



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103975124 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201180075330.1

(22)申请日 2011.12.06

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.06.06

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2011/063582 2011.12.06

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/085496 EN 2013.06.13

(73)专利权人 哈利伯顿能源服务公司
地址 美国得克萨斯

(72)发明人 M·L·夫瑞普
贾森·D·戴克斯特拉
O·德杰瑟斯

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 黄艳 聂慧荃

(51)Int.Cl.

E21B 43/12(2006.01)

E21B 34/08(2006.01)

(56)对比文件

US 2011139453 A1, 2011.06.16,

US 2011139453 A1, 2011.06.16,

US 2007246213 A1, 2007.10.25,

US 4782896 A, 1988.11.08,

CN 10133920 A, 2008.12.31,

US 2009266555 A1, 2009.10.29,

CN 102027191 A, 2011.04.20,

US 2011186300 A1, 2011.08.04,

审查员 程辉

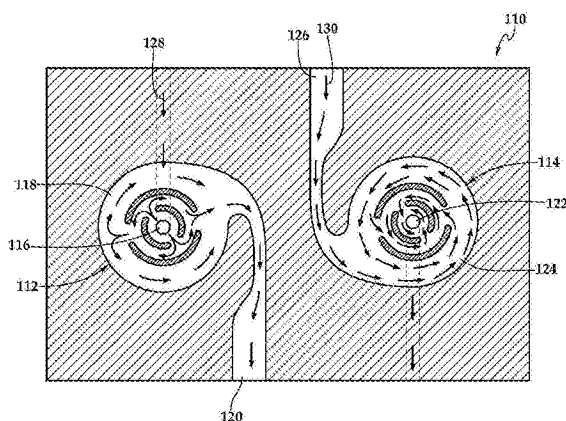
权利要求书3页 说明书9页 附图13页

(54)发明名称

双向井下流体流控制系统和方法

(57)摘要

一种双向井下流体流控制系统,能够控制地层流体的流入以及注入流体的流出。该系统包括至少一个注入流控制组件以及与该至少一个注入流控制组件并联的至少一个产出流控制组件。该至少一个注入流控制组件和该至少一个产出流控制组件各自具有依赖于方向的流阻,使得注入流体流穿过该至少一个产出流控制组件要比穿过该至少一个注入流控制组件经受更大的流阻,以及使得产出流体流穿过该至少一个注入流控制组件要比穿过该至少一个产出流控制组件经受更大的流阻。



1. 一种双向井下流体流控制系统,包括:

多个注入流控制组件,具有依赖于方向的流阻,所述注入流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述注入流控制组件的第一级和第二级各自具有中央入口端口和径向出口端口,其中,所述注入流控制组件的第一级的径向出口端口与所述注入流控制组件的第二级的中央入口端口流体流通;以及

多个产出流控制组件,具有依赖于方向的流阻,所述产出流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述产出流控制组件的第一级和第二级各自具有中央入口端口和径向出口端口,其中,所述产出流控制组件的第一级的径向出口端口与所述产出流控制组件的第二级的中央入口端口流体流通,

其中,所述产出流控制组件与所述注入流控制组件并联,

其中,注入流体流穿过所述产出流控制组件比穿过所述注入流控制组件经受更大的流阻;以及

其中,产出流体流穿过所述注入流控制组件比穿过所述产出流控制组件经受更大的流阻。

2. 如权利要求1所述的流控制系统,其中,进入所述注入流控制组件的涡流二极管的注入流体流主要沿径向方向行进,进入所述注入流控制组件的涡流二极管的产出流体流主要沿切线方向行进。

3. 如权利要求1所述的流控制系统其中,进入所述产出流控制组件的涡流二极管的产出流体流主要沿径向方向行进,进入所述产出流控制组件的涡流二极管的注入流体流主要沿切线方向行进。

4. 一种强化油回收方法,包括:

将包括双向流体流控制系统的完井柱设置在井眼中的目标位置,所述控制系统具有多个具有依赖于方向的流阻的固态注入流控制组件,所述注入流控制组件与多个具有依赖于方向的流阻的固态产出流控制组件并联,所述注入流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述注入流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述注入流控制组件的第一级的径向端口与第二级的中央端口流体流通,所述产出流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述产出流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述产出流控制组件的第一级的中央端口与第二级的径向端口流体流通;

通过将蒸汽引入所述注入流控制组件的第一级的中央端口和所述产出流控制组件的第一级的径向端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将蒸汽从表层注入地层,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述注入流控制组件的蒸汽的体积比穿过所述产出流控制组件的大;

使热量从蒸汽传递到地层中的流体内;以及

通过将地层流体引入所述注入流控制组件的第二级的径向端口和所述产出流控制组件的第二级的中央端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将流体从地层产出到表层,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述产出流控制组件的流体的体积比穿过所述注入流控制组件的大。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,通过所述双向流体流控制系统将蒸汽从表层注入地层、使得穿过所述注入流控制组件的蒸汽的体积比穿过所述产出流控制组件的大,还包括:将蒸汽的第一部分从所述注入流控制组件注入地层,且将蒸汽的第二部分从所述产出流控制组件注入地层,其中,注入地层的蒸汽的第一部分大于注入地层的蒸汽的第二部分。

6. 如权利要求5所述的方法,其中,通过所述双向流体流控制系统将流体产出到表层、使得穿过所述产出流控制组件的流体的体积比穿过所述注入流控制组件的大,还包括:将流体的第一部分从所述产出流控制组件产出至井柱,且将流体的第二部分从所述注入流控制组件产出至井柱,其中,流入井柱的流体的第一部分大于流入井柱的流体的第二部分。

7. 一种多地带强化油回收方法,包括:

将完井柱设置在井眼中的目标位置,所述完井柱包括用于井眼中的多个地带的双向流体流控制系统,每个双向流体流控制系统具有多个具有依赖于方向的流阻的固态注入流控制组件,所述注入流控制组件与多个具有依赖于方向的流阻的固态产出流控制组件并联,所述注入流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述注入流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述注入流控制组件的第一级的径向端口与第二级的中央端口流通,所述产出流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述产出流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述产出流控制组件的第一级的中央端口与第二级的径向端口流通;

通过将蒸汽引入所述注入流控制组件的第一级的中央端口和所述产出流控制组件的第一级的径向端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将蒸汽从表层注入多个地带,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述注入流控制组件的蒸汽的体积比穿过所述产出流控制组件的大;

使热量从蒸汽传递到与所述多个地带相关的地层中的流体内;以及

通过将地层流体引入所述注入流控制组件的第二级的径向端口和所述产出流控制组件的第二级的中央端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将流体从地层产出到表层,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述产出流控制组件的流体体积比穿过所述注入流控制组件的大。

8. 如权利要求7所述的方法,其中,每个所述控制系统包括的所述注入流控制组件的数量大于所述产出流控制组件。

9. 一种强化油回收方法,包括:

将包括双向流体流控制系统的完井柱设置在井眼中的目标位置,所述控制系统具有多个具有依赖于方向的流阻的固态注入流控制组件,所述注入流控制组件与多个具有依赖于方向的流阻的固态产出流控制组件并联,所述多个固态注入流控制组件的数量大于所述多个固态产出流控制组件,所述注入流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述注入流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述注入流控制组件的第一级的径向端口与第二级的中央端口流通,所述产出流控制组件还包括具有处于串联的第一涡流二极管级和第二涡流二极管级的两级流控制组件,所述产出流控制组件的第一级和第二级各自具有中央端口和径向端口,其中,所述产出流控制组件的第一级的中央端口与第二级的径向端口流通;

通过将蒸汽引入所述注入流控制组件的第一级的中央端口和所述产出流 控制组件的第一级的径向端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将蒸汽从表层注入地层,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述注入流控制组件的蒸汽的体积比穿过所述产出流控制组件的大;

将热量从蒸汽传递到地层中的流体内;以及

通过将地层流体引入所述注入流控制组件的第二级的径向端口和所述产出流控制组件的第二级的中央端口两者,来通过所述双向流体流控制系统将流体从地层产出到表层,其中,所述双向流体流控制系统允许穿过所述产出流控制组件的流体的体积比穿过所述注入流控制组件的大。

双向井下流体流控制系统和方法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及与在地下井中执行的操作结合使用的设备,特别是涉及能够控制地层流体的流入以及注入流体的流出的井下流体流控制系统和方法。

背景技术

[0002] 在不限定本发明的范围的情况下,对本发明的背景技术参照作为示例地将蒸汽注入含烃地层来进行说明。

[0003] 在产出重油(具有高粘度和高比重的油)期间,有时希望将回收增强流体注入储集层以提高油的流动性。一种回收增强流体是使用循环蒸汽注入工艺注入的蒸汽,其通常被称为“蒸汽吞吐”操作。在该循环蒸汽增产操作中,井处于蒸汽注入、浸泡和产油的循环中。在第一阶段,将高温蒸汽注入储集层。在第二阶段,关闭井以使得热分布到储集层中以使油变稀。在第三阶段期间,变稀的油被产出到井中并可被泵送到表层。在井的生产生命周期中,该过程可按要求重复。

[0004] 在具有多个地带的井中,由于管柱中的不同压力和/或地带的渗透性以及压力损耗和热损耗,进入每个地带的蒸汽的量可能难以控制。在每个地带处确保注入所需蒸汽的一个办法是建立流过与每个地带相关的管口的临界流态(critical flow regime)。当流经管口的喉道的速度等于在本地流体条件下的流体的音速时,实现流经管口的可压缩流体的临界流。一旦达到声速,不管下游条件如何变化,该速度以及因此流经管口的流体的流速将无法增加。因此,不管在每个地带处的环空压力如何不同,只要在每个管口处保持临界流,就能知道进入每个地带的蒸汽的量。

[0005] 然而,已经发现,通过反向流过传统的流控制装置来实现所需注入的流速和压力分布是不可实施的。因为流控制组件是设计用于产出流速的,试图以注入流速反向流过传统的流控制装置会导致无法接受的压力下降。因此,有必要开发能够控制用于从地层产出的流体的流入的流体流控制系统。也有必要开发这种能够控制流体以所需注入流速从完井柱流入地层的流体流控制系统。此外,有必要开发这种能够使地层流体的流入和注入流体的流出重复循环的流体流控制系统。

发明内容

[0006] 此处公开的本发明包括一种用于控制从地层产出的流体的流入的井下流体流控制系统和方法。此外,本发明的井下流体流控制系统和方法能够控制流体以所需注入流速从完井柱流入地层。此外,本发明的井下流体流控制系统和方法能够使地层流体的流入和注入流体的流出的重复循环。

[0007] 在一方面,本发明涉及双向井下流体流控制系统。该系统包括至少一个注入流控制组件以及与该至少一个注入流控制组件并联的至少一个产出流控制组件。至少一个注入流控制组件和至少一个产出流控制组件各自具有依赖于方向的流阻(direction dependent flow resistance),使得注入流体流穿过该至少一个产出流控制组件比穿过该

至少一个注入流控制组件经受更大的流阻,使得产出流体流穿过该至少一个注入流控制组件比穿过该至少一个产出流控制组件经受更大的流阻。

[0008] 在一实施例中,至少一个注入流控制组件可以是沿产出方向比沿注入方向对流动提供更大阻力的流体二极管(fluidic diode)。在该实施例中,流体二极管可为涡流二极管,其中进入该涡流二极管的注入流体流主要沿径向方向行进,进入该涡流二极管的产出流体流主要沿切线方向行进。在另一实施例中,至少一个产出流控制组件可以是沿注入方向比沿产出方向对流动提供更大阻力的流体二极管。在该实施例中,流体二极管可为涡流二极管,其中进入该涡流二极管的产出流体流主要沿径向方向行进,进入该涡流二极管的注入流体流主要沿切线方向行进。

[0009] 在一实施例中,至少一个注入流控制组件可以是沿产出方向比沿注入方向对流动提供更大阻力的流体二极管,该二极管与具有能够使临界流穿过的喉部和扩散部的管口串联。在其他实施例中,至少一个注入流控制组件可以是沿产出方向比沿注入方向对流动提供更大阻力的流体二极管,该二极管与流体选择阀串联。在某些实施例中,至少一个产出流控制组件可以是沿注入方向比沿产出方向对流动提供更大阻力的流体二极管,该二极管与流入控制装置串联。

[0010] 在另一方面,本发明涉及双向井下流体流控制系统。该系统包括至少一个注入涡流二极管和至少一个产出涡流二极管。在该构造中,进入注入涡流二极管的注入流体流主要沿径向方向行进,进入该注入涡流二极管的产出流体流主要沿切线方向行进。同样地,进入产出涡流二极管的产出流体流主要沿径向方向行进,而进入该产出涡流二极管的注入流体流主要沿切线方向行进。

[0011] 在一实施例中,至少一个注入涡流二极管可与具有能够使临界流穿过的喉部和扩散部的管口串联。在另一实施例中,至少一个注入涡流二极管可与流体选择阀串联。在进一步的实施例中,至少一个产出涡流二极管可与流入控制装置串联。在某些实施例中,至少一个注入涡流二极管可以是彼此并联的多个注入涡流二极管。在其他实施例中,至少一个产出涡流二极管可以是彼此并联的多个产出涡流二极管。

[0012] 在又一方面,本发明涉及双向井下流体流控制方法。该方法包括:在目标位置的井下处设置流体流控制系统,该流体流控制系统具有至少一个注入流控制组件以及与该至少一个注入流控制组件并联的至少一个产出流控制组件;通过该流体流控制系统将注入流体从表层泵入地层,使得注入流体穿过该产出流控制组件比穿过该注入流控制组件经受更大的流阻;以及通过该流体流控制系统将地层流体产出到表层,使得产出流体穿过该注入流控制组件比穿过该产出流控制组件经受更大的流阻。该方法还包括通过并联的相反的流体二极管来泵送注入流体,每个二极管具有依赖于方向的流阻,通过并联的相反流体二极管来产出地层流体,每个二极管具有依赖于方向的流阻,通过并联的相反的涡流二极管来泵送注入流体,每个二极管具有依赖于方向的流阻,通过并联的相反的涡流二极管来产出地层流体,每个二极管具有依赖于方向的流阻,或通过具有依赖于方向的流阻的注入流体二极管以及与该流体二极管串联的管口来泵送注入流体,该管口具有能够使临界流穿过的喉部和扩散部。

[0013] 双向井下流体流控制系统包括:

[0014] 在一个额外的方面中,本发明涉及双向井下流体流控制系统。该系统包括至少一

个注入流控制组件以及与该至少一个注入流控制组件并联的至少一个产出流控制组件。至少一个注入流控制组件具有依赖于方向的流阻,使得产出流体穿过该至少一个注入流控制组件的流入比注入流体穿过该至少一个注入流控制组件的流出经受更大的流阻。

附图说明

[0015] 为了更为全面地理解本发明的特征和优点,现在参照附图详细说明本发明,其中在不同附图中的对应数字指代对应的部件,在附图中:

[0016] 图1为根据本发明的一实施例在井操作的注入阶段期间操作多个井下流体流控制系统的井系统的示意图;

[0017] 图2为根据本发明的一实施例在井操作的产出阶段期间操作多个井下流体流控制系统的井系统的示意图;

[0018] 图3A-3B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻的流控制组件的示意图;

[0019] 图4A-4B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻的流控制组件的示意图;

[0020] 图5A-5B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻的流控制组件的示意图;

[0021] 图6A-6B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻并具有处于串联的两个流控制元件的两级流控制组件的示意图;

[0022] 图7A-7B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻并具有处于串联的两个流控制元件的两级流控制组件的示意图;

[0023] 图8为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻并具有处于串联的两个流控制元件的两级流控制组件的示意图;

[0024] 图9为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻并具有处于串联的两个流控制元件的两级流控制组件的示意图;

[0025] 图10A-10B为根据本发明的一实施例用于流体流控制系统中的具有依赖于方向的流阻的两级流控制组件的示意图。

具体实施方式

[0026] 虽然下面详细讨论本发明的各种实施例的制造和使用,但是应理解,本发明提供了在各种具体情况下可实施的很多可应用的发明概念。此处所讨论的具体实施例仅说明制造和使用本发明的具体办法,不限制本发明的范围。

[0027] 首先参照图1,示意性示出包括多个位于井下管柱中的双向井下流体流控制系统的井系统,其总体用10表示。井眼12延伸穿过包括地层14、16、18的各种地球地层。井眼12包括可在井眼12内灌水泥的套管20。套管20在对应于地层14、16、18的每个感兴趣的地带处、在射孔孔眼22、24、26处穿孔。管柱28设有套管20并通常形成环形区域,该管柱包括多个工具,例如隔离环状空间34的封隔器30、32,隔离环状空间40的封隔器36、38以及隔离环状空间46的封隔器42、44。管柱28还包括分别相对于环状空间34、40、46设置的多个双向井下流体流控制系统48、50、52。管柱28限定中央通道54。

[0028] 在所示实施例中,流体流控制系统48具有多个注入流控制组件56,流体流控制系统50具有多个注入流控制组件58,流体流控制系统52具有多个注入流控制组件60。此外,流体流控制系统48具有多个产出流控制组件62,流体流控制系统50具有多个产出流控制组件64,流体流控制系统52具有多个产出流控制组件66。流控制组件56、62在中央通道54和环状空间34之间设置彼此并联的多个流路。流控制组件58、64在中央通道54和环状空间40之间设置彼此并联的多个流路。流控制组件60、66在中央通道54和环状空间46之间设置彼此并联的多个流路。每个流控制组件56、58、60、62、64、66包括具有依赖于方向的流阻的至少一个流控制元件,例如流体二极管。

[0029] 在该构造中,每个流体流控制系统48、50、52可用于控制流体进入对应地层14、16、18的注入速率,以及流体从对应地层14、16、18的产出速率。例如,在循环蒸汽增产工艺操作期间,蒸汽可注入地层14、16、18,如中央通道54中的箭头68、环状空间34中的大箭头70和小箭头72、环状空间40中的大箭头74和小箭头76以及环状空间46中的大箭头78和小箭头80所示,如最佳见于图1。当循环蒸汽增产工艺操作的蒸汽注入阶段完成时,井系统10可关井以使地层14、16、18中的热分布将油变稀。在循环蒸汽增产工艺操作的浸泡阶段之后,井系统10可打开以使储集层流体从地层14、16、18产出到该井中,如中央通道54中的箭头82、环状空间34中的箭头84、流体流控制系统48中的大箭头86和小箭头88、环状空间40中的箭头90、流体流控制系统50中的大箭头92和小箭头94以及环状空间46中的箭头96、流体流控制系统52中的大箭头98和小箭头100所示,如最佳见于图2。在循环蒸汽增产工艺操作的产出阶段之后,根据需要可重复循环蒸汽增产工艺操作的各阶段。

[0030] 如上所述,每个流控制组件56、58、60、62、64、66包括具有依赖于方向的流阻的至少一个流控制元件。该依赖于方向的流阻确定能够流过特定流控制组件的流体的体积或相对体积。在图1所示的流体注入操作中,相关的流体注入体积被分别表示为穿过流控制组件56、58、60注入的大箭头70、74、78,以及被分别表示为穿过流控制组件62、64、66注入的小箭头72、76、80所示。同样地,在图2所示的流体产出操作中,相关的流体产出体积表示为分别代表穿过流控制组件62、64、66产出的大箭头86、92、98以及分别代表穿过流控制组件56、58、60产出的小箭头88、94、100。在所示实施例中,注入流体流穿过流控制组件62、64、66比穿过流控制组件56、58、60经受更大的流阻,而产出流体流穿过流控制组件56、58、60比穿过流控制组件62、64、66经受更大的流阻。在该构造中,流控制组件62、64、66可称为产出流控制组件,因为多数产出流通过,流控制组件56、58、60可称为注入流控制组件,因为多数注入流通过。

[0031] 虽然图1和图2以井眼的竖直区段示出本发明,但是本领域技术人员应理解,本发明同样能够良好地适用于具有其他方向构造的井,包括水平井、斜井、倾斜井、分支井等。因此,本领域技术人员应理解,方向术语的使用例如以上、以下、上、下、朝上、朝下、左、右、井上(uphole)、井下(downhole)等是与所示实施例结合使用的,如图中所示,朝上方向为朝相应附图的顶部,朝下方向为朝相应附图的底部,井上方向为朝向井的表层,井下方向为朝向井的下端。同时,虽然图1和图2也示出具有每个地带的特定数量的流体流控制系统,但是本领域技术人员应理解,任意数量的流体流控制系统可与每个地带关联,不同数量的流体流控制系统与不同地带关联。此外,虽然图1和图2示出的流体流控制系统具有流控制能力,但是本领域技术人员应理解,流体流控制系统还可具有其它的能力,例如控沙。虽然图1和图2

示出的流体流控制系统具有产出流控制组件和注入流控制组件的特定构造,但是本领域技术人员应理解,在本发明的范围内,流体流控制系统可以具有产出流控制组件和注入流控制组件的其他构造。例如,产出流控制组件可位于注入流控制组件的井上。产出流控制组件的数量可大于或小于注入流控制组件的数量。某些或所有产出流控制组件可大致位于与某些或所有注入流控制组件相同的周向位置处。某些产出流控制组件可大致位于与其他产出流组件不同的周向位置处。同样地,某些注入流控制组件可大致位于不同于其他注入流组件的周向位置处。

[0032] 下面参照图3A-图3B,其中示出具有带依赖于方向的流阻的流控制组件的流体流控制系统的一部分,分别处于注入操作期间和产出操作期间,总体用110标记。在所示区段中,示出两个相反的流控制组件112、114,其中流控制组件112是注入流控制组件,流控制组件114是产出流控制组件。如图所示,流控制组件112是呈涡流二极管形式的流体二极管,其具有中央端口116、涡流室118以及侧端口120。同样地,流控制组件114是呈涡流二极管形式的流体二极管,其具有中央端口122、涡流室124以及侧端口126。

[0033] 图3A表示井操作的注入阶段。注入流被示出为流控制组件112中的箭头128以及流控制组件114中的箭头130。如图所示,在侧端口126处进入流控制组件114的注入流体130主要沿切线方向被引入涡流室124,这导致该流体在通过中央端口122最终离开之前、绕涡流室124成螺旋形,如箭头所示。绕涡流室124成螺旋形的流体有摩擦损失。此外,切向速度产生妨碍径向流的离心力。因此,主要沿切线方向进入涡流室124的通过流控制组件114的注入流体遇到显著阻力,这导致注入流速明显降低。

[0034] 同时,从中央端口116进入涡流室118的注入流体128在涡流室118内成小螺旋形地通过侧端口120离开之前、在涡流室118内主要沿径向方向行进,不会经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。因此,主要沿径向进入涡流室118的通过流控制组件112的注入流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件114的注入流速高得多的注入流速。

[0035] 图3B表示井操作的产出阶段。产出流被示出为流控制组件112中的箭头132以及流控制组件114中的箭头134。如图所示,在侧端口120进入流控制组件112的产出流体132主要沿切线方向被引入涡流室118,这导致该流体在通过中央端口116最终离开之前、绕涡流室118成螺旋形,如箭头所示。绕涡流室118成螺旋形的流体有摩擦损失和离心损失。因此,主要沿切线地进入涡流室118的通过流控制组件112的产出流体遇到显著阻力,这导致产出流速明显降低。

[0036] 同时,从中央端口122进入涡流室124的产出流体134在涡流室124内成小螺旋形地通过侧端口126离开之前、在涡流室124内主要沿径向方向行进,不会经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。因此,主要沿径向进入涡流室124的通过流控制组件114的产出流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件112的产出流速高得多的产出流速。

[0037] 虽然通过特定的设计来说明和示出了流控制组件112、114,但是本领域技术人员将认识到,该流控制组件的设计将基于例如所需流速、所需压力下降、注入和产出流体的类型和成分等因素来确定。例如,当流控制组件内的流体流阻元件是涡流室时,入口的相对大小、数量以及接近角可被改变以将流体引入该涡流室,从而增加或减少螺旋效应,因此增加

或减少了流阻,而且在该涡流室中提供了所需的流模式。此外,涡流室可包括导流叶片或其他的方向装置,例如沟槽、脊、波形或其他表面形状,以引导该室内的流体流或提供不同或额外的流阻。本领域技术人员应注意,虽然涡流室可为筒形,如图所示,但是本发明的流控制组件也可具有改变形状的涡流室,这些形状包括但不限于直角矩形、椭圆、球形、椭球形等。因此,本领域技术人员应理解,注入流控制组件的特定设计和数量将基于所需的注入剖面,而产出流控制组件对总体注入流速贡献较小,产出流控制组件的特定设计和数量将基于所需的产出剖面,该注入流控制组件对总体产出流速贡献较小。

[0038] 如图3A-图3B所示,使用流控制组件112、114不仅能够进行产出流体流控制,而且能够进行注入流体流控制。在所示的示例中,在井操作的注入阶段期间,流控制组件114比流控制组件112对流体流提供更大的阻力,而在井操作的产出阶段期间,流控制组件112比流控制组件114对流体流提供更大的阻力。与复杂且昂贵的现有技术的系统(其需要一套用于产出的流控制组件、另一套用于注入的流控制组件以及相关的止回阀以防止回流)不同,本发明能利用通过依赖于方向的流阻可操作双向流的固态流控制组件而实现所需流和压力范围不仅用于产出方向而且用于注入方向。

[0039] 虽然流控制组件112、114被说明和示出为呈涡流二极管形式的流体二极管,但是本领域技术人员应理解,本发明的流控制组件也可具有产生依赖于方向的流阻的其他类型的流体二极管。例如,如图4A-图4B所示,流体流控制系统130具有两个相反的流控制组件132、134,该流控制组件具有提供依赖于方向的流阻的呈涡卷二极管形式的流体二极管。在所示实施例中,流控制组件132是注入流控制组件,流控制组件134是产出流控制组件。

[0040] 图4A表示井操作的注入阶段。注入流被示出为流控制组件132中的箭头136以及流控制组件134中的箭头138。如图所示,注入流138通过收敛管口140进入具有轴向环形杯142的突扩部,其中流体在管口喉部处分开并进入引导流体返回朝向进入流的环形杯142。然后流体必须再次转向通过环形杯142,进入突扩区域144。因此,通过流控制组件134的注入流体遇到显著阻力,这导致注入流速明显降低。同时,注入流体136通过区域146,以最小的损失绕环形杯148并穿过喉部进入管口150的扩散部。因此,通过流控制组件132的注入流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件134的注入流速高得多的注入流速。

[0041] 图4B表示井操作的产出阶段。产出流被示出为流控制组件132中的箭头152以及流控制组件134中的箭头154。如图所示,产出流152通过收敛管口150进入具有轴向环形杯148的突扩部,其中流体在管口喉部处分开并进入引导流体返回朝向进入流的环形杯148。然后流体必须再次转向通过环形杯148,进入突扩区域146。因此,通过流控制组件132的产出流体遇到显著阻力,这导致产出流速明显降低。同时,产出流体154通过区域144,以最小的损失绕环形杯142并穿过喉部进入管口140的扩散部。因此,通过流控制组件134的产出流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件132的产出流速高得多的产出流速。

[0042] 在另一实施例中,如图5A-图5B所示,流体流控制系统160具有两个相反的流控制组件162、164,该流控制组件具有提供依赖于方向的流阻的呈特斯拉二极管形式的流体二极管。在所示实施例中,流控制组件162是注入流控制组件,流控制组件164是产出流控制组件。图5A表示井操作的注入阶段。注入流被示出为流控制组件162中的箭头166以及流控制

组件164中的箭头168。如图所示,注入流体168通过一组引导流体返回朝向前进流的相连的分支和流回路,例如回路170。因此,通过流控制组件164的注入流体遇到显著阻力,这导致注入流速明显降低。同时,注入流体166穿过流回路、例如回路172中无显著流的特斯拉二极管。因此,通过流控制组件162的注入流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件164的注入流速高得多的注入流速。

[0043] 图5B表示井操作的产出阶段。产出流被示出为流控制组件162中的箭头174以及流控制组件164中的箭头176。如图所示,产出流体174通过一组引导流体返回朝向前进流的相连的分支和流回路,例如回路172。因此,通过流控制组件162的产出流体遇到显著阻力,这导致注入流速明显降低。同时,注入流体176穿过流回路、例如回路170中无显著流的特斯拉二极管。因此,通过流控制组件164的产出流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件162的产出流速高得多的产出流速。

[0044] 虽然此处将本发明的流控制组件说明和示出为单级流控制组件,但是本领域技术人员应理解,本发明的流控制组件也可具有包括至少一个产生依赖于方向的流阻的流体二极管的多个流控制元件。例如,如图6A-图6B所示,分别示出处于注入操作和产出操作中的两级流控制组件180,所述两级流控制组件可用于代替上述流体流控制系统中的单级流控制组件。流控制组件180可优选是例如在循环蒸汽增产工艺操作期间能产生蒸汽的临界流的注入流控制组件。流控制组件180包括呈流体二极管形式的第一流控制元件182,即涡流二极管与呈收敛/发散管口形式的第二流控制元件184串联。

[0045] 在注入操作期间,如图6A所示,从中央端口190进入涡流室188的注入流体186在涡流室188内主要沿径向方向行进,如箭头所示。注入流体186成小螺旋形地离开涡流室188,不经受相关的摩擦损失和离心损失。注入流体186接着进入具有喉部192和扩散部194的管口184。当注入流体186接近喉部192时,其速度增加,压力减少。在喉部192中,注入流体186达到音速,因此临界流处于适当的上游和下游的压力规范下。

[0046] 在产出操作期间,如图6B所示,产出流体196进入流控制组件180并以小的阻力通过管口184。产出流体196接着主要沿切线方向被引入涡流室188,这导致该流体在通过中央端口190最终离开之前绕涡流室188成螺旋形,如箭头所示。绕涡流室188成螺旋形的流体有摩擦损失和离心损失。因此,通过流控制组件180的产出流体遇到显著阻力,这导致产出流速明显降低。

[0047] 如图7A-图7B所示的另一示例,两级流控制组件200分别被示出处于注入操作和产出操作中,该两级流控制组件可用于代替上述流体流控制系统中的单级流控制组件。流控制组件200可优选是能够基本上切断非需流体流(例如,在产出操作期间的烃类流体)的注入流控制组件。流控制组件200包括呈流体二极管形式的第一流控制元件202,即涡流二极管与呈流体选择阀形式的第二流控制元件204。

[0048] 在注入操作期间,如图7A所示,从中央端口210进入涡流室208的注入流体206在涡流室208内主要沿径向方向行进,如箭头所示。注入流体206成小螺旋形地离开涡流室208,不经受相关的摩擦损失和离心损失。注入流体206接着以最小的阻力通过流体选择阀204。在产出操作期间,如图7B所示,产出流体212进入流控制组件200,遇到流体选择阀204。在所实施实施例中,流体选择阀204包括材料214(例如聚合物),当该材料与烃接触时会发生膨胀。因此,流体选择阀204关闭或基本上关闭穿过流控制组件200的流路。通过流体选择阀204的

任何产出流体212于是主要沿切线方向被引入涡流室208,这导致该流体在通过中央端口210最终离开之前绕涡流室208成螺旋形,如箭头所示。涡流室208和流体选择阀204一起对通过其的产出提供显著的阻力。

[0049] 图8示出处于产出操作期间的两级流控制组件220,该两级流控制组件可用于代替上述流体流控制系统中的单级流控制组件。流控制组件220可优选是产出流控制组件。流控制组件220包括呈流入控制装置形式的第一流控制元件222,即弯曲路径与呈涡流二极管形式的第二流控制元件224串联。在产出操作期间,产出流体226进入流控制组件220,遇到用作产出流的主要流调节器的弯曲路径222。产出流体226于是从中央端口230主要沿径向方向被引入涡流室228,如箭头所示,其在穿过侧端口232离开流控制组件220之前具有小螺旋且不经受相关的摩擦损失和离心损失。在注入操作(未示出)期间,注入流体可主要沿切线方向进入涡流室228,这导致该流体在通过中央端口230最终离开之前绕涡流室228成螺旋形。注入流体接着穿过弯曲路径222行进。涡流室228和弯曲路径222一起对通过其的注入流体提供显著的阻力。

[0050] 图9示出产出操作期间的两级流控制组件240,该两级流控制组件可用于代替上述流体流控制系统中的单级流控制组件。流控制组件240可优选是产出流控制组件。流控制组件240包括呈流入控制装置形式的第一流控制元件242,即孔244与呈涡流二极管形式的第二流控制元件246串联。在产出操作期间,产出流体248进入流控制组件240和作为产出流的主要流调节器的孔244。产出流体248然后从中央端口252主要沿径向方向被引入涡流室250,如箭头所示,其在穿过侧端口254离开流控制组件240之前具有小螺旋且不经受相关的摩擦损失和离心损失。在注入操作(未示出)期间,注入流体可主要沿切线方向进入涡流室250,这导致该流体在通过中央端口252最终离开之前绕涡流室250成螺旋形。注入流体可接着穿过孔244行进。涡流室250和孔244一起对通过其的注入流体提供显著的阻力。

[0051] 虽然图8-图9说明和示出了用于本发明的流体流控制系统中的两级流控制组件中的特定的流入控制装置,但是本领域技术人员应理解,其他类型的流入控制装置也可用于本发明的流体流控制系统中使用的两级流控制组件。同时,虽然图6A-图9说明和示出了用于本发明的流体流控制系统中的两级流控制组件,但是本领域技术人员应理解,流控制组件也可以具有其他级数,并视为在本发明的范围内。

[0052] 下面参照图10A-图10B,其中示出具有带依赖于方向的流阻的两级流控制组件的流体流控制系统的一部分,其分别处于注入操作期间和产出操作期间,总体用300标记。在所示区段中,示出两个相反的两级流控制组件302、304,其中流控制组件302是注入流控制组件,流控制组件304是产出流控制组件。如图所示,流控制组件302包括两个彼此串联的呈涡流二极管306、308形式的流体二极管。涡流二极管306具有中央端口310、涡流室312以及侧端口314。涡流二极管308具有中央端口316、涡流室318以及侧端口320。同样地,流控制组件304包括两个彼此串联的呈涡流二极管322、324形式的流体二极管。涡流二极管322具有中央端口326、涡流室328以及侧端口330。涡流二极管324具有中央端口332、涡流室334以及侧端口336。

[0053] 图10A表示井操作的注入阶段。注入流被示出为流控制组件302中的箭头338以及流控制组件304中的箭头340。如图所示,在侧端口330进入流控制组件304的注入流体340主要沿切线方向被引入涡流室328,这导致该流体在通过中央端口326最终离开之前绕涡流室

328成螺旋形,如箭头所示。注入流体340接着主要沿切线方向被引入涡流室334,这导致该流体在通过中央端口332最终离开之前绕涡流室334成螺旋形,如箭头所示。注入流体340有通过流控制组件304的摩擦损失和离心损失。因此,通过流控制组件304的注入流体遇到显著阻力,这导致注入流速明显降低。

[0054] 同时,从中央端口310进入涡流室312的注入流体338在涡流室312内成小螺旋形地穿过侧端口314离开之前、在涡流室312内主要沿径向方向行进,不经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。注入流体338接着从中央端口316进入涡流室318,其在涡流室318内成小螺旋形地穿过侧端口320离开之前主要在涡流室318内沿径向方向行进,不经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。因此,通过流控制组件302的注入流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件304的注入流速高得多的注入流速。

[0055] 图10B表示井操作的产出阶段。产出流被示出为流控制组件302中的箭头342以及流控制组件304中的箭头344。如图所示,在侧端口320进入流控制组件302的产出流体342主要沿切线方向被引入涡流室318,这导致该流体在通过中央端口316最终离开之前绕涡流室318成螺旋形,如箭头所示。产出流体342接着主要沿切线方向被引入涡流室312,这导致该流体在通过中央端口310最终离开之前绕涡流室312成螺旋形,如箭头所示。绕涡流室312、318成螺旋形的流体有摩擦损失和离心损失。因此,通过流控制组件302的产出流体遇到显著阻力,这导致产出流速明显降低。

[0056] 同时,从中央端口322进入涡流室334的产出流体344在涡流室334内成小螺旋形地穿过侧端口336离开之前、在涡流室334内主要沿径向方向行进,不经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。产出流体344接着从中央端口326进入涡流室328,在涡流室328内成小螺旋形地穿过侧端口330离开之前、在涡流室328内主要沿径向方向行进,不经受相关的摩擦损失和离心损失,如箭头所示。因此,通过流控制组件304的产出流体遇到的阻力小并相对未受妨碍地通过,从而获得比穿过流控制组件302的产出流速高得多的产出流速。

[0057] 虽然参照示出的实施例描述了本发明,但是该描述并非旨在以限制性的意义进行解释。参考本说明书,本发明的所示实施例以及其他实施例的各种修改和组合将为本领域技术人员显而易见。因此,所附的权利要求应包括任何这些修改或实施例。

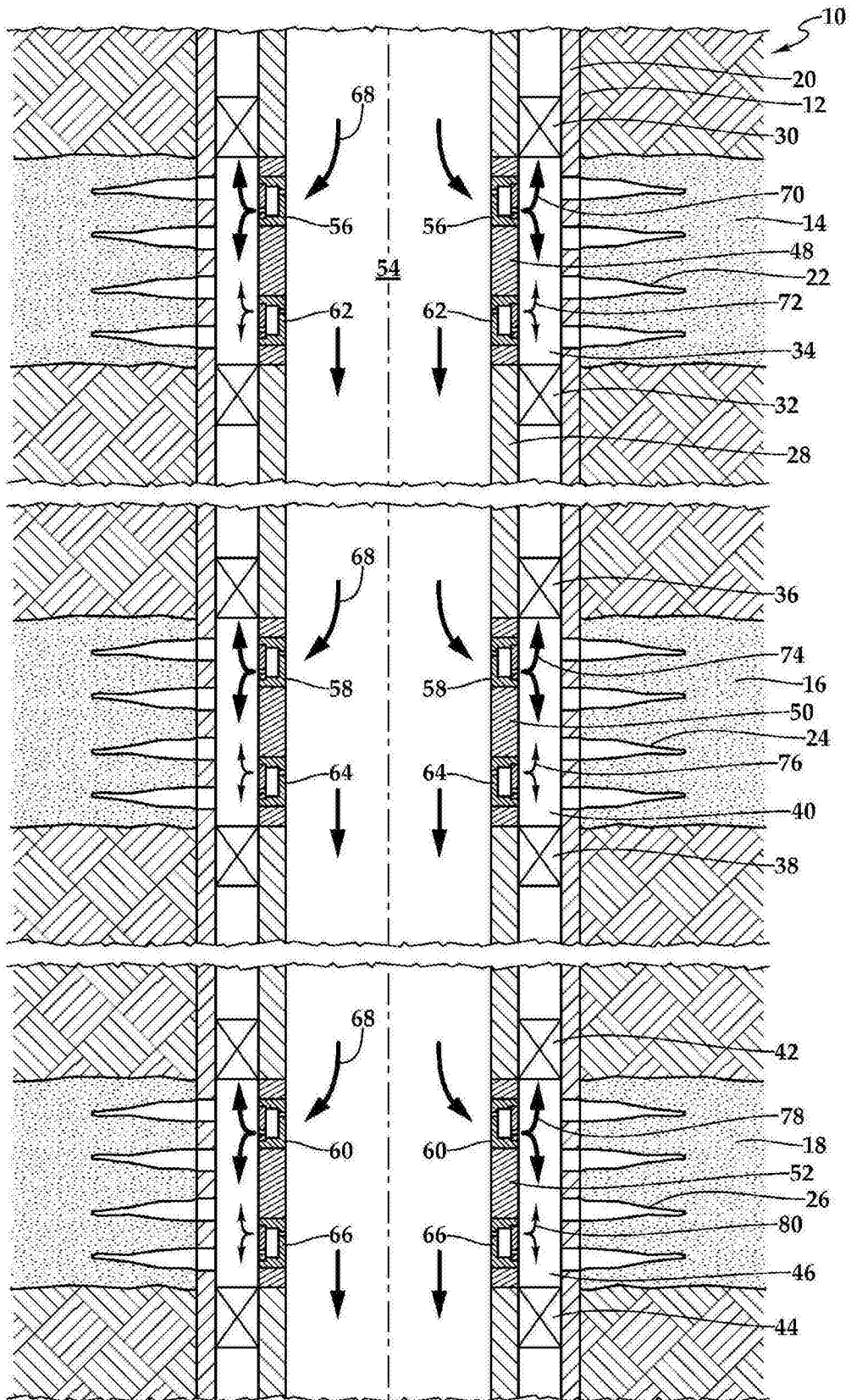


图1

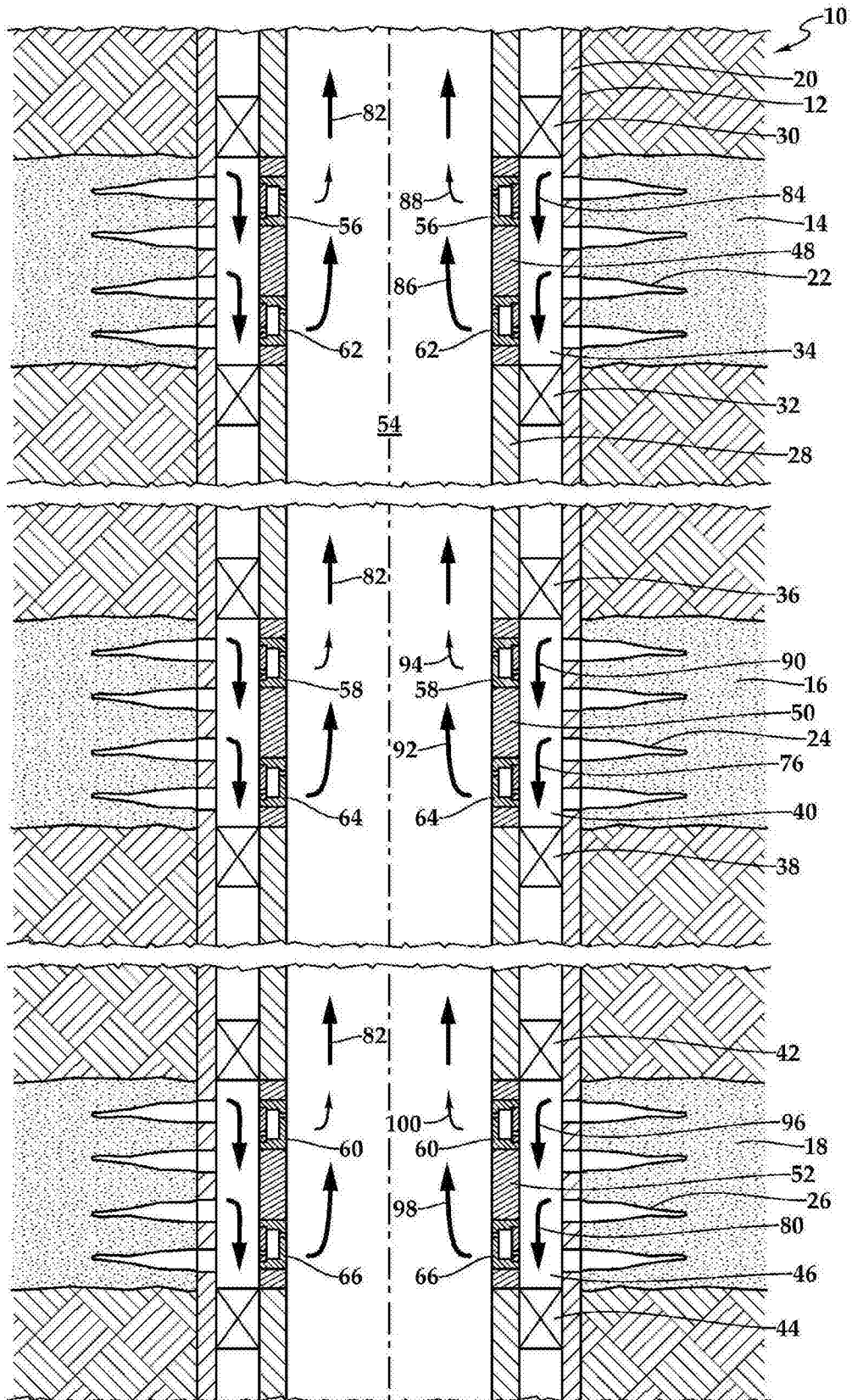


图2

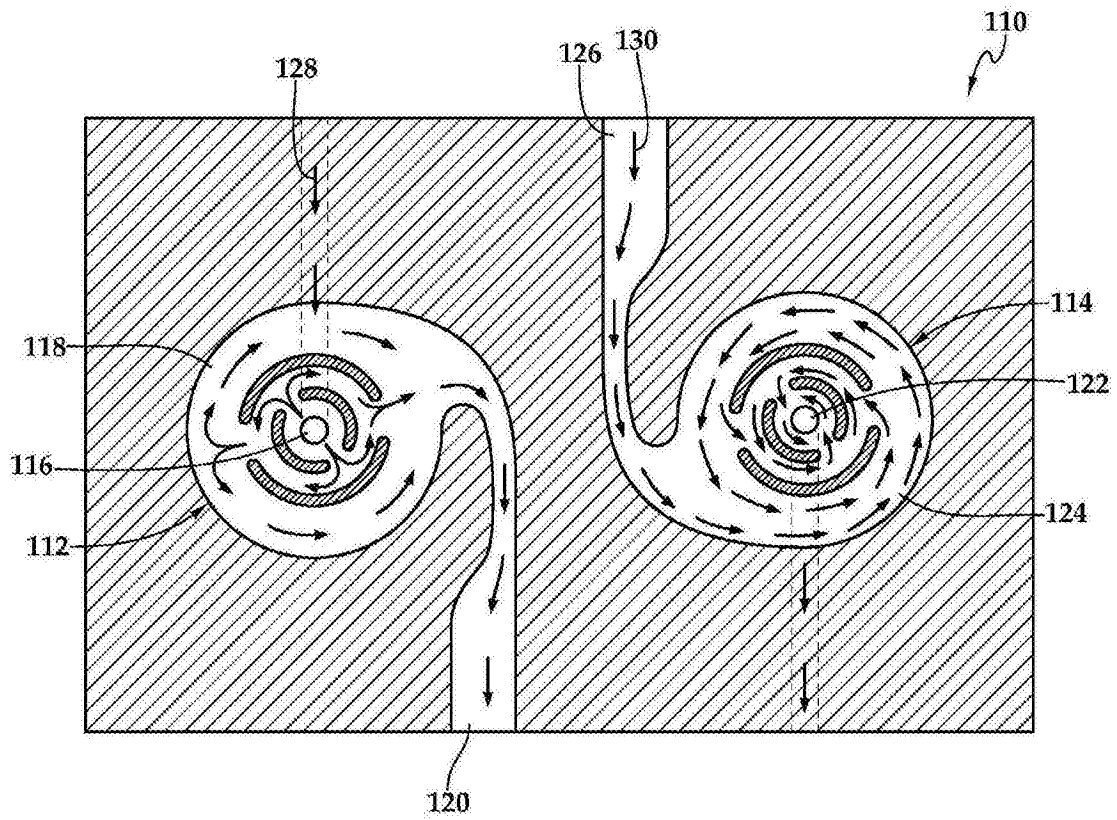


图3A

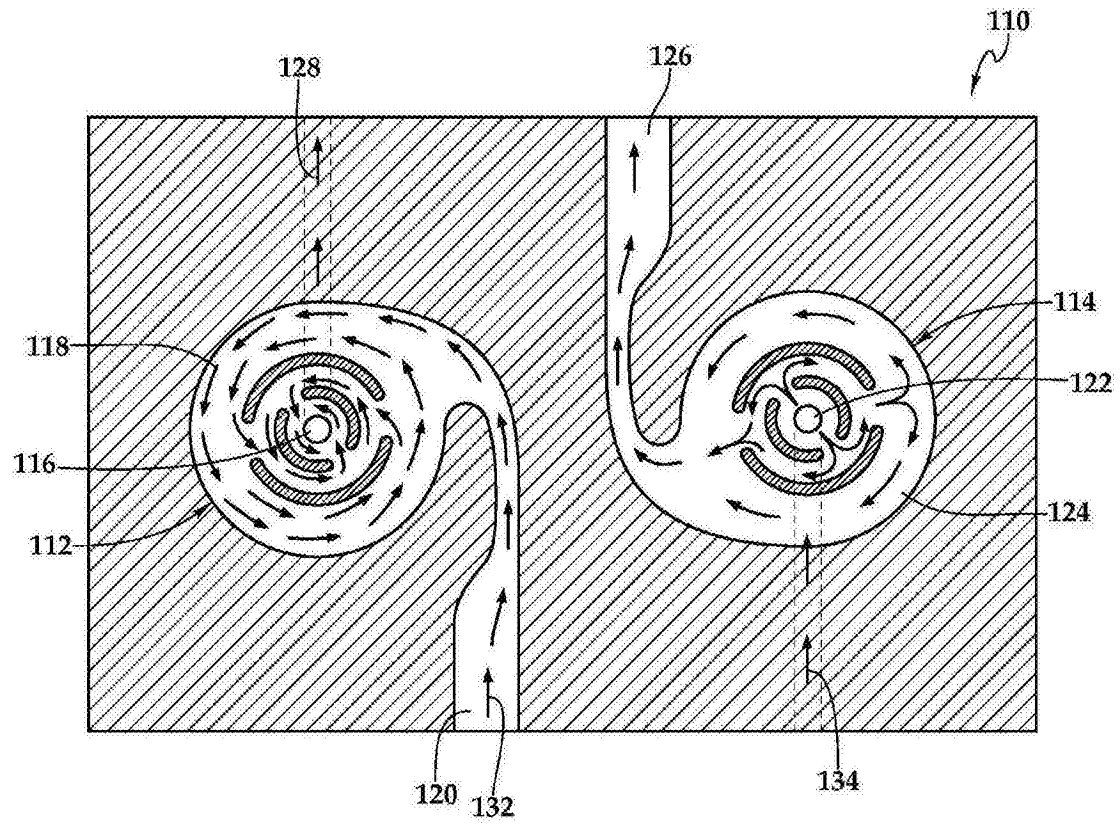


图3B

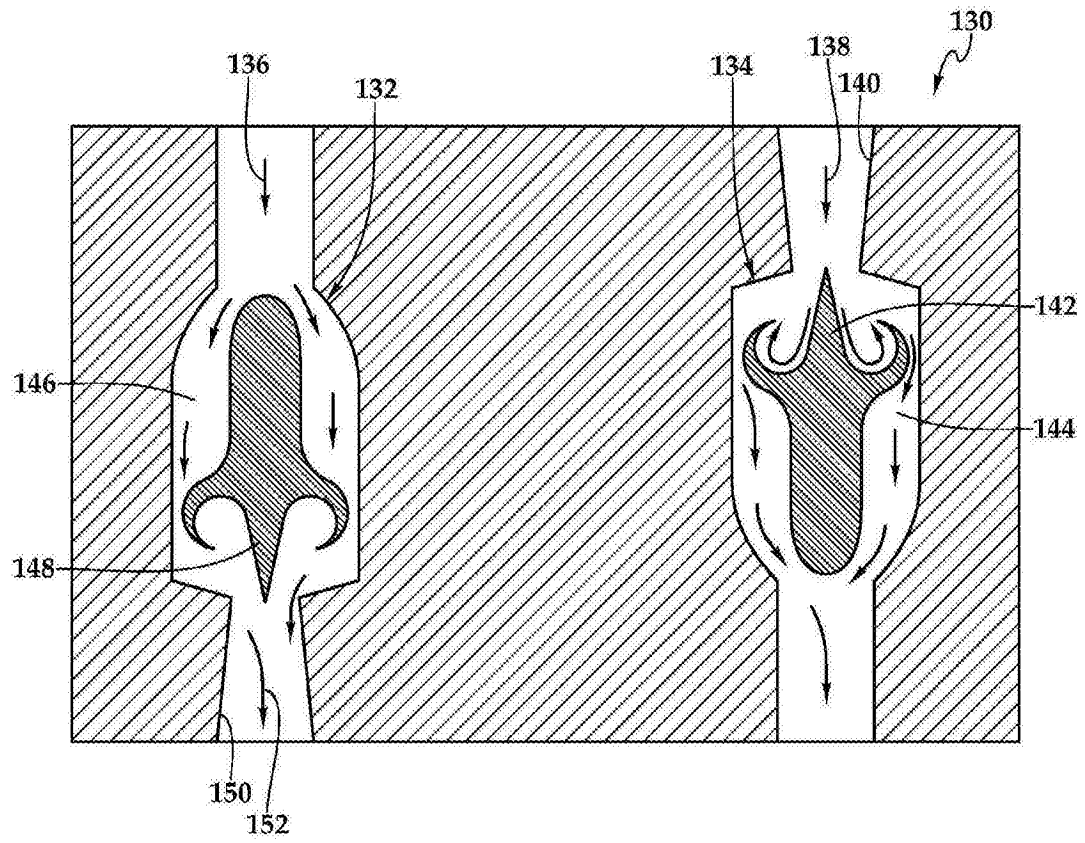


图4A

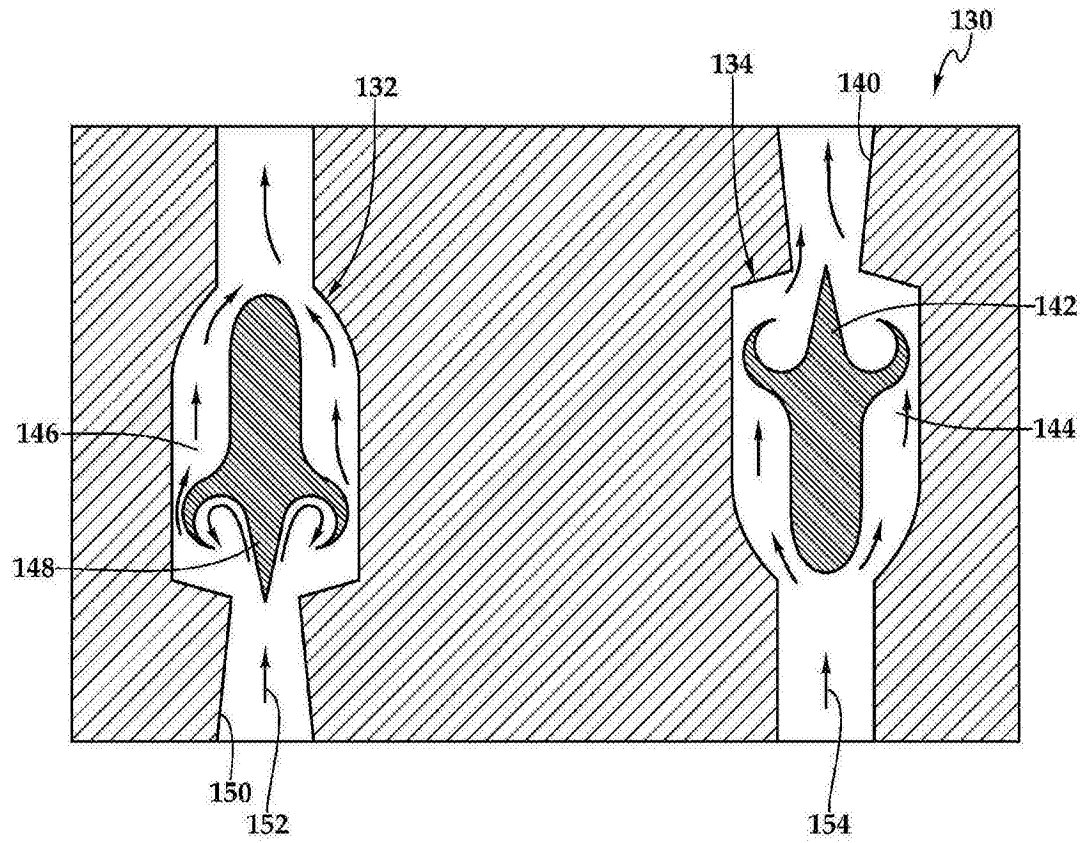


图4B

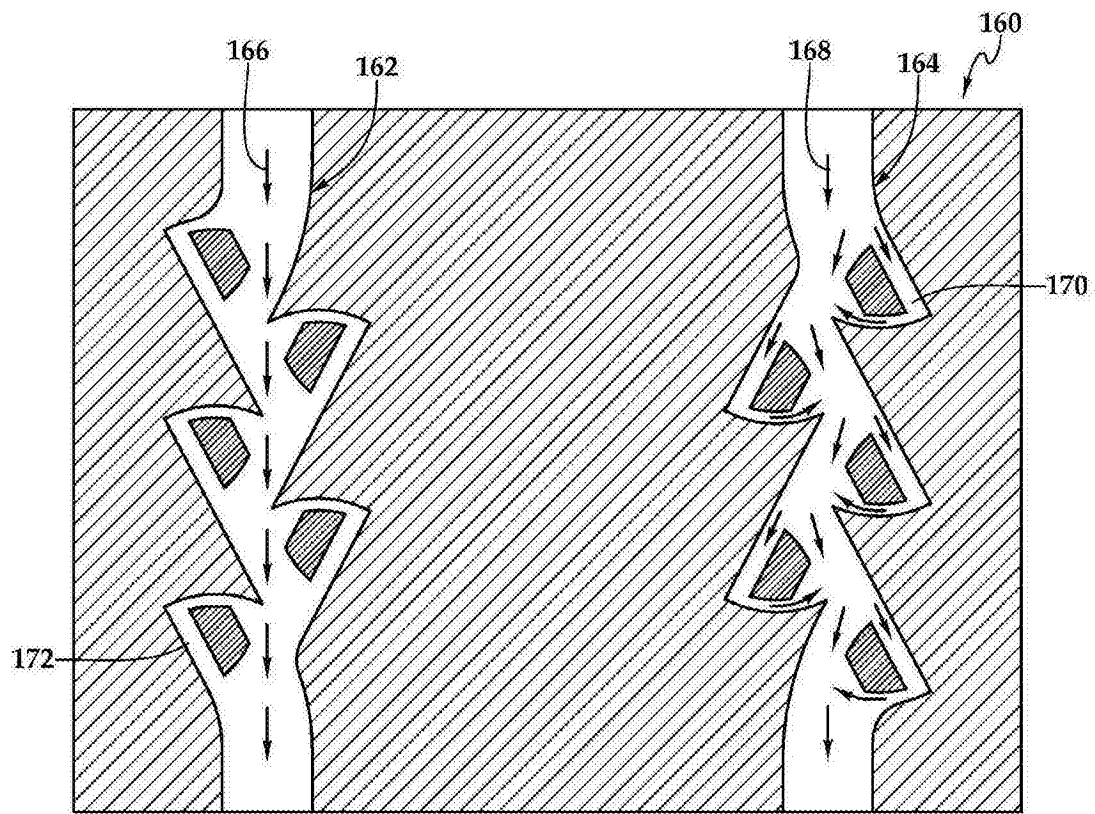


图5A

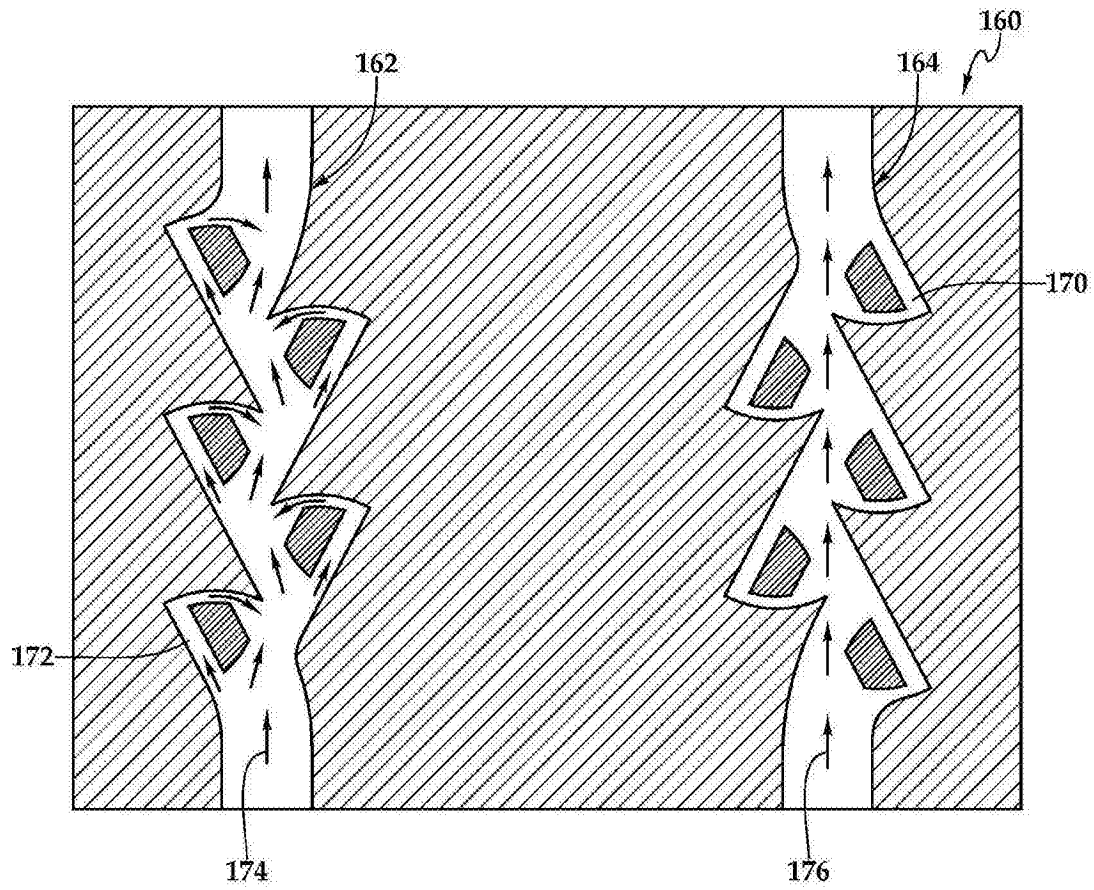
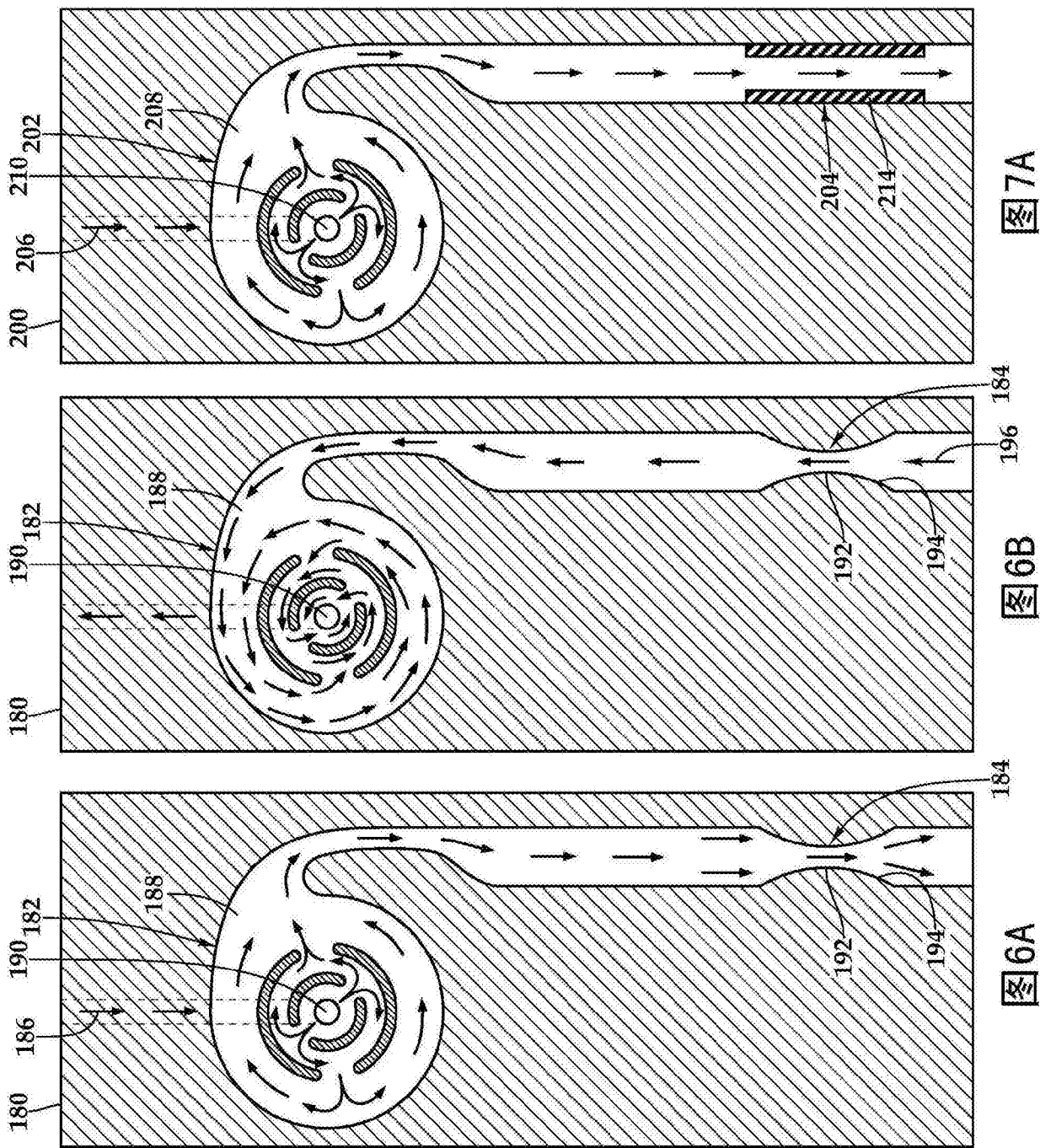


图5B



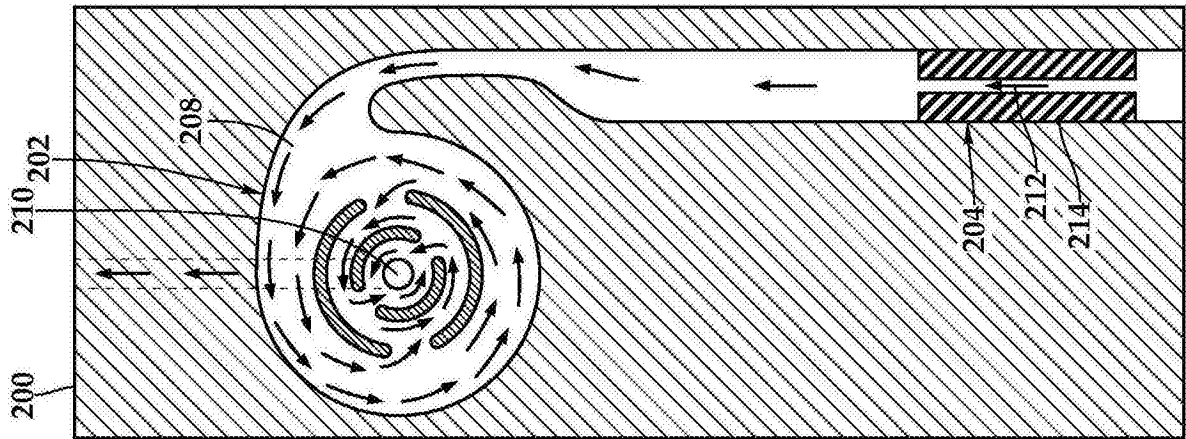


图7B

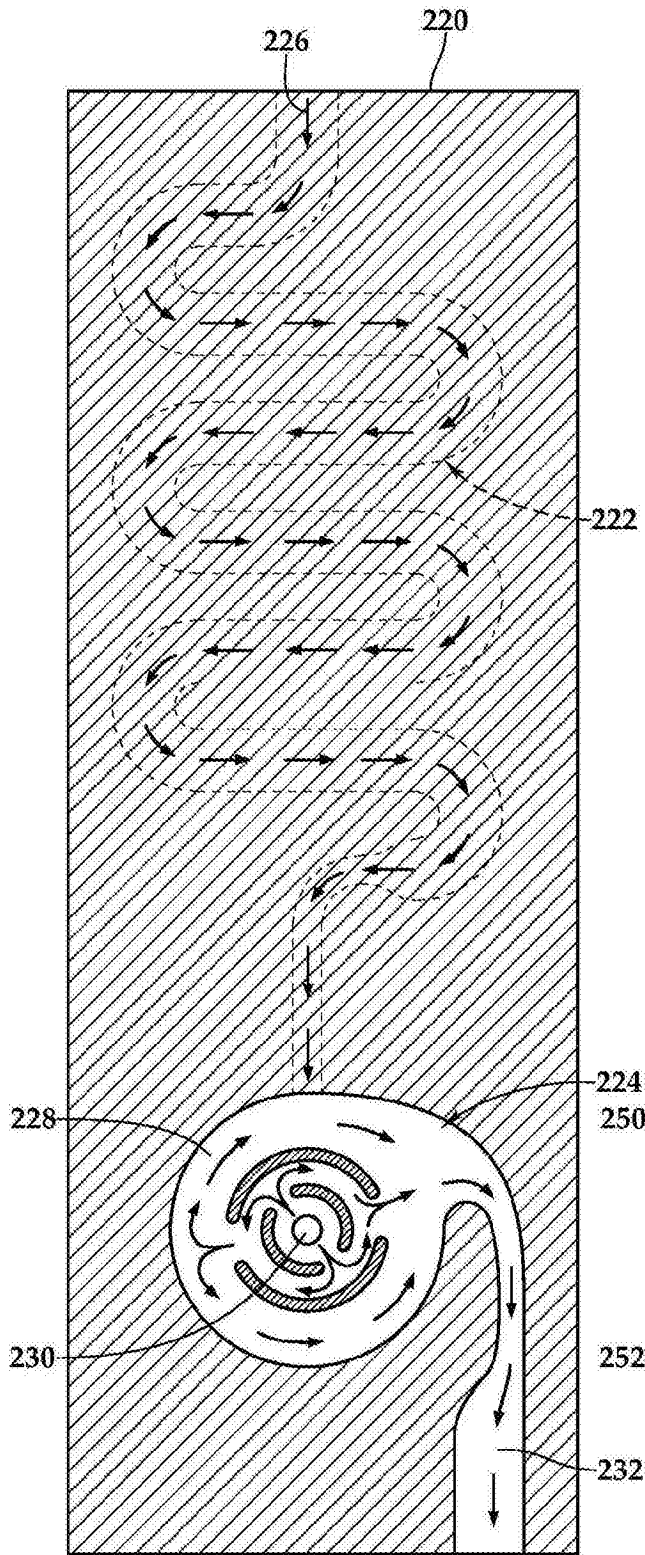


图8

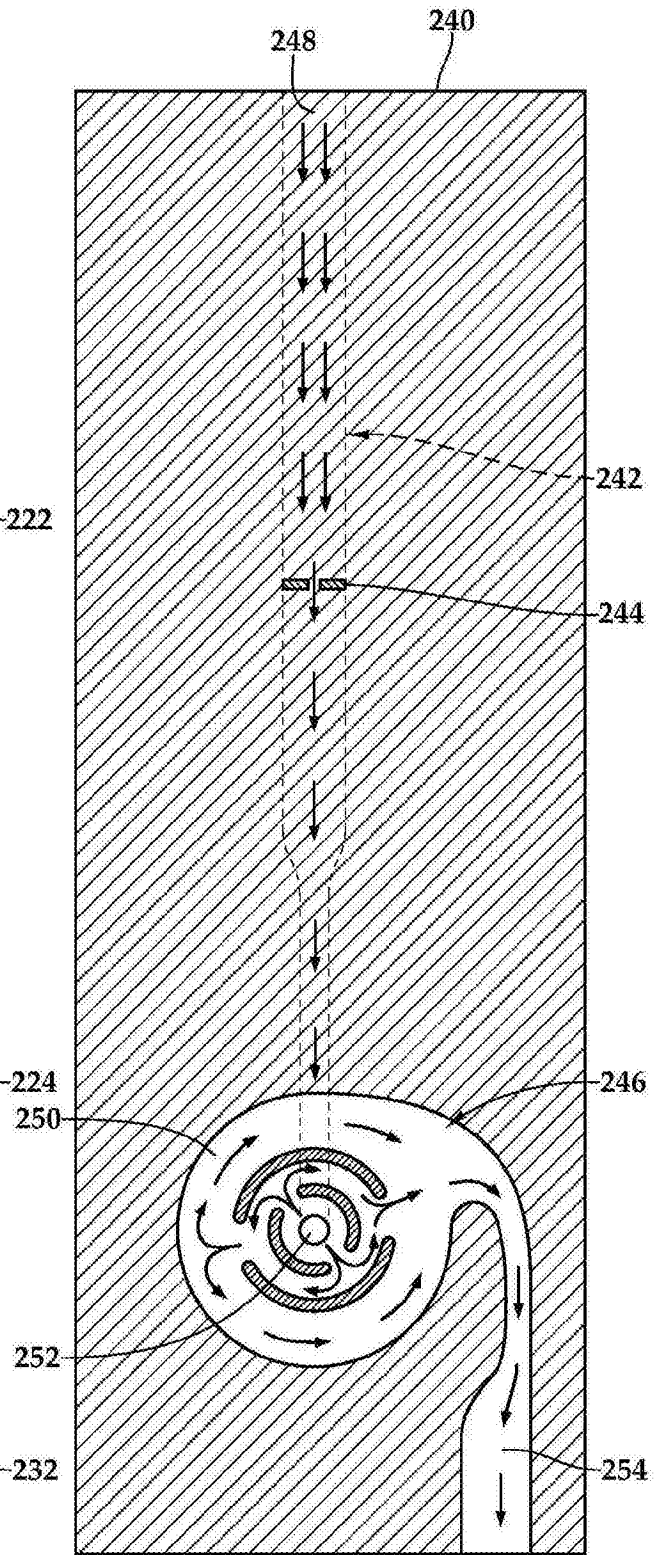


图9

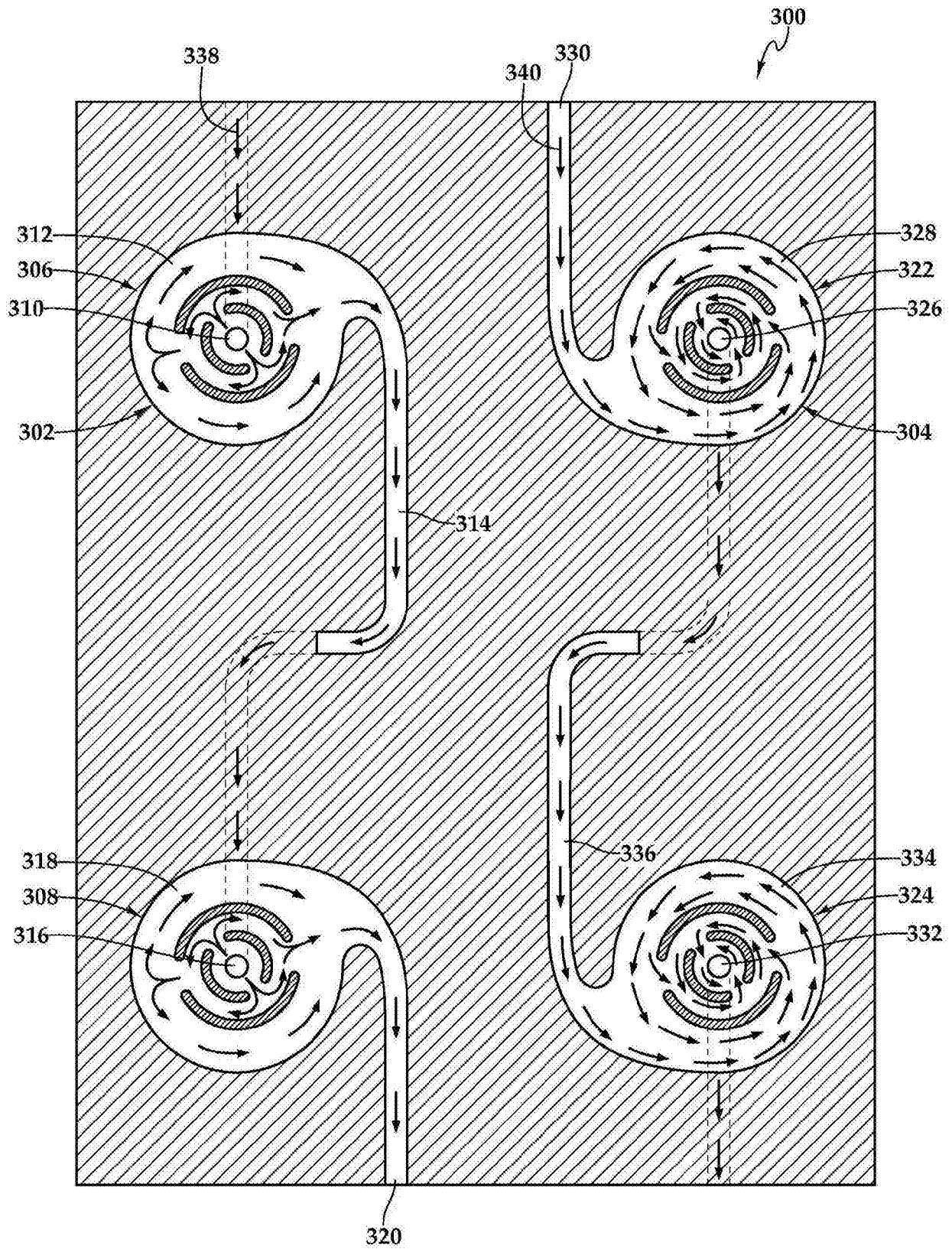


图10A

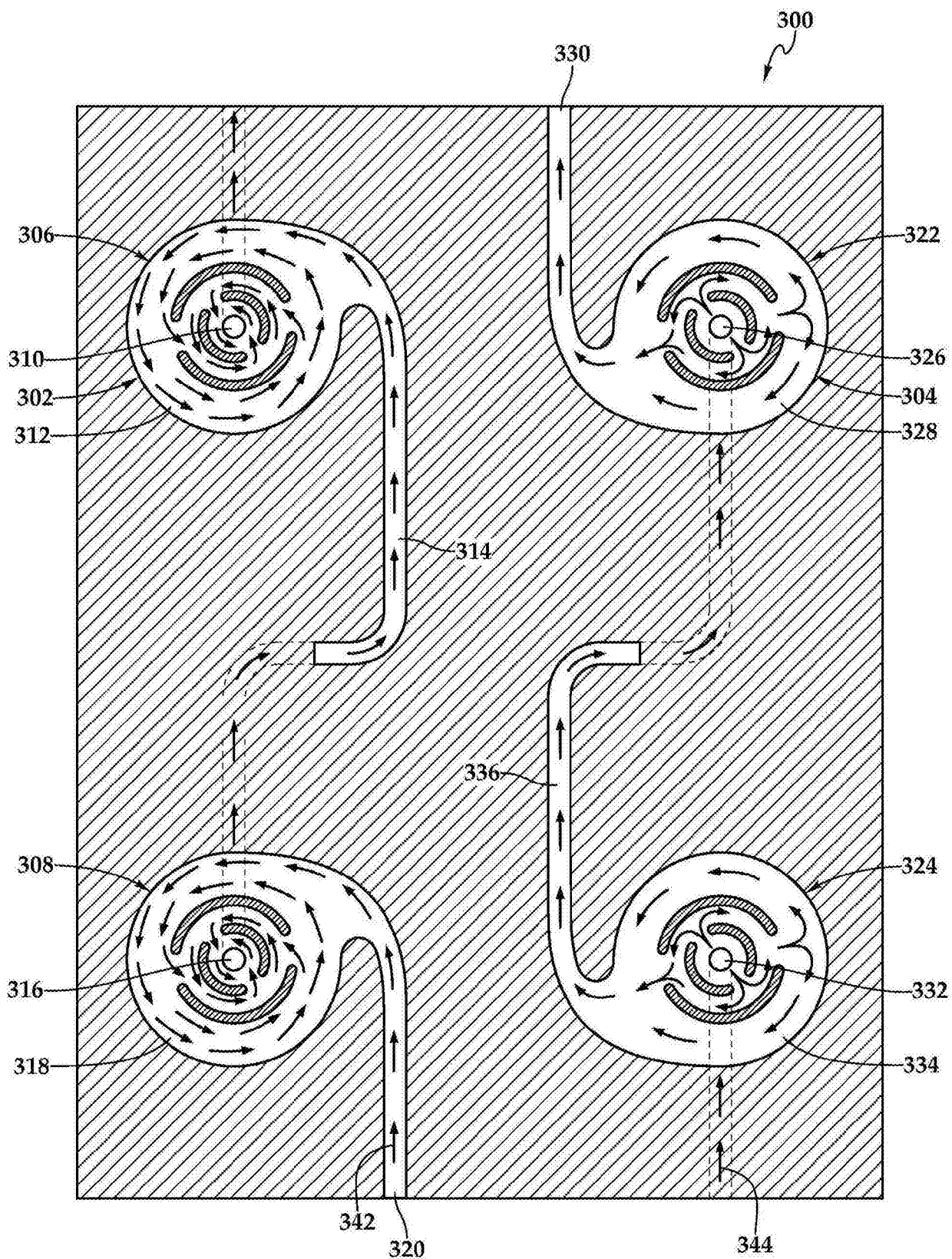


图10B