



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104141481 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201310168456.4

E21B 43/20(2006.01)

(22)申请日 2013.05.06

E21B 43/26(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104141481 A

(43)申请公布日 2014.11.12

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 赵继勇 何永宏 杨承伟 李书恒
樊建明 王石头 杨金龙 饶巧
王泫懿

(74)专利代理机构 北京华沛德权律师事务所
11302
代理人 刘杰

(51)Int.Cl.
E21B 43/30(2006.01)

(56)对比文件

- US 4662441 A, 1987.05.05, 全文.
- US 6561288 B2, 2003.05.13, 全文.
- US 6679322 B1, 2004.01.20, 全文.
- US 4299284 A, 1981.11.10, 全文.
- US 2004007352 A1, 2004.01.15, 全文.
- CA 2525850 C, 2013.02.19, 全文.
- CN 101936155 A, 2011.01.05, 全文.
- CN 201236690 Y, 2009.05.13, 全文.
- 沈瑞.低渗透油藏水平井渗流规律与油藏工程研究.《中国博士论文全文数据库工程科技I辑》.2011, 111-112页.
- 高艺.某油田长6超低渗透油藏合理开发技术研究.《内江科技》.2012, 118、133页.

审查员 王明辰

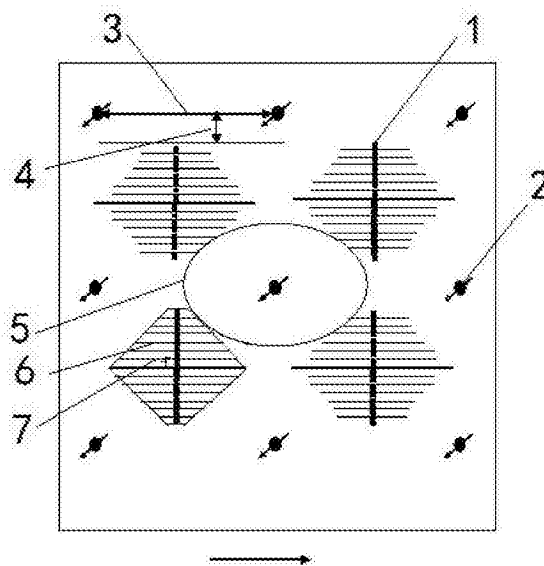
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种超低渗透致密油藏水平井布井方法

(57)摘要

一种超低渗透致密油藏水平井布井方法,属于油田技术领域。提出井网优化设计的方法和基本原则是:一是综合应用油藏工程、数值模拟和矿场统计等方法,同时考虑技术指标和经济指标;二是能够发挥大规模体积压裂的能力,大幅度提高单井产量;三是地质-工艺一体化;井网优化充分考虑不同储层特征及针对性的改造工艺,同时满足实现长期稳产注水补充能量的要求。利用本发明的布井方式在白239、白255和元284区块共完钻水平井144口,均为不等缝长分簇多段压裂改造,平均试排日产纯油56.3t,实现了体积压裂下注水补充能量的目的,降低了初期递减,实现了水平井规模化应用。



1. 一种超低渗透致密油藏水平井布井方法, 含有以下步骤:

(1) 在传统水平井井网关键参数井排方向、井距、排距和水平段长度的基础上, 增加布缝方式、缝网穿透比和裂缝密度这三项关键技术参数, 发展并完善了水平井井网的构成要素, 为同类油藏井网优化提供了技术标准;

(2) 针对超低渗致密油藏大规模体积压裂在地层中沟通天然裂缝形成裂缝网络, 而导致水平井容易见水的特征, 依据超低渗致密油藏主向和侧向渗透率级差研究结果, 采用地质—工艺一体化的工艺步骤, 在五点井网缝长布缝的基础上, 提出了纺锤形布缝新思路, 针对纺锤形布缝, 确定优化布缝方式为纺锤形;

(3) 综合应用油藏工程、矿场统计和经济评价方法, 同时考虑技术指标和经济指标, 优化纺锤形布缝五点井网关键技术参数, 形成了以纺锤形布缝五点井网为基础井网, 可以依据油层展布特征调整为七点井网、九点和十一点井网的水平井井网部署模式;

(4) 针对储层纵向上叠合发育的, 采用一套直井分层注水、多套水平井开发, 要求直井钻穿整个油层, 水平井分别被设置在不同的主力贡献层;

(5) 在钻井实施过程中, 优先实施注水井, 在认识和控制油层, 降低水平井的油层钻遇风险, 提高了水平井的钻遇率的同时, 开展超前注水, 缩短水平井建井周期, 提高水平井当年产能贡献率;

(6) 能量补充方式上, 依据注水补充能量水平井开发渗流机理分为两种的新认识: 水驱和拟弹性溶解气驱, 两种方式在不同的区域分别占有主导地位; 结合超低渗透油藏渗吸作用强的特点, 采用注水井“小水量长周期温和注水”与采油水平井大规模体积水压裂相结合的超前注水能量补充模式;

所述缝网穿透比在0.5—0.7之间, 所述裂缝密度为2条/100m。

2. 根据权利要求1所述的一种超低渗透致密油藏水平井布井方法, 其特征在于其中基础井网的水平井的设计长度为300m, 水平井的井距为600—700m, 排距为150m; 水平井布缝方式为纺锤形, 裂缝缝长组合为100m、120m、140m、140m、120m、100m。

3. 根据权利要求1所述的一种超低渗透致密油藏水平井布井方法, 其特征在于含有以下步骤:

1) 首先开展综合地质研究, 优化水平井井网部署区, 开展储层分类评价, 确定主力贡献层段;

①通过沉积微相、成岩相及高产富集主控因素研究, 综合地质及油藏工程方法, 具体选择物性好、剩余未动用储量规模大的区域部署水平井井网;

②应用聚类分析法, 并结合生产动态, 开展纵向储层分类评价, 寻找主力贡献层段, 作为水平井的钻遇层段;

2) 井排方向的优化:

①根据成像测井、井下微地震的测试结果, 确定最大主应力方向为NE75°;

②结合历年不同方位水平井开发效果对比来看, 水平井段方位应垂直于最大主应力方向, 以保证在压裂工艺上对水平井实现最佳的压裂效果, 提高水平井单井产量;

3) 布缝方式的优化:

针对裂缝对水平井水驱渗流规律影响较大, 水平井容易见水的特征, 结合井网形式论证的结果, 优化布缝方式; 优化设计了2种布缝方式;

4)水平段长度的优化:

在注水技术政策、油井工作制度和人工压裂缝密度相同的情况下,按照四种水平井井网形式,依据单井综合成本,开发指标预测参数经济评价,确定五点、七点、九点井网和十一一点井网最优水平段长度分别为300m、800m、1300m和1800m;

5)裂缝密度优化:

在水平段长度设计300米和注水技术政策、油井工作制度不变的情况下,裂缝条数分别为:2、3、4、5、6、7、8条时,综合应用考虑天然裂缝和应力敏感的数值模拟、经济效益评价法、微地震检测法和矿场统计相结合的方法,确定裂缝密度为2条/100m;

6)井排距的优化:

①水平井井距的确定:在裂缝密度、注水井和油井工作制度相同时,确定井距600-700m;

②排距的确定:依据主侧向渗透率级差基本为2:1和井排比模型,确定排距为150m左右;

7)缝网穿透比:针对不同类型储层物性($k=0.2mD$ 、 $0.3mD$ 、 $0.5mD$ 、 $0.7mD$ 、 $1.0mD$)进行裂缝长度最优组合模拟;油井定压生产,井底流压控制在 $6.5MPa$,注水井井底压力控制在 $30MPa$,设计7种方案,通过缝网结合,综合应用考虑天然裂缝和应力敏感数值模拟和矿场实践方法,优化确定了不同储层缝网穿透比在 $0.5-0.7$ 之间;

8)注水技术步骤:

①超前注水量确定:由两部分构成,一是依据注水井水驱控制范围,采用压缩系数法确定注水井的超前注水量;二是依据大规模体积水压裂,压裂液的存地液在50%左右,二者加和得到单个水平井注采单元的超前注水量;

②注水强度:针对不同储层及压裂改造方式,采用考虑天然裂缝和应力敏感的油藏数值模拟、理论计算公式和矿场实践相结合的方法,确定了超低渗透不同储层单井配注量图版。

一种超低渗透致密油藏水平井布井方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超低渗透致密油藏水平井布井方法,属于油田技术领域。

背景技术

[0002] 随着世界石油供需矛盾的日益突出和优质石油资源的逐渐匮乏,超低渗透致密油资源的开发已成为我国石油工业发展的新课题,国内外致密油藏生产实践已经显示水平井是开发该类油藏的一种有效开发方式。国外致密油藏地层压力系数高(地层压力系数介于1.2-1.5),地层原油粘度较低,基本都采用衰竭式开采,水平井开发取得了较好的效果;与国外成功开发的致密油藏相比,相似之处是储层物性接近、非均质性强、天然裂缝相对发育,差异在地层压力系数低(介于0.6-0.8之间),依据鄂尔多斯盆地油藏矿场实践来看,该类低压超低渗透致密油藏需采用注水补充能量水平井开发。

[0003] 从文献调研的情况来看,三叠系储层水平井井网井型主要有两种:水平井注水水平井采油和直井注水水平井采油混合布井井网,由于水平井注水的方式经济上投资成本高,该类方式在矿场实践中很少采用;目前水平井井网优化基本上都是围绕井排方向、井距、排距和水平段长度这四个技术参数来展开,形成了以直井注水水平井采油混合布井五点井网为主,但在低渗、特低渗透油藏矿场应用表现出容易裂缝性水淹和初期递减大两方面的问题,也是影响水平井规模化应用的症结所在。

[0004] 现有的水平井井网优化的思路和方法存在的问题:

[0005] (1)针对裂缝性水淹问题,在井网优化时缺乏系统性的考虑:影响因素除了井排方向、井距、排距影响外,还有压裂改造中人工压裂缝的布缝方式,穿透比、注水技术政策。

[0006] (2)针对初期递减大的问题,没有认识到注水井水驱控制的范围和人工压裂缝控制范围中水平段长度、人工压裂缝网穿透比、裂缝密度的关系。

[0007] 而超低渗透致密油藏由于岩性比低渗、特低渗透油藏更致密,根据国外相似油藏的开发经验,必须做到实施大规模体积压裂进行储层改造以提高单井产量,大规模体积压裂产生两个结果:一是由于压裂液的返排率在50%左右,存地液使裂缝之间及周围的地层压力上升,间接起到超前注水的作用;二是大规模体积压裂在地层中沟通天然裂缝形成裂缝网络,注水补充能量时,更容易造成注入水易沿着裂缝网络突进,造成大面积水淹。发明内容

[0008] 为了克服现有技术的不足,本发明提供一种超低渗透致密油藏水平井布井方法。

[0009] 本发明的目的是在直井注水,水平井采油混合布井五点井网的基础上,提供一种充分考虑了超低渗透致密油藏储层特征,能够在大规模体积压裂下实现有效注水补充能量的目的,降低裂缝性水淹风险和降低初期递减的水平井布井方式。

[0010] 一种超低渗透致密油藏水平井布井方法,提出井网优化设计的方法和基本原则是:一是综合应用油藏工程、考虑天然裂缝和应力敏感的数值模拟和矿场统计等方法,同时考虑技术指标和经济指标;二是能够发挥大规模体积压裂的能力,大幅度提高单井产量;三是地质—工艺一体化:井网优化充分考虑不同储层特征及针对性的改造工艺,同时满足实现长期稳产注水补充能量的要求。

[0011] 依据本发明的技术方案,提供一种超低渗透致密油藏水平井布井方法,含有以下步骤:

[0012] (1)在传统水平井井网关键参数井排方向、井距、排距和水平段长度的基础上,增加布缝方式、缝网穿透比和裂缝密度这三项关键技术参数,发展并完善了水平井井网的构成要素,为同类油藏井网优化提供了技术标准;

[0013] (2)针对超低渗致密油藏大规模体积压裂在地层中沟通天然裂缝形成裂缝网络,而导致水平井容易见水的特征,依据超低渗致密油藏主向和侧向渗透率级差研究结果,采用地质—工艺一体化的新思路,在五点井网等缝长布缝的基础上,创新提出了纺锤形布缝新思路,优化布缝方式为纺锤形;

[0014] (3)综合应用油藏工程、矿场统计和经济评价等方法,同时考虑技术指标和经济指标,优化纺锤形布缝五点井网关键技术参数,形成了以纺锤形布缝五点井网为基础井网,可以依据油层展布特征和钻机的施工能力,灵活调整为七点井网、九点和十一点等井网的水水平井井网部署模式;

[0015] (4)针对储层纵向上叠合发育的,采用一套直井分层注水,多套水平井开发,要求直井钻穿整个油层,水平井分别被设置在不同的主力贡献层;

[0016] (5)在钻井实施过程中,优先实施注水井,在认识和控制油层,有效的降低了水平井的油层钻遇风险,提高了水平井的钻遇率的同时,开展超前注水,缩短水平井建井周期,提高水平井当年产能贡献率;

[0017] (6)能量补充方式上,依据注水补充能量水平井开发渗流机理分为两种的新认识:水驱和拟弹性溶解气驱,两种方式在不同的区域分别占有主导地位,压裂缝之间的区域由于相邻缝的屏蔽作用,主要靠弹性溶解气驱驱动;结合超低渗透油藏渗吸作用强的特点,创新提出注水井“小水量长周期温和注水”与采油水平井大规模体积水压裂相结合的超前注水能量补充模式。

[0018] 其中优选的基础井网水平井的设计长度为300m,水平井的井距为600-700m,排距为150m;水平井布缝方式为纺锤形,裂缝密度为2条/100m,裂缝缝长组合为100m、120m、140m、140m、120m、100m。

[0019] 本发明的优点是:

[0020] 利用本发明所取得的一种超低渗透致密油藏水平井布井方式在鄂尔多斯盆地华庆油田长6₃油藏取得了较好的开发效果。

[0021] 华庆油田长6₃油藏主要发育在半深湖与深湖相区,储集砂体以远源三角洲前缘与前三角洲浊积体为主,砂体通过复合叠置厚度大,连片性好,但单砂体厚度薄,纵向非均质性强、含油性差异大,层间存在明显的泥岩隔层,属典型的层状岩性油藏。长6₃油藏平均油层埋2030m,油层平均有效厚度15.9m,平均孔隙度为11.5%,平均渗透率0.37mD。油层温度69.7℃,油层原油粘度为0.97mPa.s,原始地层压力为15.8MPa,压力系数为0.79,为低孔、低渗、低压岩性油藏。

[0022] 利用本发明的布井方式在白239、白255和元284区块共完钻水平井144口,均为不等缝长分簇多段压裂改造,平均试排日产纯油56.3t,投产初期平均单井产量7.67t/d,含水11.7%,产量为邻区直井的4~6倍,注水井平均单井累积超前注水量在1100-1300m³,水平井初期递减小于6%,实现了体积压裂下注水补充能量的目的,降低了初期递减,实现了水平井

规模化应用。

附图说明

[0023] 当结合附图考虑时,通过参照下面的详细描述,能够更完整更好地理解本发明以及容易得知其中许多伴随的优点,但此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本发明的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定,如图其中:

[0024] 图1是纺锤形布缝水平井五点井网及构成要素示意图;

[0025] 图2是多油层叠合水平井部署纵向剖面示意图;

[0026] 图3是数值模拟研究使用的不同的裂缝缝长组合方式之一纺锤形五点水平井网;

[0027] 图4是数值模拟研究使用的不同的裂缝缝长组合方式之二纺锤形七点水平井网;

[0028] 图5数值模拟研究使用的不同的裂缝缝长组合方式之三纺锤形九点水平井网;

[0029] 图6数值模拟研究使用的不同的裂缝缝长组合方式之四纺锤形11点水平井网;

[0030] 图7是方案1(等缝长布缝),箭头表示裂缝方向;

[0031] 图8是方案2(纺锤形布缝),箭头表示裂缝方向。

[0032] 纺锤形布缝水平井五点井网为基础井网,可以依据油层展布特征和钻机的施工能力,灵活调整为七点井网、九点和11点等水平井井网形式,

[0033] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

具体实施方式

[0034] 显然,本领域技术人员基于本发明的宗旨所做的许多修改和变化属于本发明的保护范围。

[0035] 实施例1:如图1、图2、图3、图4、图5、图6、图7、图8所示,

[0036] 本发明充分考虑了超低渗透致密油藏呈现出的多油层复合叠置、储层物性差、非均质性强、天然裂缝发育等特点,通过开展综合地质研究和超低渗透致密油藏非线性渗流机理研究,总结分析历年水平井不同井网实施效果的基础上,创新提出了超低渗透致密油藏交错排状一纺锤形布缝水平井五点井网为基础井网的布井方式。

[0037] 图1显示了纺锤形布缝水平井五点井网及构成要素示意图,水平井1,注水井2,井距3,排距4,布缝方式5,缝网穿透比6,裂缝密度7(裂缝段间距),线段长短代表裂缝缝长的长短,箭头表示裂缝方向。

[0038] 图2显示了水平井与端部采油井的纵向剖面,水平井8,注水井分层注水9,复合叠置的多油层10,水平井被设置在多油层中的主力贡献层段,注水井钻穿整个油层。

[0039] 图3、图4、图5、图6、图7、图8显示了纺锤形布缝水平井五点井网为基础井网,可以依据油层展布特征和钻机的施工能力,灵活调整为七点井网、九点和11点等水平井井网形式,箭头表示裂缝方向。

[0040] 一种超低渗透致密油藏水平井布井方法,含有以下步骤:

[0041] 1)首先开展综合地质研究,优选水平井井网部署区,开展储层分类评价,确定主力贡献层段。

[0042] ①通过沉积微相、成岩相及高产富集主控因素研究,综合地质及油藏工程方法,优

选物性好、剩余未动用储量规模大的区域部署水平井井网。

[0043] ②应用聚类分析法,并结合生产动态,开展纵向储层分类评价,寻找主力贡献层段,作为水平井的钻遇层段。

[0044] 2)井排方向的优化

[0045] ①根据成像测井、井下微地震的测试结果,确定最大主应力方向为NE75°。

[0046] ②结合历年不同方位水平井开发效果对比来看,水平井段方位应垂直于最大主应力方向,以保证在压裂工艺上对水平井实现最佳的压裂效果,提高水平井单井产量。

[0047] 3)布缝方式的优化

[0048] 针对裂缝对水平井水驱规律影响较大,水平井容易见水的特征,结合井网形式论证的结果,优化布缝方式。优化设计了2种布缝方式,开展考虑天然裂缝和应力敏感的油藏数值模拟研究,研究结果表明:纺锤型五点井网具有单井产量较高,相同含水下,采出程度高的优势。

[0049] 4)水平段长度的优化

[0050] 在注水技术政策、油井工作制度和人工压裂缝密度相同的情况下,按照四种水平井井网形式,依据单井综合成本,开发指标预测等参数经济评价,确定五点、七点、九点井网和十一点井网最优水平段长度分别为300m、800m、1300m和1800m。

[0051] 5)裂缝密度优化

[0052] 在水平段长度设计300米和注水技术政策、油井工作制度不变的情况下,裂缝条数分别为:2、3、4、5、6、7、8条时,综合应用考虑天然裂缝、应力敏感的数值模拟、经济效益评价、微地震检测法和矿场统计相结合的方法,确定裂缝密度为2条/100m技术指标和经济效益都较好。

[0053] 6)井排距的优化

[0054] ①水平井井距的确定:在裂缝密度、注水井和油井工作制度相同时,井距600-700m时开发效果较好。井距小,能量补充充足,初期单井产量高,但同时含水上升快;井距大,虽然含水上升慢,但由于井距过大,能量得不到及时补充,产量较低。

[0055] ②排距的确定:依据主侧向渗透率级差基本为2:1和井排比模型,确定排距为150m左右。

[0056] 7)缝网穿透比:针对不同类型储层物性($k=0.2mD$ 、 $0.3mD$ 、 $0.5mD$ 、 $0.7mD$ 、 $1.0mD$)进行裂缝长度最优组合模拟。油井定压生产,井底流压控制在6.5MPa,注水井井底压力控制在30MPa,设计7种方案,通过缝网结合,综合应用考虑天然裂缝、应力敏感的数值模拟和矿场实践方法,优化确定了不同储层缝网穿透比在0.5—0.7之间。

[0057] 8)注水技术步骤

[0058] ①超前注水量确定:由两部分构成,一是依据注水井水驱控制范围,采用压缩系数法确定注水井的超前注水量;二是依据大规模体积水压裂,压裂液的存地液在50%左右,二者加和得到单个水平井注采单元的超前注水量。

[0059] ②注水强度:针对不同储层及压裂改造方式,采用考虑天然裂缝和应力敏感的数值模拟、理论计算公式和矿场实践相结合的方法,确定了超低渗透不同储层单井配注量图版。

[0060] 如上所述,对本发明的实施例进行了详细地说明,但是只要实质上没有脱离本发

明的发明点及效果可以有很多的变形,这对本领域的技术人员来说是显而易见的。因此,这样的变形例也全部包含在本发明的保护范围之内。

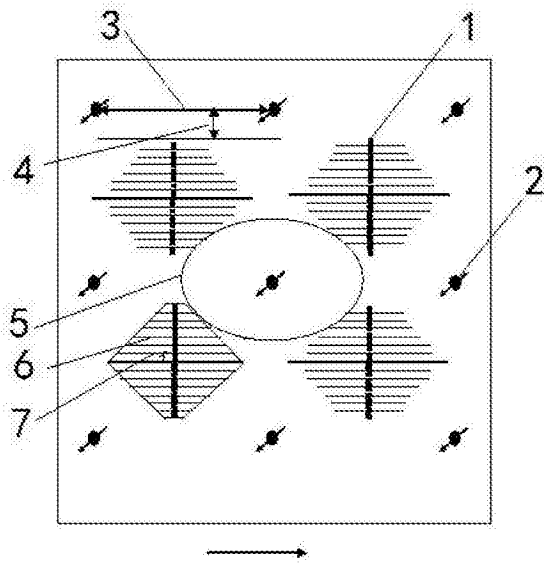


图1

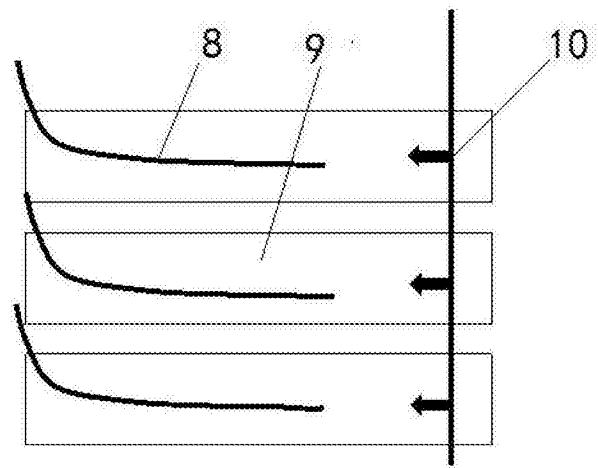


图2

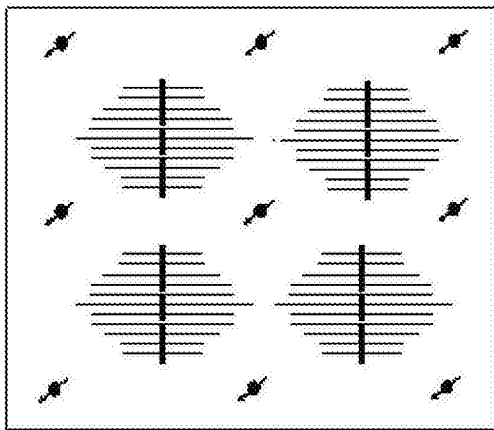


图3

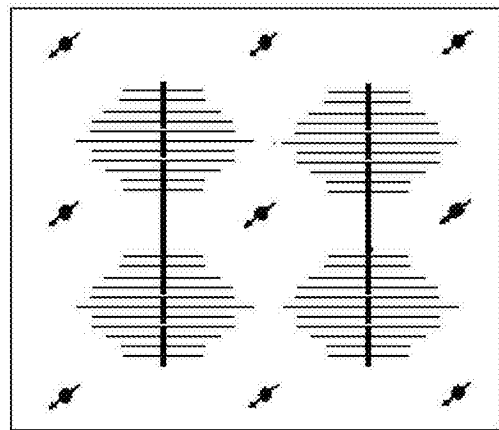


图4

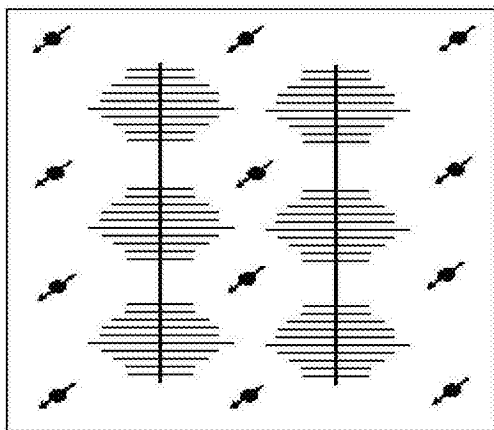


图5

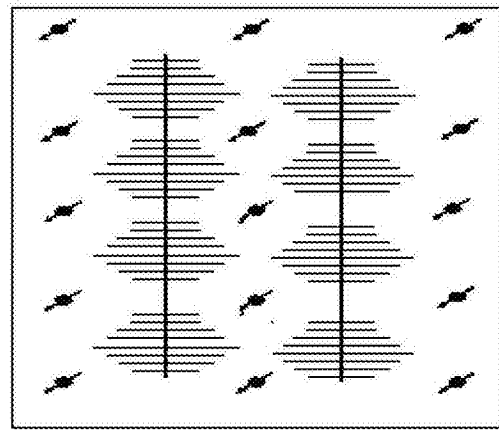


图6

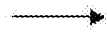
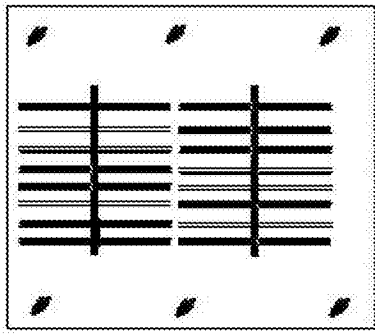


图7

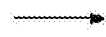
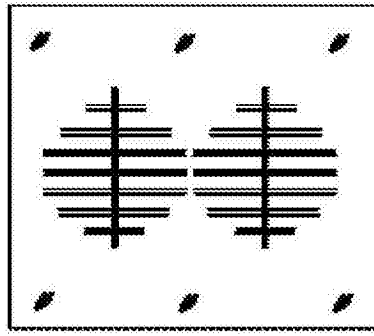


图8