

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93104484.7

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

G01T 1/161

[43]公开日 1994年2月16日

[22]申请日 93.3.12

[30]优先权

[32]92.3.12 [33]GB[31]9205458.4

[71]申请人 德比尔斯工业钻石部门有限公司

地址 南非德兰士瓦省

[72]发明人 B·L·琼斯 梁礼祥 S·阿赖康姆  
R·J·凯迪

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 叶恺东 肖掬昌

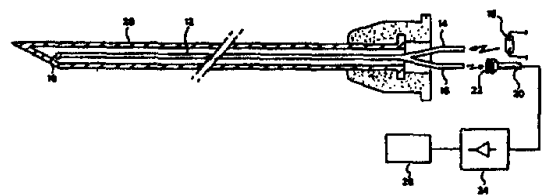
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 辐射探测器

[57]摘要

一种监测核辐射的方法,包括取一氮杂质浓度小于150ppm的金刚石辐射传感元件,该传感元件受到核辐射的作用,同时用选定波长或波长范围(最好在紫外或近紫外范围)的光激发传感元件,由该传感元件产生发射光。通常,该传感元件装在光纤的端部,光纤的另一端用来将激发光引至传感元件并将由传感元件产生的发射光引至光电倍增管。本发明包括实施此法的装置。



# 权利要求书

---

1. 一种监测核辐射的方法，包括：

取一个氮杂质浓度小于 1 5 0 p p m 的金刚石传感元件；

使该传感元件受到核辐射的作用；

用选定波长或波长范围的光激发该传感元件；

监测由该传感元件产生的发射光。

2. 一种如权利要求 1 所述的方法，包括利用同一光波导激发该传感元件元件及监测由该元件所产生的光发射。

3. 一种如权利要求 2 所述的方法，其中共用的光波导为光纤，传感元件设置在光纤的第一端，激发光加于光纤的第二端，所产生的发射光也在光纤的第二端监测。

4. 一种如权利要求 3 所述的方法，其中光纤的第二端有一输入部分和一输出部分，激发光加在输入部分，所产生的发射光通过输出部分来监测。

5. 一种如权利要求 3 或 4 所述的方法，其中所产生的发射光穿过一个滤光片，滤光片透过预定的与所希望产生的发射光相对应的频谱范围的光。

6. 一种如权利要求 5 所述的方法，其中经过滤光的发射光由光电倍增装置放大，给出一个与发射光强度相对应的电信号，该电信号经处理得出入射到传感器上的辐射强度的显示。

7. 一种如权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法，其中传感元件被置入插入患者内的第一探针或医用导管内。

8. 一种如权利要求 7 所述方法，其中将至少一个放射源置于第

二探针或医用导管内，第二探针或导管插入患者体内，靠近第一探针或医用导管。

9. 一种如权利要求1至6中任一项所述的方法，其中将传感元件置于或附着于接受核辐照的物体上。

10. 一种如权利要求1至9中任一项所述的方法，包括按照规定的标准，根据所监测的由传感元件所产生的发射光调整所加给的核辐射的辐照时间、辐照强度及作用部位的步骤。

11. 一种如权利要求10所述的方法，包括调整至少一个放射源相对传感元件的位置，得到所需要的总照射剂量和剂量特性曲线。

12. 一种监测核辐射的传感器，包括：

一个金刚石辐射传感元件，其氮杂质浓度小于150 ppm；

一个适于附着于或固定于传感元件上的光波导，该光波导具有能供送激发传感元件的选定波长或波长范围的光的输入部分，和能将由传感元件产生的发射光引至监测装置的输出部分。

13. 一种如权利要求12所述的传感器，其中光波导为一光纤，光纤的第一端固定于或靠近装在传感元件的接触部位，光纤的第二端分叉，形成传感器的输入部分和输出部分。

14. 一种如权利要求13所述的传感器，其中传感元件由粘接方式装到光纤的第一端。

15. 一种如权利要求13所述的传感器，其中传感元件和光纤的第一端由机械夹紧装置接触安装在一起。

16. 一种监测核辐射的传感器，包括：

一个金刚石辐射传感元件，其氮杂质浓度小于150 ppm；

一个不透光的室确定一空腔，传感元件支承于腔内；

一个可与室内的腔相接触的探头，探头包括至少一个光波导，光波导具有可供激发传感元件的选定波长或波长范围的光的输入部分和可将由传感元件产生的发射光引至监测装置的输出部分。

17. 一种如权利要求16所述的传感器，其中探头支承着至少一个第一光纤，它具有可供送选定波长或波长范围的光的输入部分和将此光引至传感元件上并激发之的输出部分，探头还支承着第二光纤，它具有可接收由传感元件产生的发射光的输入部分和将此发射光引到监测装置的输出部分。

18. 一种如权利要求17所述的传感器，其中探头包括一管状主体，沿着主体的轴向布置有第二光纤，在第二光纤周围并与之平行地布置着多个第一光纤，从而来自第一光纤输出部分的光引至传感元件的外部区域，而来自传感元件内部区域的发射光由第二光纤输入部分所接收。

19. 一种如权利要求17或18所述的传感器，其中不透光室的腔由薄膜封闭，当探头与腔相接触时，探头的尖端可穿过该薄膜。

20. 一种如权利要求17至19中任一项所述的传感器，其中不透光的室包括将该室固定到一个表面上的紧固装置。

21. 一种如权利要求13至20中任一项所述的传感器，其中金刚石传感元件具有10至150 ppm的氮杂质浓度。

22. 一种如权利要求21所述的传感器，其中传感元件具有10至60 ppm的氮杂质浓度。

23. 一种如权利要求21或22所述的传感器，其中传感元件具有0.1至10 ppm范围内的硼浓度。

24. 一种监测核辐射的装置，包括如权利要求12至23中任

一项所述的传感器，用以产生选定波长或波长范围光的光源和用来接收由传感器产生的发射光的监测装置。

2 5 . 一种如权利要求 2 4 所述的装置，其中光源给出紫外或近紫外范围内的强输出。

2 6 . 一种如权利要求 2 5 所述的装置，其中光源为水银灯、发光二极管或激光装置。

2 7 . 一种如权利要求 2 4 至 2 6 中任一项所述的装置，其中监测装置包含光电倍增装置。

2 8 . 一种如权利要求 2 7 所述的装置，其中光电倍增管带有滤光片，滤光片透过预定的与所期望由传感元件产生的发射光相对应的频谱范围的光，并截止来自光源的光。

2 9 . 一种如权利要求 2 8 所述的装置，其中滤光片透过波长在 4 2 0 至 5 5 0 nm 的光。

3 0 . 一种如权利要求 2 9 所述的装置，其中滤光片透过波长在 5 1 6 至 5 3 6 nm 的光。

3 1 . 一种如权利要求 2 4 至 3 0 中任一项所述的装置，其监测装置包括用以放大光电倍增装置输出的放大装置和用来显示入射到传感元件上的辐射强度的处理装置。

# 说明书

---

## 辐射探测器

本发明涉及监测核辐射的方法及监控核辐射的传感器和装置。

由经过选择的放射源的核辐射治疗诸如癌患者已属公知。为使这种治疗收到最大的效果并使副作用减至最小，重要的在于要监测释放的辐射剂量并确保将这种剂量送至正确的部位。

用 $\text{Co}^{60}$ 源的辐射及电子束消毒医用制品以及处理食品以延长其贮存期也都是愈来愈成为公知的了，为使这类处置收到最大的效果，重要的在于要监测加到各制品或包装的辐射剂量，并确保加到包装内所有制品的剂量均在国际公认的限制以内。

按照本发明，一种监测核辐射的方法包括：

取一氮杂质浓度小于 1 5 0 PPM 的金刚石传感元件；

使该传感元件受到核辐射的作用；

用选定波长或波长范围的光激发该传感元件；

监测由该传感元件产生的发射光。

本法最好包括用同一光波导激发传感元件及监测从它所产生的发射光。

该光波导可为光纤；传感元件置于光纤的第一端，激发光加在光纤的第二端，所产生的发射光也在光纤的第二端受到监测。

光纤的第二端最好有一输入部分和一输出部分，激发光就加到输入部分，所产生的发射光则由输出部分监测。

所产生的发射光可穿过一滤光片，该滤光片透过与所产生的发射光相对应的频谱范围的光。

通过滤光片的发射光由光电倍增装置得到放大，给出一个与发光强度相对应的电信号，此电信号经处理，得到入射到传感器上的辐射强度的显示。

传感元件可用作体内辐射传感器，这种情况下，将其放在受到辐照的位置。

传感元件可放到患者体内，或放入人体的开口内。

传感器可放在已置于患者体内的第一探针或医用导管中。

可将至少一个核辐射源放到第二探针或导管中，第二探针或导管被放在患者体内，靠近第一探针或导管附近。

本法还可包括相对于传感元件调整放射源位置，从而得到总照射剂量和剂量特性曲线。

在本发明的又一实施例中，传感元件可设在被照射的物体上或附在其上。例如，可借助粘附剂将传感器附着在物体上。

本法可包括按规定的标准，根据所监测的由传感元件产生的发射光调整所加的核辐射和辐照时间，辐照强度或作用位置的步骤。

进而，按照本发明的监测核辐射的传感器包括：

一个选择其氮杂质浓度小于 1 5 0 p p m 的金刚石辐射传感元件；

一个适于附着或固定到传感元件上的光波导，该光波导有一个可将选定波长或波长范围的光送入以激发传感元件的输入部分和一个可将来自传感元件所产生的发射光引至监测装置的输出部分。

光波导最好为光纤，具有固定到或装在传感元件上的连接位置处的第一端和分叉的第二端，形成传感器的输入部分和输出部分。

光纤可具有借助诸如胶粘剂或夹紧装置固定到或安装在传感元件上的连接位置处的第一端和分叉的第二端，以形成传感器的输入部分和输出部分。

按照本发明的又一实施例，监测核辐射的传感器包括：

一个选择氮杂质浓度小于 1 5 0 p p m 的金刚石传感元件；

一个不透光的室确定一腔，传感元件就支撑于其中；

一个探头，它可与室内的腔相结合，包括至少一个具有输入部分和输出部分的光波导，输入部分可送入选择波长或波长范围的光，以激发传感元件；输出部分可将传感元件所产生的发射光引向监测装置。

探头最好至少支承第一光纤，它具有可送入选定波长或波长范围光的输入部分和将光引至传感元件以激发之的输出部分；探头还支承第二光纤，它具有接收由传感元件所产生的发射光的输入部分和将该发射光引向监测装置的输出部分。

探头可包括一管状主体，第二光纤就轴向地配置于其中，还有若干个第一光纤围绕并平行于第二光纤而配置，使得来自第一光纤输出部分的光引至所用的传感元件外围的区域。同时，来自传感元件内部区域的发射光由所用的第二光纤内部所接收。

不透光室的腔可用一个膜来封闭。当探头与该腔接触时，探头的尖可穿透该膜。

不透光室可包括诸如粘附层的紧固装置，以将该室固定在一个表面上。

最好选择传感元件氮杂质浓度在 1 0 ~ 1 5 0 p p m 之间；最好是在 1 0 至 6 0 p p m 之间。

还可选择本传感元件具有 0 . 1 至 1 0 p p m 范围内的硼浓度。

进而，按照本发明的监测核辐射的装置包括一个如上所述的传感器，一个用以产生选定的波长或波长范围的光的光源，以及可以接收来自该传感器的发射光的监测装置。

光源可包括电灯（如水银灯）、发光二极管（LED）或激光装置，它们给出紫外或近紫外范围的强输出。

监测装置可包括光电倍增管或者其它光放大装置。

光电倍增管可带有滤光片，它透过预先选定的与所期望从传感元件来的发射光相对应的波长范围的光，并截止从光源来的光。

最好选择滤光片透过波长在 4 2 0 到 5 5 0 nm 之间的光。

最好滤光片通过波长在 5 1 6 至 5 3 6 nm 之间的光。

本监测装置可包括放大装置，用来放大光电倍增装置的输出，还包括处理装置，用来得到入射到传感元件的辐射强度的显示。

图 1 a、1 b 和 1 c 是本发明装置的一个实施例的示意图；

图 2 a 和 2 b 是另一实施例的示意图；

图 3、4 和 5 是本发明辐射传感元件的响应曲线图。

用核放射源照射患者的肿瘤存在许多问题。特别是那些辐射必须送到深处部位，而对所加的辐射剂量做体内测量是极为困难的。

图 1 a 表示一个辐射传感器，由光纤 1 2 端部的一个小金刚石元件 1 0 所组成，所示的传感元件 1 0 有一平坦的接触面靠近或者邻近光纤的端部，以便在二者之间有良好的光传输。传感元件 1 0 的直径一般小于 1 毫米，光纤 1 2 的直径更细。传感元件可以机械地固定或夹在以光纤为基准的位置上，或者可用适当的胶粘剂或接合剂固定。

金刚石传感元件具有与热释光探测器用的传感元件相类似的特性。金刚石的氮杂质浓度小于 1 5 0 p p m，而且最好在 1 0 到 1 5 0 p

p m 之间。最佳的氮杂质浓度范围在 1 0 至 6 0 p p m 之间。这种金刚石属于低到中等氮浓度类。比较理想的是，传感元件还包含浓度在 0 . 1 到 1 0 p p m 之间的少量硼杂质，以改善传感器响应的直线性。

金刚石传感元件可选择天然金刚石，不过通常为用常规技术制成的金刚石。譬如，传感元件可以是人造金刚石晶体，或者可包含一层用化学汽相淀积（C V D）方法在基底上沉积结晶金刚石或多晶金刚石。后一种情况下，要得到具有易于附在光纤口端部的平面的传感元件，则相对地讲要容易些。

光纤的远离传感元件 1 0 的一端分叉成为输入部分 1 4 和输出部分 1 6。输入部分 1 4 与能给出包含紫外辐射输出的水银灯 1 8 相连。输出部分 1 6 经滤色片 2 2 与光电倍增管 2 0 相连。光电倍增管 2 0 的输出经放大器 2 4 连到监测电路 2 6。光纤可能相当长，譬如在 25 到 5 0 厘米之间，并可插入一中空的皮下探针 2 8 中，探针具有密封的端部以及大约为 1 毫米或更小的内径。为将传感器放入患者体内，将探针 2 8 插入到选定位置所需深度，然后可将传感器自探针的开口端送入其中。

图 1 b 中所表示的第二探针 3 0 靠近探针 2 8 附近。探针 3 0 中插有包含细铅丝或钢丝 3 2 的核放射源丝，沿着细丝的长度方向间隔地带多个放射源 3 4。例如，放射源 3 4 可由铱（同位素  $\text{Ir}^{192}$ ）组成，这是  $\beta$  和  $\gamma$  源。每个源 3 4 的直径约为 0 . 5 毫米，长为几毫米。使用时，在任何时刻都可插入几个带放射源的探针，此如在一个部位处可使用多达 1 8 个探针。通常应将源丝以予定的次序插入所选定的探针中。

图 1 c 表示图 1 b 结构的变型。在这种结构中，探针 3 0 是一样

的，但细铝丝或钢丝 3 2 的端部带有单独一个放射源 3 4。使用时，将探针 3 0 插入患者体内，将若干个带有辐射传感元件 1 0 的探针 28 按予定的排列方式插在它周围。将放射源 3 4 完全插入探针 3 0 中或插到一个予定的深度，然后定时地分阶段抽出，使其沿着探针 3 0 的长度方向上予定的点维持一希选定的停留时间，于是，就施加了予定的辐射剂量，它具有所需的剂量曲线。处在探针 2 8 内的传感元件 10 围绕着探针 3 0，可以精确地监测所加的剂量。换句话说，可以监测瞬时测得的剂量，并改变探针 3 0 的位置，和 / 或改变放射源 34 在探针 3 0 中的位置，得到所需的总剂量和剂量曲线。通常要计算这种剂量和剂量曲线，以便使患者体内的肿瘤或者其它靶区受到予定剂量的辐照。

也可使用柔韧的医用导管代替坚硬的探针 2 8 和 3 0 来容纳辐射传感元件 1 0 和放射源 3 4。在某些应用中，使用柔韧导管可能更好些。

金刚石传感元件受到来自邻近的辐照探针中放射源丝的放射性的作用。因而，该传感元件可用来实时地监测一个特定部位的辐照剂量。如果此传感元件受到紫外光照（或者可能的话受到其它波长光的照射）作用，那么它就要被激发以发射光，发光的强度和光谱都与入射到传感元件的辐射强度及类型有关。这样，为了监测在选定的部位的辐射强度，用来自灯 1 8 的光照射传感元件一段予定的时间，再经光纤的输出部分及滤光片 2 2 将由传感元件产生的发射光送至光电倍增管 2 0。滤光片 2 2 透过 5 1 6 至 5 3 6 nm 范围内的发射光，当用波长接近 296nm 的紫外光激发传感元件时，其发射谱在 4 2 0 至 5 5 0 nm 范围内表现很强的发光。当然，也可以使用具有在 4 2 0 到 5 5 0 nm

范围内稍微不同的透过带宽的滤光片，滤光片的用途在于透过金刚石传感元件发射的光，而不透激发光。图 3 表示发明中所用的金刚石传感元件的响应特性，它是经  $\gamma$  辐射照射后，由 296 nm 的紫外光激发的。图 4 表示对于各种辐照时间传感元件的响应特性。

可将光电倍增管的输出送至放大器 24，再送到监测电路 26，以便进一步处理。监测电路 26 可以简单地是一显示器，在任何特定时刻给出入射到传感器元件 10 上的辐射强度的显示。不过，在较为复杂的装置中，监测电路 26 包括带辅助存储器的处理电路，用以记录作为时间函数的测得的辐射水平。这种装置可有多条输入通道，接收多个传感器的输出。这种装置还可给出输出以直接或间接地控制对患者的辐照。

可用紫外激光器、发光二极管 (LED) 或其它光源代替水银灯 18。任何能从照射的金刚石传感元件激发有用的发射光的光源均可使用。最好选择波长在 296 nm 左右的紫外光，不过也可使用波长小于约 400 nm 的近紫外范围的光。某些情况下还可使用可见光。图 5 表示使用两个不同的激发光源自被照射的金刚石传感元件发射的光强 (相对于金刚石传感元件的质量)。图 5 中左边的曲线表示传感器对波长为 405 nm 的近紫外光的响应，而右边的曲线表示传感器对波长为 296 nm 的紫外光的响应。较长波长的光与金刚石传感器中的浅层陷阱相互作用，所有的载体陷阱均由较小辐照剂量所引起，而较短波长的光激发强辐射剂量所引起的深层陷阱载体。两种情况都可看到辐射剂量与发射的光强之间的关系在很宽的范围内基本都是线性的。一般地说，激发光源应当产生比期望由传感器发射的光波长短的光。光电倍增管 20 及与之相连的滤光片 22 可由其它光敏装置所代替。

本发明使得可对加给患者的辐射剂量做精确的体内监测，即使将辐射加到患者体内较深的部位。金刚石传感元件良好的组织等价性改善了辐射测量的可靠性。

本发明的各种其它应用都是可能的。譬如，本发明的传感器可用于塑料加工以及食品包装/处理的应用中。在这些情况中，热读出是不实际的，在塑料加工情况下还涉及到高放射性等级（10000戈瑞）。在核动力工业中，本发明的传感器可用来测量停堆期间或运行中的辐射等级。这里的传感器中不用电导体以及光纤耐照射都是有价值的。本发明的探测器尺寸小，使用方便以及它们适于进行现场显示，这些都使本发明的探测器可用于对泄漏的放射性示踪。

图2a和2b表示本发明的第二个实施例。图2a表示一个探测头或探针，它包括一个外部金属管30，沿着管子内表面轴向地布置有一套光纤32。光纤32与一输入光纤34相连，可将来自水银灯36或者类似光源的选定波长的光送给光纤34。此探头还包括一个进一步容纳光纤40的中央金属管38。图中光纤40在探头的最左端处有一输入部分，还有一个输出部分42，它把由输入部分测得的光引至光电倍增管44或类似的装置中。

正如图1a、1b和1c的实施例那样，光电倍增管装有滤光片46并向放大器48及监测电路50给出一个输出。

图2b表示一个传感元件。该传感器有一不透光的室52，它下带有一层双面胶粘带或者其它的胶粘材料54，以将该传感器固定要在辐射的物品或包装物上。传感器内部是一个具有平的上表面且直径一般小于1毫米的金刚石传感元件56。在其它方面，传感元件56与图1a的传感元件10相类似。传感器室的顶部58由可被探测器

尖端穿透的橡胶制成。本传感器可像一个钮扣电池那样小。

使用本传感器时，用双面胶粘带 5 4 将其附着于选定的产品或包装物上。辐照处理之后，将探测器或探头的尖端压入保护传感元件 5 6 的橡胶部分 5 8 中，使探头的端部靠紧传感元件。使灯 3 6 工作，经光纤 3 2 的输出端照明传感元件 5 6 一段预定的时间，则传感元件产生的发射光由光纤 4 0 的输入端所测得，再经其输出部分 4 2，经滤光片 4 6 送至光电倍增管 4 4。

在一个相对地简单些的装置方案中，监测电路 5 0 可以简单地为一显示器，给出被传感元件 5 6 所接收的辐射剂量的显示。不过，在比较复杂的装置方案中，可将监测电路 5 0 构成使测量的辐照剂量与条型码阅读器和输入信号有关，从而使辐量剂量与由条型码所标志的特定物品或包装相关连，以便进行质量控制。

该实施例特别适于监测强放射性剂量，比如用于辐射消毒业及辐照处理业中。小型传感器 5 2 可用来监测加到物品的选定部位（无论在其表面亦或内部）的辐照剂量。使用波长为 2 9 6 nm 的激发光可进入金刚石传感元件内较深的陷获能级，这种能级主要对强放射性剂量灵敏。金刚石的原子序数为 6，这就使得所描述的这类传感器特别适用于监测加于低原子序数的材料或制品，如皮下注射器、食品及某些医药制品的照射剂量。

# 说明书附图

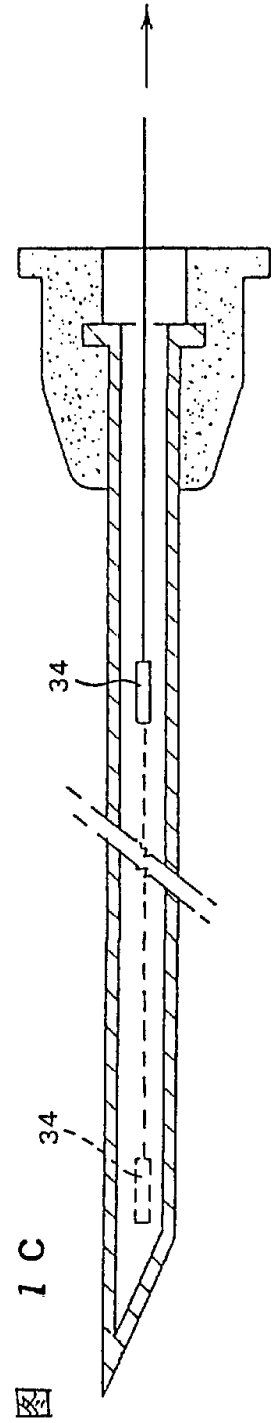
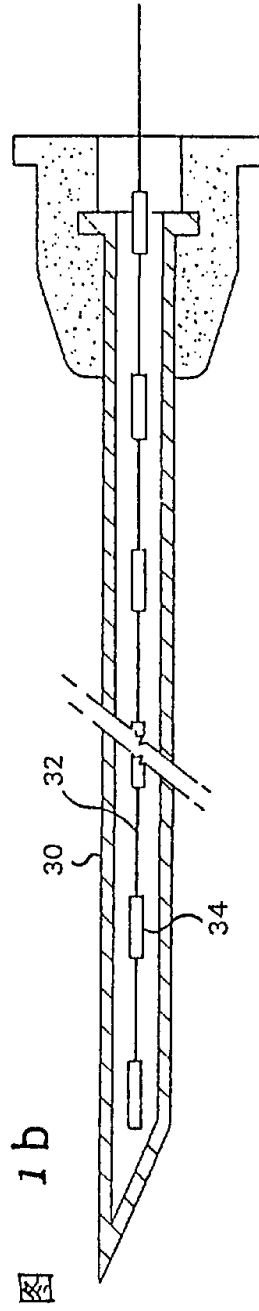
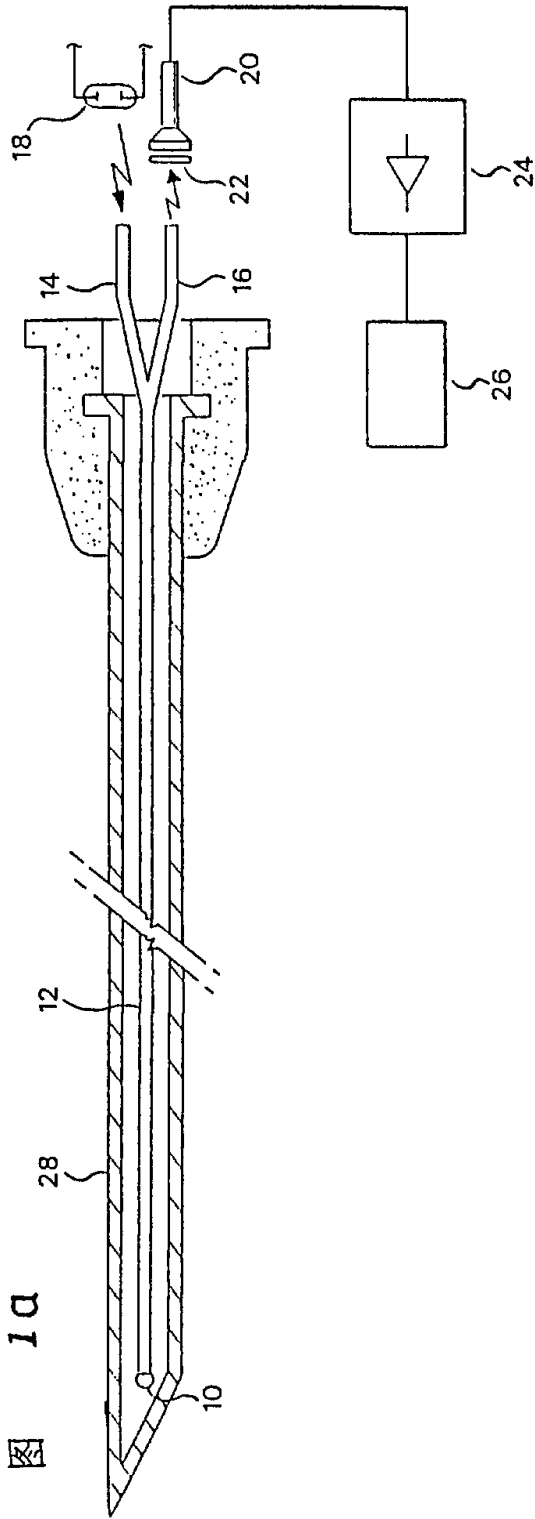


图 2a

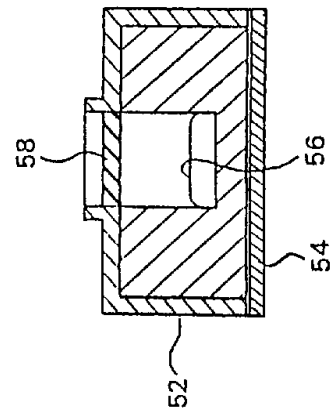
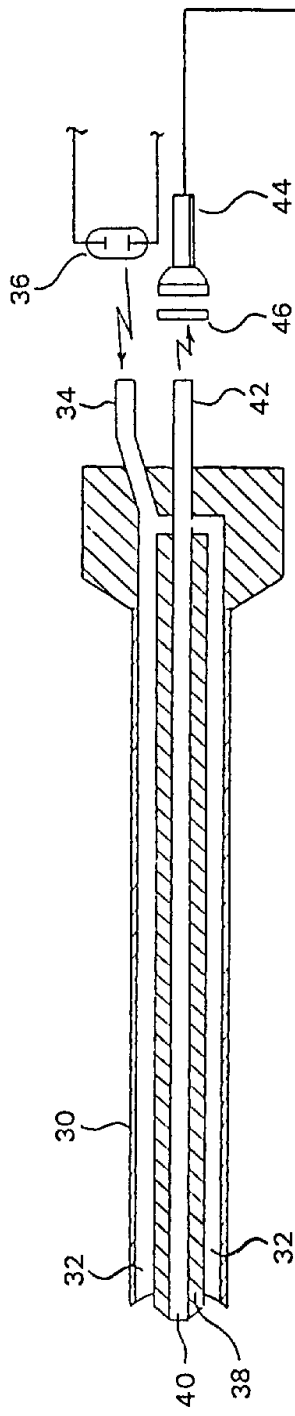


图 2b

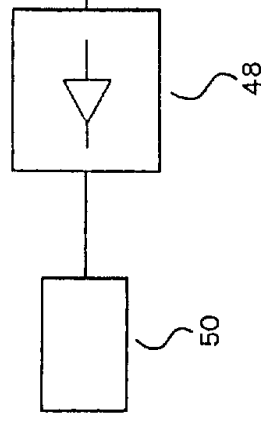


图 3

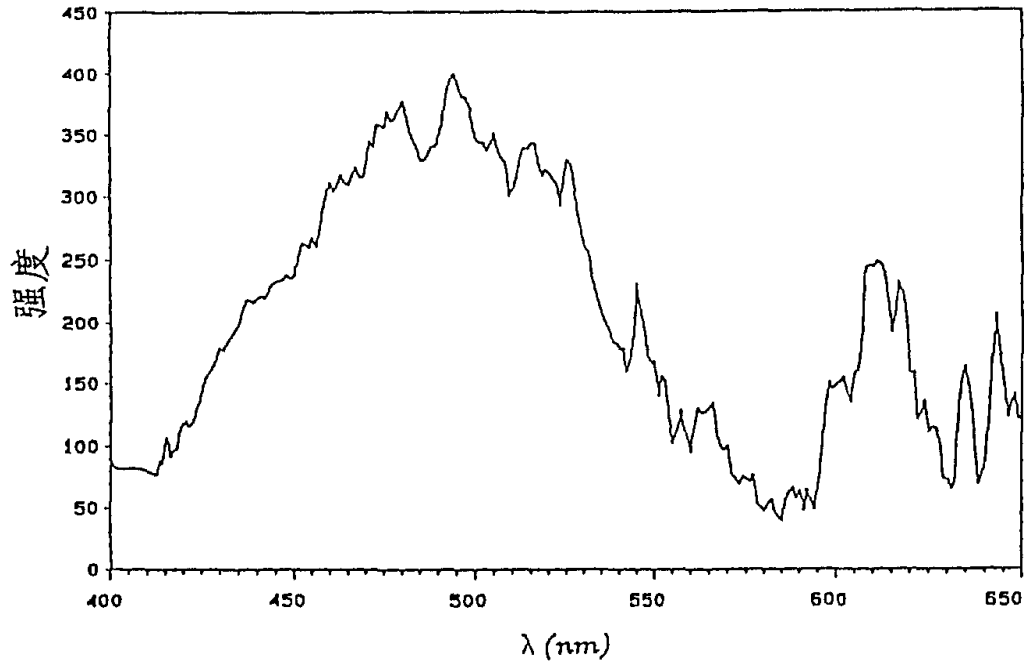


图 4

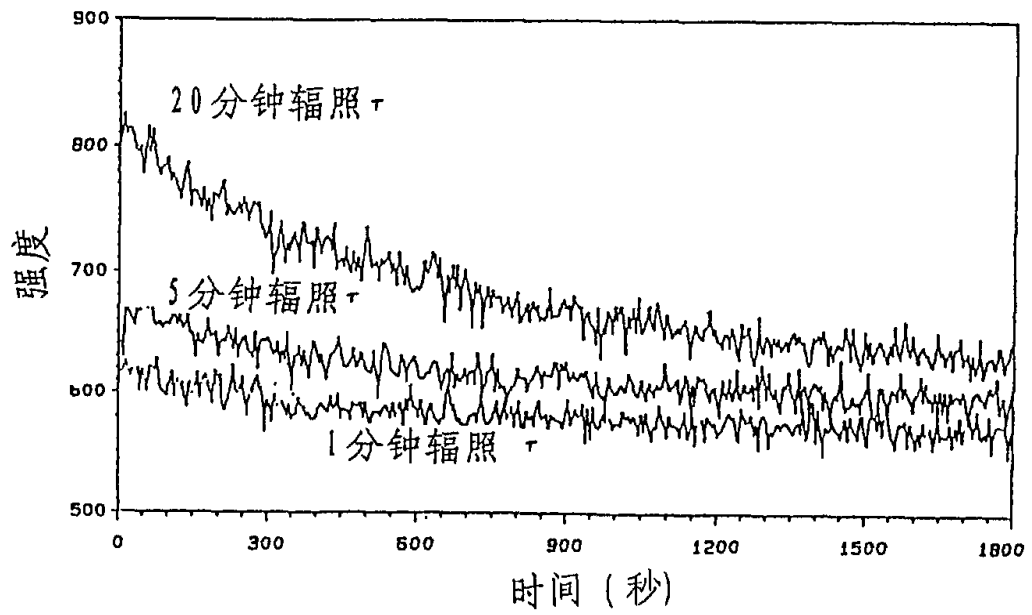


图 5

