



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102966343 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 13

(21) 申请号 201210433195. X

(22) 申请日 2012. 07. 27

(30) 优先权数据

13/193, 252 2011. 07. 28 US

(71) 申请人 桑德克斯有线有限公司

地址 英国汉普郡

(72) 发明人 H·C·克利门 J·麦钦尼斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 姜甜 李浩

(51) Int. Cl.

E21B 47/00(2012. 01)

E21B 49/00(2006. 01)

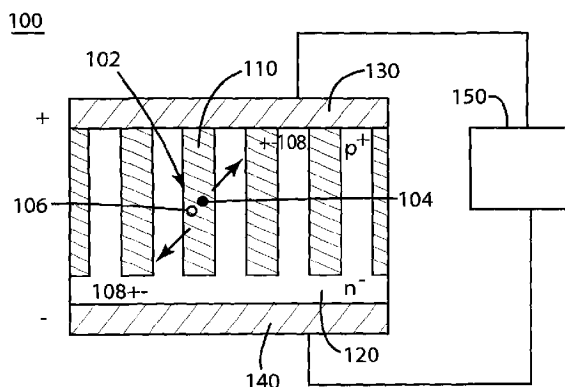
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

具有半导体中子检测池的中子孔隙度测量装置和方法

(57) 摘要

本发明名称为“具有半导体中子检测池的中子孔隙度测量装置和方法”。一种中子孔隙度测量装置,包括:中子源,配置成发射具有第一能量的中子;以及分段的半导体检测器,其离所述中子源一预定距离来定位。所述分段的半导体检测器包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池。所述池在离所述中子源的第一距离和第二距离之间以共面子集来布置。所述中子检测池中的一个或更多配置成独立于所述中子检测池中的一个或更多其它池来采集与检测的中子有关的数据。还提供了制造该中子孔隙度测量装置的方法。



1. 一种中子孔隙度测量装置 (300、400), 包括:

中子源 (340), 其配置成发射具有第一能量的中子;

分段的半导体检测器 (330、200), 其包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池 (210、410、100), 所述池在离所述中子源 (340) 的第一距离和第二距离之间以共面子集 (R1-R8) 来布置,

其中, 所述中子检测池 (210、410、100) 中的一个或更多配置成独立于所述中子检测池中的一个或更多其它池来采集与检测的中子有关的数据。

2. 如权利要求 1 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述半导体中子检测池中的每个包括:

半导体衬底, 其掺杂以形成 pn 结, 并具有形成从第一表面延伸到所述半导体衬底之内的中子反应材料的微结构; 以及

电极, 其中的一个电极与所述半导体衬底的所述第一表面相接触而其中的另一个电极与所述半导体衬底的第二表面相接触, 所述第二表面与所述第一表面相对, 所述电极配置成当中子在所述半导体衬底之内被俘获时发生采集电信号。

3. 如权利要求 2 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述微结构是所述中子反应材料的沟或柱。

4. 如权利要求 2 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述中子反应材料包括 ^{10}B 或 ^6Li 。

5. 如权利要求 2 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 从所述第一表面到所述半导体衬底之内的中子反应材料的所述微结构的厚度在 $50\text{ }\mu\text{m}$ 到 $200\text{ }\mu\text{m}$ 之间。

6. 如权利要求 2 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述半导体衬底是碳化硅。

7. 如权利要求 2 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述半导体中子检测池中的每个还包括:

电子器件, 其配置成处理和计数接收自所述电极的所述电信号。

8. 如权利要求 7 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述半导体中子检测池和所述电子器件配置成在高达 250°C 的温度下操作。

9. 如权利要求 7 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述电子器件配置成将电位差提供到相应的半导体中子检测池的所述电极。

10. 如权利要求 1 所述的中子孔隙度测量装置, 还包括:

处理单元, 其配置成在对所有所述池相同的时间间隔期间、基于在所述半导体中子检测器池中检测的中子数量来评估所述装置外部的层组的孔隙度值。

11. 如权利要求 10 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述处理单元基于第一半导体中子检测器池中检测的中子数量的第一总和与第二半导体中子检测器池中检测的中子数量的第二总和的至少一个比来评估所述孔隙度值, 所述第二半导体中子检测器池比所述第一半导体中子检测器池离所述中子源更远地定位。

12. 如权利要求 10 所述的中子孔隙度测量装置, 其中, 所述处理单元还配置成在离所述中子源的相同距离处、通过比较具有不同位置的池中检测的中子数量来对未从所述层组被反冲的所述池中检测的中子进行校正。

13. 如权利要求 10 所述的中子孔隙度测量装置, 还包括:

存储器, 其配置成存储接收自所述半导体中子检测池和所述处理单元的数据。

14. 如权利要求 10 所述的中子孔隙度测量装置,其中,所述处理单元配置成将接收自所述中子检测池的数据传送到远程装置。

15. 如权利要求 1 所述的中子孔隙度测量装置,其中:

所述中子源和所述分段的半导体检测器沿着轴被布置;以及

所述半导体中子检测池在离所述中子源的不同距离的行集合中相对于所述轴被对称地布置,相同行中的池在离所述中子源的相同距离处。

16. 如权利要求 1 所述的中子孔隙度测量装置,还包括:

机壳,其封装所述中子源和所述分段的半导体检测器。

17. 如权利要求 16 所述的中子孔隙度测量装置,其中,所述机壳具有配置成接纳可移除中子化学源或永久中子发生器装置的腔。

18. 如权利要求 1 所述的中子孔隙度测量装置,其中,所述中子孔隙度测量装置配置成当钻井时被使用以及具有穿过所述中子孔隙度测量装置中的泥浆通道,所述半导体中子检测池在邻接所述泥浆通道的内壁和外壁之间成圆形地布置。

19. 一种中子孔隙度测量工具 (300、400),包括:

中子源 (340),其配置成发射具有第一能量的中子;

分段的半导体检测器 (330、200),其包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池 (210、410、100),所述池在离所述中子源 (340) 的第一距离和第二距离之间以共面子集 (R1-R8) 来布置,以及所述中子检测池 (210、410、100) 中的一个或更多配置成独立于所述中子检测的池中的一个或更多其它池来采集与检测的中子有关的数据,所述池中的每个包括:

半导体衬底 (120),其掺杂形成 pn 结,并具有形成从第一表面延伸到所述半导体衬底之内的中子反应材料的微结构 (110);

电极 (130、140),其中的一个电极与所述半导体衬底的所述第一表面相接触,而其中的另一个电极与所述半导体衬底的第二表面相接触,所述第二表面与所述第一表面相对,所述电极配置成当中子在所述半导体衬底之内被俘获时发生采集电信号;以及

电子器件 (150),其配置成处理和计数接收自所述电极的所述电信号;以及

处理单元 (380),其连接到所述分段的半导体检测器以及配置成在对所有所述池相同的时间间隔期间、基于在所述半导体中子检测器池中检测的中子数量来评估孔隙度值。

20. 一种制造中子孔隙度测量装置的方法 (500),包括:

将中子源 (340) 和分段的半导体检测器 (200、330) 安装 (S510) 到机壳 (350) 之内,所述中子源 (340) 配置成发射具有第一能量的中子,所述分段的半导体检测器 (200、330) 包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池 (210、410、100),所述池在离所述中子源 (340) 的第一距离和第二距离之间以共面子集 (R1-R8) 来布置;以及

将所述半导体中子检测池 (210、410、100) 连接 (S520) 到处理单元 (380),所述处理单元 (380) 配置成在对所有所述池相同的时间间隔期间、基于在所述半导体中子检测器池 (210、410、100) 中检测的中子数量来评估孔隙度值,其中,所述池中的每个包括:

半导体衬底 (120),其掺杂成形成 pn 结,并具有形成从第一表面延伸到所述半导体衬底之内的中子反应材料的微结构;

电极 (130、140), 其中的一个电极与所述半导体衬底的所述第一表面相接触, 以及其中的另一个电极与所述半导体衬底的第二表面相接触, 所述第二表面与所述第一表面相对, 所述电极配置成当中子在所述半导体衬底之内被俘获时发生采集电信号; 以及
电子器件 (150), 其配置成处理和计数接收自所述电极的所述电信号。

具有半导体中子检测池的中子孔隙度测量装置和方法

技术领域

[0001] 本文公开的主题的实施例通常涉及用于油气工业的中子孔隙度测量装置,更具体地,涉及这样的装置,其包括布置成允许以方位角范围来聚集数据的复数个半导体中子检测池 (detection cell) 以及实现通过考虑不同配置评估孔隙度。

背景技术

[0002] 在油气工业中,测井 (或钻孔测井) 是用于关于钻孔所穿透的地质层组的地理性质作出的详细记录的术语。该记录包括多种结果和有时使用降入到井中的工具执行的复杂测量或带到表面的样本。特别感兴趣的是所述层组的流体含量和渗透性、孔隙度的测量。

[0003] 孔隙度是在可能含有油和气的岩石内发现的流体填满的空间的比例,以及是油和气可能含量的指示符。配置成提供孔隙度测量的测井工具可采用多种技术 (例如,声波的和核磁共振),但使用中子是最频繁使用的方法。所述测井工具可能必须在高达 175℃ 以及有时甚至更高的温度来操作。

[0004] 图 1 是使用中子源 10 和两个检测器 (“近”中子检测器 20 和 “远”中子检测器 30) 执行的常规井下 (down-hole) 孔隙度测量设置的轴向截面,“近”中子检测器 20 和 “远”中子检测器 30 离中子源 10 不同距离来定位。所述中子源 10 和中子检测器 20 和 30 通常被封装在机壳 40 中。所述机壳 40 被降入到穿透地质层组 60 的钻孔 50 中。中子源 10 发射的中子中的一些朝向所述层组 60、释放能量 (即,被 “热化”) 以及由于与所述层组 60 中的原子核相互作用或碰撞,被偏转朝向所述中子检测器 20 和 30。

[0005] 检测器 20 和 30 检测偏转朝向检测器的具有较低能量 (热能) 的中子的一些 (取决于每个检测器的效率)。两个检测器 20 和 30 中的计数率的比 (即,检测的中子数量 / 时间) 与所述层组 60 的孔隙度是直接有关的。

[0006] 中子和原子核的相互作用 (即,核反应) 的可能性能够通过相互作用 (即,反应) 的截面来被描述。检测器的效率是与在中子进入检测器的容积 (volume) 时发生的相互作用的可能性成比例的。基于热中子与三个原子核 (氦 (^3He)、锂 (^6Li) 或硼 (^{10}B)) 中的一个一起被俘获 (即,相互作用 / 反应) 的大的可能性 (即,截面) 来建造中子检测器。其它粒子 (诸如, α 粒子 ($^4_2\alpha$) 和质子 (^1_1p)) 由所述热中子与这些元素的反应产生。可计算量的能量 (Q) 被发射作为中子俘获反应的结果。该发射的能量可以是作为结果的粒子或伽马射线的动能。所述能量通过电离被耗散,也就是,电子和正电性粒子的对的形成。这些对能够例如在电场中被收集,以及因此,生成可辨认为中子俘获反应的签名的信号。发射的能量越大,则签名信号的振幅越大。

[0007] 除作为目标的中子之外,一些其它粒子 (例如伽马射线) 可以跨越检测器并且同时被检测。良好的检测器应该展示如下特性:其将允许在热中子的俘获和可能发生的其它非作为目标的核反应之间的辨别。为了促进中子俘获反应和伽马射线之间的辨别,中子俘获反应中发射的能量 (Q) 应该尽可能高。

[0008] 表 1 中示出用于中子检测的三种最常见的中子俘获反应:

[0009] 表 1

[0010]

名称	反应	Q (MeV)	热中子 截面 (barn)
$^{10}\text{B}(n, \alpha)$	$^{10}_3\text{B} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$	基 2.792 激发的 2.31	3840
$^6\text{Li}(n, \alpha)$	$^6_3\text{Li} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^4_2\alpha$	4.78	940
$^3\text{He}(n, p)$	$^3_2\text{He} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^1_1\text{p}$	0.764	5330

[0011] 在上表中,相对于 $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ 反应,“基”意思是作为结果的 ^7Li 是处于基态,而“激发的”意思是作为结果的 ^7Li 是处于第一激发态。

[0012] 传统地,基于 $^3\text{He}(n, p)$ 反应的检测器已被用于油气工业中执行的中子孔隙度测量中,由于它们的相对低的成本、坚固性、良好检测效率和对伽马射线的不灵敏性(即,对具有 ^3He 的伽马射线的相互作用的截面是非常小的)。这些基于 ^3He 的检测器的检测效率能够通过使用 ^3He 气体的更高压力来被改善,但是更高压力的使用导致增加检测器的和要求操作它们的高电压的成本,这不利地影响关联的检测器电子器件(electronics)。另外, ^3He 严重的世界范围的短缺使得有必要发展用于油气工业中的中子孔隙度测量的备选中子检测器。

[0013] 当前,锂玻璃闪烁检测器被用于一些测井工具中。基于 $^6\text{Li}(n, \alpha)$ 反应的检测器的检测效率取决于检测器材料中 ^6Li 的量。用于井下测井的常见的锂玻璃是 GS20,其具有 95% ^6Li 的同位素比以及 6.6% 总的锂成分。虽然对具有 ^6Li 的伽马射线的相互作用的截面是显著的,但是由 $^6\text{Li}(n, \alpha)$ 反应产生的大量能量(Q)能够实现与伽马射线诱导的反应的合理辨别。然而,在室温下锂玻璃检测器的不足能量分辨率在温度低到 150°C 进一步减小,致使它们的使用限于相对浅的井。在锂玻璃闪烁检测器中,所述锂玻璃被联接到光电倍增管(PMT),PMT 在升温下引入电子噪声以及是机械地易碎的。

[0014] 井下中子孔隙度测量可在井的钻井或开采期间被执行。因此,工具以两种不同的运输(绳索(wireline),和测井(或测量)同时钻井(LWD/MWD))来到达。LWD 和绳索系统之间的主要区别是服务环境。LWD 工具在钻井过程期间操作并且经受钻井穿过岩石所生成的高水平的振动和震动。绳索工具在钻井后在线缆上被运输进出所述钻孔,以及没有经历钻井期间看到的震动和振动。

[0015] 图 2 是使用常规的 LWD 工具 80 的孔隙度测量设置的横向截面(其垂直于井轴)。在地质层组 82 之内,钻头(未示出)钻出钻孔 84。在钻井期间,泥浆被循环到所述井之内,以保持静水压力从而抗衡从井出来的流体压力,以及冷却钻头同时也携带在表面碾碎或切割的岩石穿过钻孔 84。所述工具 80 被配置诸如例如通过包围泥浆通道 86 来不干扰泥浆循环。干净的泥浆通过泥浆通道 86 被发送到井下以及携带钻井碎屑穿过钻孔 84 达到表面。

[0016] 所述工具 80 的直径可以是大约 8 英寸。类似于图 1,所述工具 80 可包括安置于离中子源(图 2 中未示出,例如,图 1 中 10)大约 10 英寸的“近”检测器处和安置于离所述中子源大约 20 英寸的“远”检测器处。所述近和远检测器包括具有 3/4 到 1 英寸直径和 2-4

英寸长度的一个或更多 ^3He 管。

[0017] 图 2 是使用常规的工具的孔隙度测量设置的横向截面（垂直于井方向），所述截面切割穿过“近”检测器或穿过“远”检测器。在该情况下，所述（近或远）检测器包括四个 ^3He 管 90。所述 ^3He 管 90 可以被放置在最靠近所述层组 82 的一侧上，因为俘获从所述层组 82 散射的中子是所感兴趣的（而不是流到钻孔 82 或泥浆通道 86 中的泥浆所散射的中子）。可对流到钻孔 84 或泥浆通道 86 中的泥浆所散射的中子的影响来校正近和远检测器中的计数率。然而，甚至当校正被执行时，非对称测量不可避免地引入不确定性和误差。

[0018] 因此，将期望提供中子检测器，其具有良好检测效率（即，对中子俘获的大的截面）、相对于伽马射线良好的辨别、以及在测井震动和振动环境（例如，在钻井期间）和在高温（例如，超过 175°C ）下能够被使用并具有完全的方位角范围，其将实现更准确地考虑到流到钻孔中的泥浆所散射的中子的影响。

发明内容

[0019] 根据一个示例性实施例，一种中子孔隙度测量装置，包括配置成发射具有第一能量的中子的中子源以及分段的半导体检测器。所述分段的半导体检测器包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池，所述池在离所述中子源的第一距离和第二距离之间以共面子集来布置，以及所述中子检测池中的一个或更多配置成独立于所述中子检测的池中的一个或更多其它池来采集与检测的中子有关的数据。

[0020] 根据另一示例性实施例，一种中子孔隙度测量工具，包括：配置成发射具有第一能量的中子的中子源、分段的半导体检测器、和连接到所述分段的半导体检测器的处理单元。所述分段的半导体检测器包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池，所述池在离所述中子源的第一距离和第二距离之间以共面子集来布置，以及所述中子检测池中的一个或更多配置成独立于所述中子检测的池中的一个或更多其它池来采集与检测的中子有关的数据。所述池中的每个具有半导体衬底、电极和电子器件。所述池的所述半导体衬底被掺杂以形成 pn 结，以及具有形成从第一表面延伸到所述半导体衬底之内的中子反应材料的微结构。所述池的所述电极包括与所述半导体衬底的所述第一表面相接触的一个电极和与所述半导体衬底的第二表面相接触的另一电极，所述第二表面与所述第一表面相对，所述电极配置成当中子在所述半导体衬底之内被俘获时发生采集电信号。所述池的所述电子器件配置成处理和计数接收自所述电极的所述电信号。所述处理单元配置成在对所有所述池相同的时间间隔期间、基于在所述半导体中子检测器池中检测的中子数量来评估孔隙度值。

[0021] 根据另一示例性实施例，一种制造中子孔隙度测量装置的方法，包括将中子源和分段的半导体检测器安装到机壳之内，所述中子源配置成发射具有第一能量的中子，所述分段的半导体检测器包括配置成检测具有比所述第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池，所述池在离所述中子源的第一距离和第二距离之间以共面子集来布置。所述方法还包括将所述半导体中子检测池连接到处理单元，所述处理单元配置成在对所有所述池相同的时间间隔期间、基于在所述半导体中子检测器池中检测的中子数量来评估孔隙度值。在此，所述池中的每个包括 (1) 半导体衬底，其掺杂成形成 pn 结，并且具有形成从第一表面延伸到所述半导体衬底之内的中子反应材料的微结构；(2) 电极，其中的一个与

所述半导体衬底的所述第一表面相接触,以及其中的另一个与所述半导体衬底的第二表面相接触,所述第二表面与所述第一表面相对,所述电极配置成当中子在所述半导体衬底之内被俘获时发生采集电信号;以及(3)电子器件,其配置成处理和计数接收自所述电极的所述电信号。

附图说明

[0022] 附图(其被结合到和构成本说明书的一部分)示出一个或更多实施例,以及与描述一起解释这些实施例。在图中:

[0023] 图1是常规井下孔隙度测量设置的轴向截面;

[0024] 图2是使用常规工具的孔隙度测量设置的横向截面;

[0025] 图3是中子半导体检测器池的示意图;

[0026] 图4是根据一示例性实施例的分段的中子检测器的示意图;

[0027] 图5是根据一示例性实施例的使用中子半导体检测器的井下孔隙度测量设置的轴向截面;

[0028] 图6是根据另一示例性实施例的使用中子半导体检测器的孔隙度测量设置的横向截面;以及

[0029] 图7是根据一示例性实施例的制造使用分段的半导体中子检测器的中子孔隙度测量装置的方法的流程图。

具体实施方式

[0030] 示例性实施例的以下描述参考附图。不同图中相同的参考数字识别相同或类似的要素。以下详细描述不限制本发明。相反,本发明的范围由所附权利要求来限定。为了简单起见,关于用于测量油气工业中的土壤层组的孔隙度的中子检测工具的术语和结构来讨论以下实施例。然而,接着要被讨论的实施例不限于这些系统,而是可应用于在 ^3He 缺乏的情景下要求中子检测的其它系统。

[0031] 参考整篇说明书“一个实施例”或“一实施例”意思是连同一实施例描述的一特定的特征、结构或特性被包括在公开主题的至少一个实施例中。因此,整篇说明书多个地方中短语“在一个实施例中”或“在一实施例中”的出现不一定指相同的实施例。另外,特定的特征、结构或特性可以在一个或更多实施例中以任何合适的方式被组合。

[0032] 半导体技术近来的发展已使得通过碳化硅中子检测器来取代常规的 ^3He 管和锂玻璃中子检测器引人注意的。碳化硅中子检测器的结构和效率的描述被包括在U.S. 专利申请号12/956560中,其在此全部并入本文。

[0033] 图3是中子半导体检测器池100的示意图。进来的热中子102与用半导体材料120(例如SiC)缠绕为柱或沟的中子反应材料110的 ^6Li 和 ^{10}B 原子核104相互作用。由相互作用产生的 α 粒子106和反冲的原子核104生成半导体120中的自由电子和失去电子的空穴(表现像自由正电性粒子)的对108。由于半导体pn结(即,用p+杂质来掺杂半导体120的上部区域而底部部分用n-杂质)中的电场,上述电子和上述空穴迁移到该结构的顶部或底部。通过电场(其可通过经由电极130和140应用电位差来被放大)加速的上述电子和空穴可以产生电子和空穴的次要对(secondary pair)。由在电极130和140(其可

以由金制成)收集电子和空穴产生的电信号是俘获中子的指示符。上述电信号可以被处理以及预定时间中的信号数量可以在电子器件单元(150)中被计数。

[0034] 模拟(U.S. 专利申请号 12/956560 中描述,其在此全部并入本文)揭露:对于相同尺寸,具有 ^{10}B 作为反应材料的中子半导体检测器比具有 ^6Li (例如, LiF)作为反应材料的中子半导体检测器具有更高效率。这是预期的结果,因为 ^{10}B 的中子捕捉截面大于 ^6Li 的中子捕捉截面。

[0035] 对具有半导体材料中多种深度(即,50 μm 至200 μm 之间,对50 μm 一步)的中子反应材料的柱的另外的模拟揭露:(i)在柱的200 μm 深度, SiC^6Li 检测器的效率变得与氦管效率可比较,以及对超过130 μm 的柱的深度, SiC^{10}B 检测器效率变得比锂玻璃效率更大。

[0036] 这些模拟还允许将对 SiC^{10}B 检测器、 SiC^6Li 检测器和氦管的近和远检测器计数率的比的评估作为层组孔隙度的函数,这揭露当使用中子半导体检测器时比当使用氦管时,孔隙度测量的灵敏性更大。因此,中子半导体检测器能够被建造以匹配和超出当前使用的检测器(具有 ^3He 和锂玻璃)的检测性能(效率和灵敏性)。此外,中子半导体检测器能够在高达250 $^{\circ}\text{C}$ 以及更高温度下可靠地操作。

[0037] 不同于U.S. 专利申请号 12/956560 中描述的中子孔隙度测量装置,其中近半导体检测器和远半导体检测器取代常规的氦或锂玻璃中子检测器,一些实施例的一个特征是使用方位角和轴向分段的半导体中子检测器。如图4中示出的,分段的中子检测器200包括环绕中心轴220方位角地和以多个共面子集(R1-R8)垂直地布置的、由 SiC^{10}B 和 SiC^6Li 中子检测器制成的多个检测池210。在此,术语共面意思是上述池在相同的水平(例如,共面池中的每个的中间点是在相同的平面中,虽然池是主要地位于该平面之外的三维对象)。单个检测池可能具有大约1 cm^2 的面积和100-150 μm 的厚度。分段的中子检测器200可配置成被用于绳索中或LWD孔隙度测量装置中。因此,检测池的共面圆形布置可能具有1-8英寸的直径(D)和高达30英寸的长度(h)(其是从中子源的第一距离和到中子源的第二距离之间的差)。

[0038] 来自检测池210中的每个的数据采集(例如,计数率)可以被独立地执行。上述池210也可以被编组为对应于“近”检测器的第一组,和编组为对应于“远”检测器的第二组。也就是,由于构造特征,该编组不是固定的。例如,共面行R1-R3中的池可以被考虑成形成“近”检测器以及共面行R4-R8中的池可以被考虑成形成“远”检测器。多个孔隙度估计可基于使用所述池的不同编组的相同测量被实际地提取。这些孔隙度估计可以被组合以得出这样的孔隙度值,与当使用单个编组时相比,该孔隙度值具有较显著更小的不确定性。

[0039] 图5是根据一示例性实施例使用中子孔隙度测量装置300的井下孔隙度测量设置的轴向截面。中子孔隙度测量装置300被降入到钻孔310之内以测量地质层组320的孔隙度。中子孔隙度测量装置300包括分段的半导体中子检测器330(例如,与图4中示出的所述一个类似)和中子源340。

[0040] 中子源340发射的中子的平均能量比检测器330中检测的中子的平均能量大得多。由于中子的高速度,具有例如能量大于1MeV的快中子是几乎不可能与原子核相互作用。与原子核碰撞(参见,例如中子轨道335)后的、具有能量小于1eV的热中子是更加可能被原子核俘获。因此,中子源发射的中子的平均能量比半导体中检测的中子的平均能量大得多,以及因此直接来自于中子源的中子是不太可能被检测到。

[0041] 分段的半导体中子检测器 330 和中子源 340 可以被放置到机壳 350 之内。中子源 340 可以是化学源诸如 AmBe 或电中子发生器。如果中子源 340 是化学源,则当孔隙度测量装置 300 不在使用中时,中子源 340 可以从孔隙度测量装置 300 被去除,以及存储到辐射屏蔽的存储中。机壳 350 可具有配置成接纳中子源 340 的腔 360。

[0042] 分段的半导体中子检测器 330 的检测池中的每个可具有关联的电子器件,所述关联的电子器件能够在与所述池相同的温度(例如,高达 250℃)下操作以及能够实现采集和处理由于池中俘获的中子产生的信号。池电子器件也可以配置成在预定的时间时期中计数信号数量。池电子器件可靠近相应的池定位或可以被编组到一个或更多电子器件块中。

[0043] 孔隙度测量装置 300 也可包括数据处理单元 380,其配置成处理和/或传送(经由有线 390 或无线地)与孔隙度测量有关的数据和结果到远程装置。如果中子孔隙度测量装置 300 是 LWD 装置,则孔隙度测量有关的数据可在表面被发送穿过泥浆(以实时模式)。所述数据也可被记录到数据存储装置 390(以记录模式)中,以在所述装置被带回到所述表面后被恢复和处理。

[0044] 使用 ^3He 或锂玻璃检测器的常规孔隙度测井工具要求高压供电电源以能够当中子被俘获时收集信号。所述高压供电电源占用常规孔隙度测井工具之内的许多空间和高供电电源。在中子孔隙度测量装置 300 的情况下,由于 pn 结的电场(虽然电场可通过经由电极应用电位差来放大,但是该增强不暗示高功率要求),所以不必须供电电源。因为中子半导体检测器不要求(高)供电电源,所以所述电子器件与要求用锂玻璃的光电倍增管或氦管的电子器件相比较是显著更小的。如果用于常规工具的机壳与中子半导体检测器一起被使用,则可用中子吸收器(例如,硼环氧树脂)填满自由空间以从中子源、泥浆通道和钻孔更好地屏蔽中子检测器,以及因此降低没有行进穿过层组的检测的中子的数量。换句话说,更多屏蔽导致降低测量噪声。备选的是,更小的电子器件允许机壳比用于常规工具的机壳更小。

[0045] 图 6 是根据另一示例性实施例的使用中子孔隙度测量装置 400 的孔隙度测量设置的横向截面。类似于图 2,图 6 示出配置成当被降入到钻孔 84 以测量层组 82 的孔隙度时包围泥浆通道 86 的 LWD 装置。配置成独立地采集数据的碳化硅池 410 成圆形地布置,因此提供区别方位角测量的可能性和因此对孔隙度评估中的钻孔影响的更好校正。

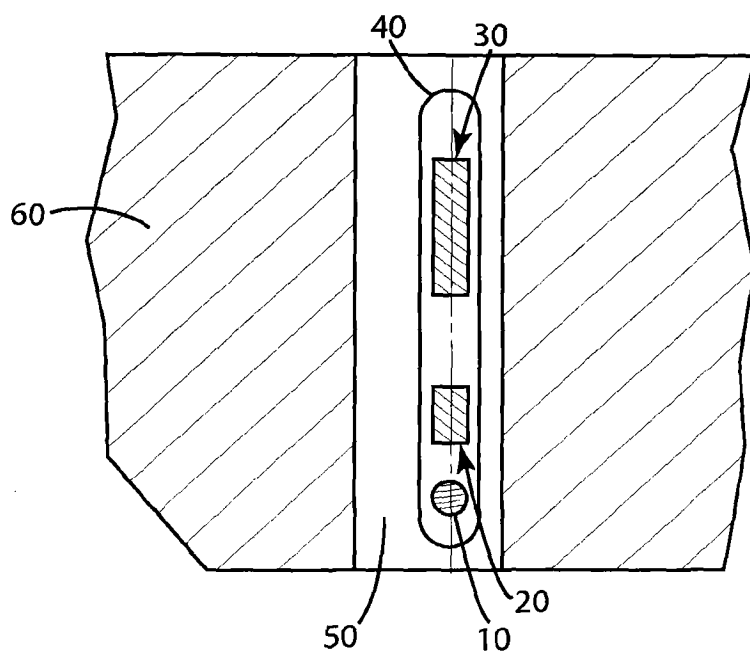
[0046] 图 7 中示出一种制造中子孔隙度测量装置的方法 500 的流程图。方法 500 包括在 S510 将中子源和分段的半导体检测器(例如,200)安装到机壳之内,所述中子源配置成发射具有第一能量的中子,所述分段的半导体检测器包括配置成检测具有比第一能量小的第二能量的中子的多个半导体中子检测池。方法 500 还包括将所述半导体中子检测池连接到处理单元,所述处理单元配置成在对所有池相同的时间间隔期间、基于在半导体中子检测器池中检测的中子数量来评估孔隙度值。

[0047] 公开的示例性实施例提供与使用分段的中子半导体检测器的孔隙度测量有关的装置和方法。应该理解的是,该描述无意于限制本发明。相反,所述示例性实施例意在覆盖包括在所附权利要求限定的本发明的精神和范围中的备选、修改和等同。另外,在示例性实施例的详细描述中,许多具体细节被陈述以便提供要求的发明的全面理解。然而,本领域的技术人员将理解,在没有此类具体细节的情况下,多种实施例可以被实践。

[0048] 虽然本示例性实施例的特征和要素以特定组合在实施例中被描述,但是每个特征或要素能够在没有实施例的其它特征和要素的情况下被独自使用,或以与或不与本说明书

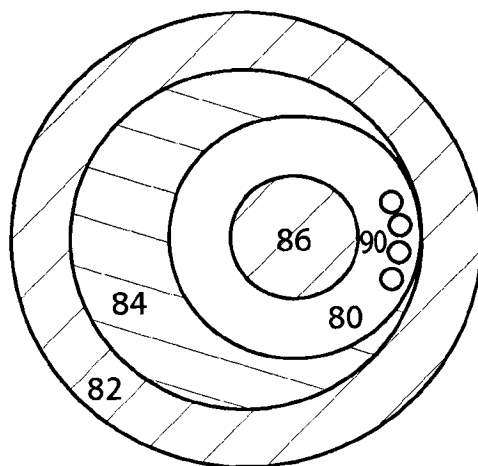
公开的其它特征和要素的多种组合被使用。

[0049] 该书面描述使用公开的主题的示例以使得本领域的任何技术人员能够实践该公开的主题,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。该主题的可取得专利的范围由权利要求来限定,以及可包括本领域的技术人员想到的其它示例。此类其它示例确定为在权利要求的范围内。



(背景技术)

图 1



(背景技术)

图 2

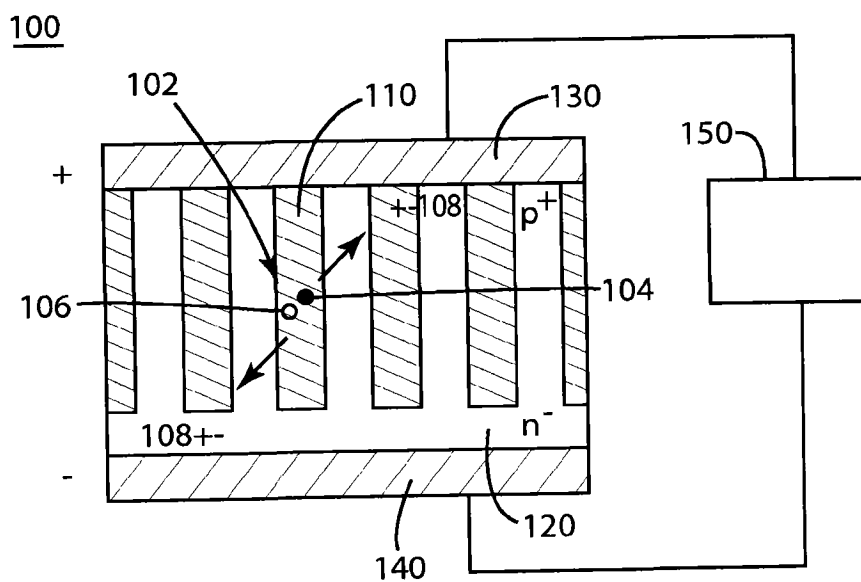


图 3

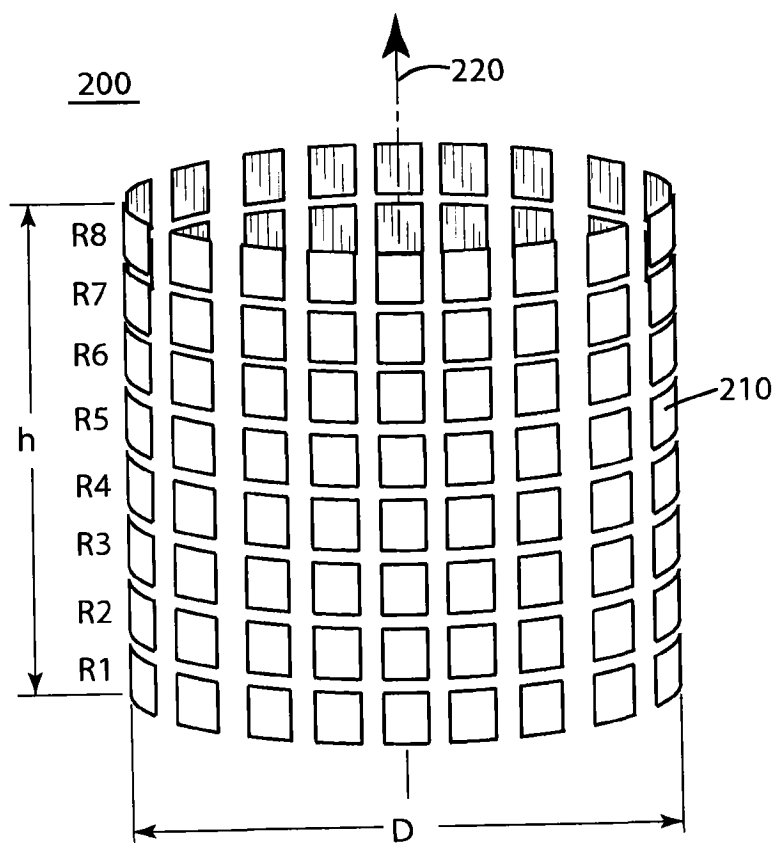


图 4

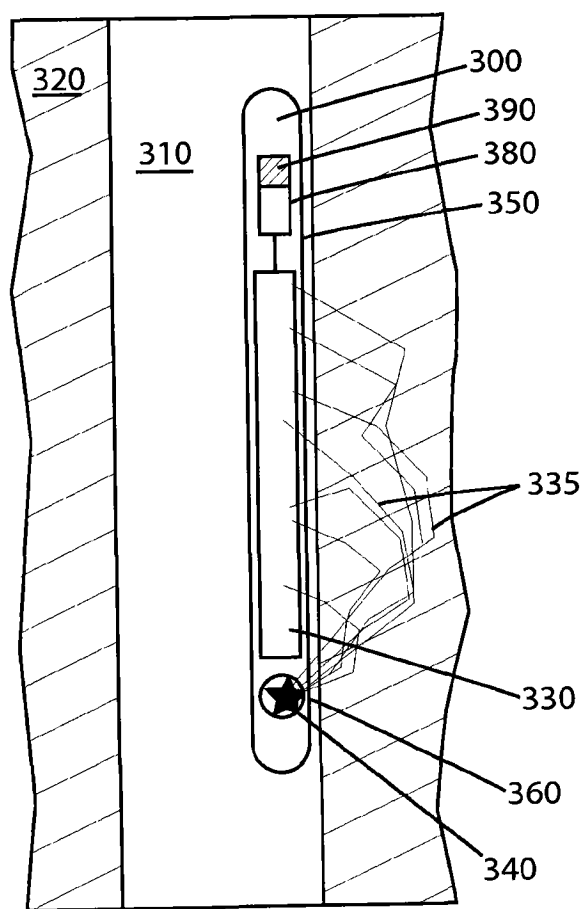


图 5

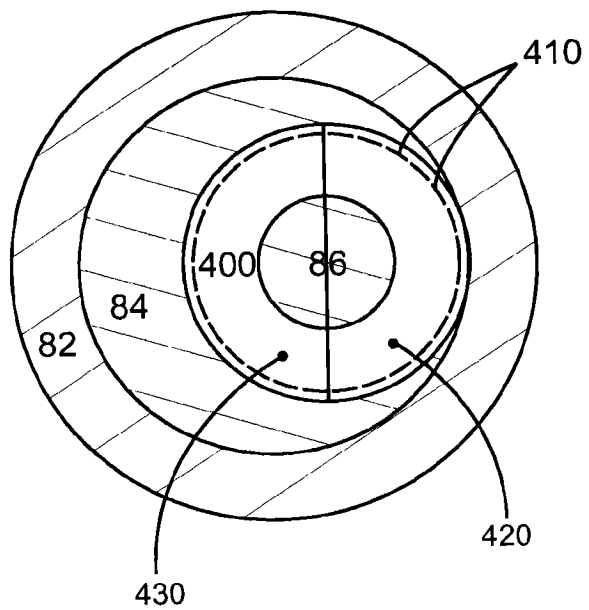


图 6

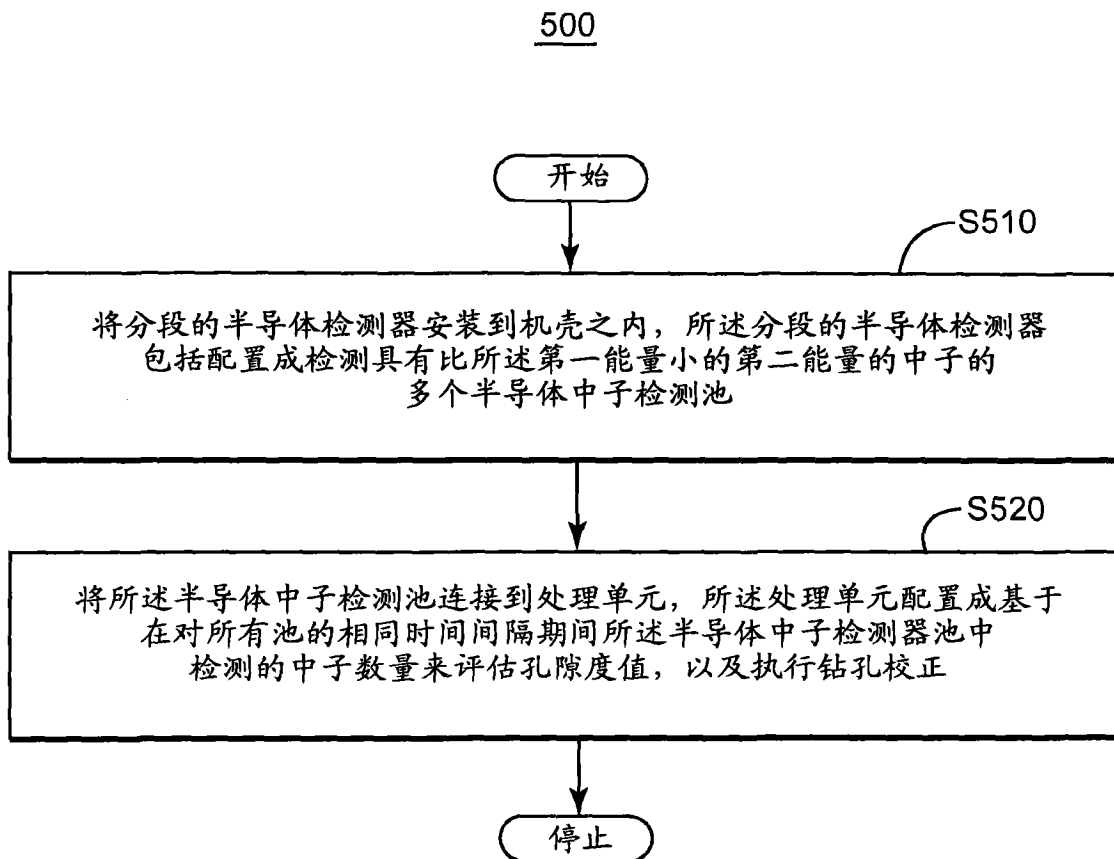


图 7