 A	24-04-1985 01-03-1986 01-08-1986 06-06-1985
US 5689734 A	18-11-1997	NONE	
EP 501648 A	02-09-1992	US 5286154 A AT 159579 T CA 2061450 A CN 1064560 A DE 69222790 D DE 69222790 T ES 2107500 T JP 7181136 A US 5341406 A ZA 9201327 A	15-02-1994 15-11-1997 28-08-1992 16-09-1992 27-11-1997 12-03-1998 01-12-1997 21-07-1995 23-08-1994 25-11-1992
JP 59054960 A	29-03-1984	JP 1725826 C JP 4009272 B	19-01-1993 19-02-1992
US 4566843 A	28-01-1986	JP 1358606 C JP 59053188 A JP 61025518 B DE 3370457 D EP 0104589 A	13-01-1987 27-03-1984 16-06-1986 30-04-1987 04-04-1984
US 5152957 A	06-10-1992	JP 2539100 B JP 4212096 A JP 2656380 B JP 4172298 A DE 69115307 D DE 69115307 T EP 0445670 A	02-10-1996 03-08-1992 24-09-1997 19-06-1992 25-01-1996 13-06-1996 11-09-1991

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト' (参考)
G 2 1 F 7/00		G 2 1 C 17/06	D
F タ-ム(参考)	2G075 CA08 CA38 DA15 EA01 EA09 FA13 FA14 FA20 FC01 FC03 2H040 AA05 BA04 BA21 BA24 CA22 CA30 DA11 DA51 GA01 4C061 AA00 AA29 BB02 BB04 CC06 DD03 FF40		



专利名称(译)	检查燃料组件的方法及其小型内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP2002541437A</a>	公开(公告)日	2002-12-03
申请号	JP2000599037	申请日	2000-02-08
[标]申请(专利权)人(译)	法玛通公司		
申请(专利权)人(译)	Furamatomu放大器GESELLSCHAFT手套Beshurenkuteru有限公司		
[标]发明人	ウッケルトユルゲン		
发明人	ウッケルト、ユルゲン		
IPC分类号	G21C17/08 A61B1/00 G02B23/24 G21C17/06 G21C19/02 G21F7/00		
CPC分类号	G02B23/2492 G21C17/06		
FI分类号	A61B1/00.300.Y G02B23/24.C G21C17/08 G21C19/02.C G21F7/00.K G21C17/06.D		
F-TERM分类号	2G075/CA08 2G075/CA38 2G075/DA15 2G075/EA01 2G075/EA09 2G075/FA13 2G075/FA14 2G075/FA20 2G075/FC01 2G075/FC03 2H040/AA05 2H040/BA04 2H040/BA21 2H040/BA24 2H040/CA22 2H040/CA30 2H040/DA11 2H040/DA51 2H040/GA01 4C061/AA00 4C061/AA29 4C061/BB02 4C061/BB04 4C061/CC06 4C061/DD03 4C061/FF40		
代理人(译)	山口岩		
优先权	19905970 1999-02-12 DE		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

# 摘要(译)

本发明涉及一种用于检查水下核反应堆的燃料组件(3)的方法和设备。该设备包括一个防水容器(7)和一个可遥控的小型内窥镜(5)，该内窥镜插入到燃料组件(3)中并位于燃料组件内部。在不损坏燃油组件(3)的情况下检查了难以接近的零件(25、35、37)。防水容器(7)至少与图像拾取装置(81)的电子图像接收装置(43)，光源(45)和内窥镜的另一端连接，并且设有防止辐射(23)的调节装置(67A，67B)。致动器(47A，47B)。

