

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ



(19) BG

(11) 107949 A  
7(51) A 61 M 1/16

ЗАЯВКА ЗА ПАТЕНТ

ЗА

ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Регистров № 107949  
(22) Заявено на 26.06.2003  
(24) Начало на действие  
на патента от:

Приоритетни данни

(31) 0028987 (32) 28.11.2000 (33) GB  
0122757 21.09.2001 GB

(41) Публикувана заявка в  
бюлетин № 1 на 30.01.2004

(45) Отпечатано на

(46) Публикувано в бюлетин №  
на

(56) Информационни източници:

(62) Разделена заявка от рег. №

(71) Заявител(и):  
ART OF XEN LIMITED, SWANSEA (GB)

(72) Изобретател(и):  
John Dingley, Swansea (GB)

(74) Представител по индустриална  
собственост:  
Еленка Петрова Красева, 1000 София,  
ул. "Любен Каравелов" 20

(86) № и дата на PCT заявка:  
PCT/GB01/05288, 28.11.2001

(87) № и дата на PCT публикация:  
WO02/43792, 06.06.2002

(54) ОБМЕН НА ГАЗ

(57) Изобретението се отнася до апаратура за съхранение на газове в предварително определено ниво на налягането по време на процес на газов обмен. Апаратурата включва първи кръг, който има газопропусклива разделителна стена мембрана, най-малко един вход за подаване на първи газ в апаратурата и резервоар, който съдържа първия газ. Методът и апаратурата са подходящи за оксигениране на кръвни потоци извън тялото.

17 претенции, 4 фигури

BG 107949 A

# ОБМЕН НА ГАЗ

## ОБЛАСТ НА ТЕХНИКАТА

Настоящото изобретение се отнася до метод за поддържане на предварително установено ниво на налягането на газове по време на газообменен процес и устройство за осъществяване на метод за поддържане на предварително установено ниво на налягането на газове по време на процес на газов обмен. По-специално изобретението се отнася до поддържане на предварително установено ниво на налягането на газове (като кислород) по време на оксигениране на кръв. Изобретението се отнася също така и до рецикулация на газовия поток в циркуляционен кръг с мембрана като поддържаният при предварително установеното ниво на налягането газ преминава през мембраната.

## ПРЕДШЕСТВАЩО СЪСТОЯНИЕ НА ТЕХНИКАТА

При провеждане на сърдечна операция се използва една обща техника за спиране на сърцето и се използва механично устройство за изпомпване на кръвта по тялото на упоения пациент. Устройството също обогатява с кислород и отстранява въглеродния диоксид от кръвта на пациента. Устройството, използвано за осъществяване на тази процедура е известна като байпас машина сърце-бял дроб. След завършване на операцията пациентът се отделя от байпас машината сърце-бял дроб и се възстановява нормалната функция на сърцето и белите дробове. Част от байпас машината, която обогатява кръвта с кислород и отстранява отделения въглероден диоксид се нарича оксигенатор.

Един общ тип оксигенатор за търговска употреба включва газопропусклива мембрана. Газова смес, съдържаща кислород (обикновено смес от азот и кислород) се пропуска по едната страна на мембраната, докато

кръвта на пациента се пропуска от другата страна на мембраната. Кислородът дифундира през мембраната в кръвта, а отделеният въглероден диоксид дифундира от кръвта през мембраната в газовия поток и излиза в атмосферата.

Системата, описана по-горе е подходяща за нормална употреба, но е със загуби на свежи газове, тъй като газовия поток се изпуска в атмосферата. В някои случаи е желателно използването на алтернативни газове към кислородо/азотната смес. Такива алтернативи могат например да включват скъпи газове, какъвто е ксенонът, който е подходящ, поради своите анестетични и/или защитаващи мозъка свойства. Използването на такива скъпи газове е предварително ограничено поради икономическата нецелесъобразност да бъдат изпускани в атмосферата.

Целта на настоящото изобретение следователно е да реши проблема от предшестващото състояние на техниката, отбелязан по-горе.

## **ТЕХНИЧЕСКА СЪЩНОСТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО**

Съгласно първия аспект на настоящото изобретение, има осигурен метод за поддържане на предварително установено ниво на налягането на газ по време на процес на газов обмен, който включва:

- циркулиране на газ в първи циркуляционен кръг, притежаващ газопронепускава мембранна разделителна стена;
- възможност на газа да дифундира през разделителната стена във втори циркуляционен кръг;
- повторно запълване на дифундиращия газ през поне един входен отвор;
- възможност на газа да преминава от първи циркуляционен кръг в газсъдържащ резервоар ако налягането на газа надхвърли предварително установеното ниво на налягането или газът надхвърли предварително установения обем, както и възможност на

газа да преминава от газсъдържащия резервоар към първи циркулационен кръг, ако налягането на първи циркулационен кръг падне под предварително определеното ниво на налягането, или обема на газа падне под предварително определения обем, така че да се поддържа налягането на газа от първи циркулационен кръг в рамките на предварително установеното ниво на налягането.

Конкретно предпочетено е, предварително установеното ниво на налягане да включва атмосферното налягане. Желателно е първи циркулационен кръг да има физичен обем, който по същество е предварително определения обем.

Използването на резервоар съгласно метода на настоящото изобретение позволява малък дисбаланс между изразходвания и подаден газ в първи циркулационен кръг и на практика се осъществява без загуби на свеж газ в атмосферата. Ако инцидентно бъде подадено голямо количество свеж газ в първи циркулационен кръг, излишният газ ще се премести във, или дори ще се изпусне от резервоара, без опасност от повишаване на налягането.

Вторият циркулационен кръг обикновено съдържа екстракорпорален кръвен поток. Когато вторият циркулационен кръг съдържа кръв, предпочетено е газът в първия циркулационен кръг да включва кислород. По избор, газът може да включва газ, подходящ за употреба като анестетик като например ксенон, или друг газ от VIII група на Периодичната система на елементите (като криптон). Алтернативно, по избор газът може да включва всеки подходящ газ, употребяван като лекарство за защита на мозъка. Трябва да се има предвид, че газът анестетик и газът, използван като лекарство за защита на мозъка, може да е един и същ.

За предпочитане е мембранната разделителна стена да бъде мембрана за оксигениране. Такава мембрана трябва да бъде на практика инертна за взаимодействие с кръвта, както и непропусклива за нея. За предпочитане,

мембранната разделителна стена е газопропусклив полимерен филм като микропорьозни полипропиленови кухи влакна или алтернативно, мембрана от силиконов каучук. Може да се предположи, че би могло да се използва всяка търговска мембрана оксигенатор.

Газопропускливата мембранна разделителна стена е приспособена да позволи на газа, обикновено смес съдържаща кислород, да дифундира през мембраната от първия във втория циркулационен кръг, и втори газ да дифундира през мембраната от втория в първия циркулационен кръг. Вторият газ обикновено съдържа въглероден диоксид. Следователно, за предпочитане е да се включи следващ етап, в който въглеродния диоксид се отстранява от газа, намиращ се в първия циркулационен кръг.

За предпочитане, мембраната на оксигенатора, през която се осъществява газовия обмен, се намира при атмосферно налягане от страната на газа. Ако средното налягане на газа е твърде високо, през мембраната може да се предизвика нежелателно образуване на газови мехурчета в кръвния поток. Следователно трябва да се очаква, че вътрешната повърхност на първи циркулационен кръг има ниско съпротивление на потока (обикновено като има значително голям диаметър). В едно предпочитано примерно изпълнение, налягането може да се поддържа на нивото на атмосферното налягане чрез разполагане на резервоара непосредствено до газопропускливата мембрана.

За предпочитане е газът да циркулира в първи циркулационен кръг чрез моторна помпа, като осцилационна диафрагмена помпа или малка помпа турбинен тип.

Резервоарът може да бъде отворен циркулационен кръг, с клапан към околната атмосфера или алтернативно, съд с променлив обем, като надуваем мех, чувал или други подобни, произведени от газонепропусклив, гъвкав листов материал. Когато резервоарът е съд с променлив обем, газът се

подава в първи циркуляционен кръг, така че да се избегне препълването или пълното изпразване на съда с газ.

Предпочетено е, че газът трябва да включва смес от поне два компонента. Всеки от компонентите на газа е осигурен с индивидуален входен отвор. Ясно е обаче, че всеки от компонентите на газовата смес може да се подаде през същия отвор.

Газът обикновено включва кислород и ксенон. Желателно е кислородът да присъства в количество от около 0 до 100%, за предпочитане от 30 до 100% (по-нататък за предпочитане от 30 до 80%). Желателно е ксенонът да присъства в количество от около 0 до 100%, (за предпочитане от 0 до 79%, по-нататък за предпочитане от 20 до 70%, когато ксенонът се използва като анестетик или заради неговите неврозащитни свойства).

Съгласно едно първо примерно изпълнение на настоящото изобретение всеки входен отвор е свързан с първи циркуляционен кръг.

Преимуществено всеки компонент от газовата смес се подава чрез контролирано впръскване. Контролът на впръскването може да бъде ръчен или автоматичен. Газовият поток може да бъде непрекъснат или на импулси.

Съгласно второ примерно изпълнение на настоящото изобретение, първият входен отвор е свързан с резервоара, а вторият входен отвор е свързан с първи циркуляционен кръг. Обикновено през първи входен отвор се подава кислород. За предпочитане е през втори входен отвор да се подава ксенон. При това примерно изпълнение, за предпочитане е потокът на кислорода през първи входен отвор да бъде непрекъснат. Потокът на ксенона през втория входен отвор е с контролирано впръскване. Контролираното впръскване може да бъде непрекъснато или на импулси.

Второто примерно изпълнение има предимството, че ако няма ръчно или автоматично подаване на свеж газ (например поради някаква авария), тъй като газът се абсорбира в кръвта през оксигенаторната мембрана, от

резервоара ще се подава бавно кислород в първи циркуляционен кръг, за да се помогне поддържането на жизнените функции на пациента.

Ако по някаква причина в първи циркуляционен кръг бъде въведено твърде голямо количество ксенон, излишъкът трябва да бъде отстранен чрез продухване с непрекъснат поток кислород. Резервоарът е запълнен основно с кислород през цялото време, дори в случаите, когато инцидентно се подават големи количества ксенон. Това е желателно във връзка с ефикасното изпълнение на действията от гледна точка на безопасността в ситуацията, описана във второто примерно изпълнение. В обратния случай големите количества ксенон могат да запълнят резервоара за газ с ксенон вместо с кислород, което разбира се е нежелателно.

Съгласно едно конкретно предпочетеното примерно изпълнение на настоящото изобретение, има осигурен метод за оксигениране на кръв, който метод включва:

- циркулиране на кислород в първи циркуляционен кръг, притежаваш газопропусклива мембранна разделителна стена;
- възможност на кислород да дифундира през разделителната стена във втори циркуляционен кръг;
- повторно запълване на дифундиращия кислород през поне един входен отвор в първи циркуляционен кръг;
- възможност на кислорода да преминава от първи циркуляционен кръг в кислород-съдържащ резервоар ако налягането на газа надхвърли предварително установеното ниво на налягането или газът надхвърли предварително установения обем, както и възможност на газа да преминава от кислород-съдържащия резервоар към първи циркуляционен кръг, ако налягането на първи циркуляционен кръг падне под предварително определеното ниво на налягането, или обема на газа падне под предварително определения обем, така че да се поддържа налягането на кислорода от първи

За предпочитане, кръвта е екстракорпорален кръвен поток.

За предпочитане, методът по същество да бъде както описания по-горе.

Конкретно предимство на метода от настоящото изобретение е, че позволява осъществяването на газов обмен с икономично използване на свежи газове.

Съгласно един втори аспект на настоящото изобретение, има осигурено устройство за поддържане на предварително установено ниво на налягането на газ по време на процес на газов обмен, което устройство включва:

- първи циркуляционен кръг, притежаващ газопронепускаваща разделителна мембранна стена;

- поне един входящ отвор за подаване на първи газ в устройството;

- резервоар за съхранение на първия газ.

Устройството може да се използва за осъществяване на метода за поддържане на предварително зададеното ниво на налягане на газ по време на процес на газов обмен, както беше описано по-горе. Устройството по същество поддържа газовия поток през мембранната разделителна стена при предварително установено ниво на налягането.

Резервоарът може да бъде отворен циркуляционен кръг, например с клапан към околната атмосфера, или алтернативно съд с променлив обем, като надуваем мях, чувал или други подобни, произведени от подходящ газонепропускаващ, гъвкав листов материал.

Може да се предположи, че когато системата включва съд с променлив обем, който играе ролята на резервоар, тя по избор включва контролен отвор, конструиран така, че да позволява на газа да напуска устройството ако налягането на системата надвиши околното налягане, например когато надуваемият мях е пълен и позволява подаване на:

- първия газ;
- един от компонентите на газовата смес; или

- въздух от атмосферата, ако налягането в системата падне под околното налягане (например когато надуваемият мях, чувал или други подобни по същество се изпразнят).

Когато устройството се използва за оксигениране на кръв, добре е да включва средства за отделяне на въглеродния диоксид от например първи циркулационен кръг.

По същество устройството обикновено работи при атмосферно налягане, особено около мембранната разделителна стена. Може да се предположи, че първи кръг има значително голям диаметър, което осигурява ниско съпротивление на газовия поток. В едно предпочетено примерно изпълнение, резервоарът обикновено е разположен непосредствено до газопропускливата мембранна разделителна стена.

Обикновено газопропускливата мембранна разделителна стена е една оксигенаторна мембрана, както бе описана по-горе.

Устройството обикновено включва първи входящ отвор (за предпочитане за подаване на кислород) и втори входящ отвор (за предпочитане за подаване на втори газ, например ксенон).

Съгласно едно първо примерно изпълнение на втория аспект на настоящото изобретение, първият входящ отвор и вторият входящ отвор са свързани с първи циркулационен кръг.

Съгласно едно второ примерно изпълнение на втория аспект на настоящото изобретение, първият входящ отвор е във връзка с резервоара, а вторият входящ отвор е свързан с първи циркулационен кръг.

Признаците на техническото решение на настоящото изобретение ще бъдат описани само, за да илюстрират приложените фигури, в които:

Фигура 1 представя устройство за газов обмен от предшестващото състояние на техниката;

Фигура 2 представя устройство, съгласно едно първо примерно изпълнение на настоящото изобретение;

Фигура 3 представя устройство съгласно едно второ примерно изпълнение на настоящото изобретение; и

Фигура 4 представя устройство съгласно едно следващо примерно изпълнение на настоящото изобретение.

На Фигура 1 е показан един известен тип оксигенатор, отбелязан с номер 1. Газова смес, съдържаща кислород 4 (обикновено смес от азот и кислород) се пропуска покрай едната страна на мембраната 2, а кръвта на пациента се подава с помпа от другата страна на мембрана 3. Кислородът дифундира през мембраната в кръвта, а отделеният въглероден диоксид дифундира от кръвта през мембраната в газовата смес 4. Въглеродният диоксид се увеличава от газовия поток 4 и се изпуска в околната атмосфера.

На Фигура 2, където е използвана подобна номерация за отбелязване на елементите, подобни на тези, показани на Фигура 1, е показано устройство съгласно първия аспект на настоящото изобретение, отбелязан с номер 20.

Газът се движи от газовата страна 2 на оксигенаторната мембрана 25 в кръг от тръби 21. Кръвта на пациента 22 се движи от другата страна на оксигенаторната мембрана 25 по конвенционален начин. Отделеният въглероден диоксид дифундира от кръвта 22 в газовия поток 4 през мембраната 25 към газовата страна на мембраната 2. Този отделен въглероден диоксид се отстранява от газовия поток 4 чрез преминаване на газовия поток 4 през пречистващ материал 23. Газовете рециркулират в тръбния кръг 21 с помощта на моторна помпа 24. Кислородът дифундира от газовия поток 4 през оксигенаторната мембрана 25 в кръвта на пациента 22 чрез мембрана 24.

Тъй като въглеродният диоксид се отстранява, обемът на газа в циркулационния кръг 21 бавно намалява във времето, тъй като газът (основно кислород) преминава от газовия поток 4 в кръвния поток 22 през мембраната 25. Скоростта, с която това се осъществява е обикновено около

250 мл за минута. Свежият кислород се подава допълнително в циркулационния кръг 21 през входния отвор 26, а ксенонът през входен отвор 27. Концентрацията на всеки съставен газ в циркулационния кръг се следи, за да може да се контролира процеса на подаване на газа.

Когато се достигне равновесие между количеството на усвоявания в кръвта газ и подадения в циркулационния кръг газ, се поддържа налягането в газовия циркулационен кръг. Налягането е равно или близко до атмосферното налягане. Това се постига като се използва отворен резервоар 28, свързан с циркулационен кръг 21, което позволява незначителен временен дисбаланс между скоростта на усвояване и подаването на свеж газ в циркулационния кръг, без излишно повишаване на налягането. Ако временно се подаде незначително голямо количество свеж газ през входни отвори 26 и 27, част от излишния газ може временно да се поеме от резервоара 28, без да бъде изпуснат в атмосферата през отворен край 29. При по-нататъшното усвояване на газа през мембраната 25, газът който е влязъл в резервоара 28 се връща в циркулационния кръг 21 от резервоара 28, тъй като обема на газа в циркулационен кръг 21 започва да пада отново.

На Фигура 3, където е използвана подобна номерация за отбелязване на елементите, подобни на тези, показани на Фигура 1 и Фигура 2, е показано устройство съгласно второто примерно изпълнение на настоящото изобретение, отбелязан с номер 30.

Осигурен е отворен резервоар 38. В него се подава постоянен поток от кислород през входящ отвор 37. Ксенонът се подава в малки количества в газовия циркулационен кръг 21 през входен отвор 36. При краткотрайно подаване на ксенон през входен отвор 36 със скорост по-висока от общата скорост на усвояване от циркулационен кръг 21 в кръвта 22, излишният газов обем преминава в резервоар 38, както беше описано за Фигура 2 по-горе. Ако този "излишен обем" 39 надхвърли обема на резервоарната тръба между циркулационен кръг 21 и входния отвор на кислорода 37, всеки

допълнителен излишък газ ще напусне резервоара 38 чрез кислородния поток през входния отвор 37.

Ксенонът може да бъде прибавян в циркулационния кръг 21 на големи порции с паузи за измерване на газовия състав в циркулационния кръг 21, което позволява на оператора (ръчно или автоматично) да поддържа на практика постоянно процентното съдържание на всеки газов компонент в сместа.

Системата, описана на Фигура 1 се разглежда като отворена система, което означава, че свежият газ преминава през системата и съответно през оксигенатора не повече от веднъж.

Текстът, свързан с Фигура 2 и Фигура 3 описва тези системи като “напълно затворени” като това е най-икономичния и най-желателния начин на действие. Това означава, че свежи газове се подават в циркулационния кръг със скорост повече или по-малко равна на скоростта на усвояване на всеки от тези газове в кръвта през оксигенатора. Това е най-ефикасният начин на действие по отношение на разхода на газ и следователно на експлоатационните разходи.

Системата (включваща: оксигенатор, газова рециркуляционна помпа, абсорбер на въглероден диоксид плюс механизма, позволяващ този “циркуляционен кръг” да бъде отворен към атмосферата като резервоарен лимб) може да бъде използвана като “полузатворена”. В това примерно изпълнение свежите газове (например кислород и ксенон) се подават в циркулационния кръг през входен отвор или отвори, например входни отвори 26 и 27 на Фигура 2. Потокът на тези газове е непрекъснат, а потокът на всеки газ в циркулационния кръг е подбран така, че леко превишава скоростта на усвояване на газа от циркулационния кръг в кръвта през оксигенаторната мембрана. По този начин има непрекъснато “пилеене” на излишния газ от системата, което позволява циркулационния кръг да бъде функционална отворен към атмосферата (подобно на резервоарния лимб на

Фигура 2). В същото време, свежите газове на практика рециркулират в циркулационния кръг, преди да напуснат системата. Този начин на действие използва по-малко свеж газ от отворената система, отразена на Фигура 1, тъй като свежият газ частично рециркулира. Той използва по-голямо количество свеж газ от напълно затворената система, описана по-рано на Фигура 2 и Фигура 3, тъй като при напълно затворената система свежите газове рециркулират докато бъдат усвоени от кръвта. Полузатворената система има предимството обаче, че когато се използва, изчерпването на газовете в циркулационния кръг достига равновесие и остава относително постоянно. Това означава, че въпреки по-малката си икономичност от напълно затворените системи, описани на Фигура 2 и Фигура 3, тя не изисква такава висока степен на бдителност по отношение на мониторинга и контрола, което е задължително за безопасното използване на напълно затворените системи.

По отношение на Фигура 4, кислородът със или без ксенон се усвоява от циркулационния кръг през оксигенаторната мембрана 2 от кръвта на пациента като обемът на газа в циркулационния кръг 21 и мяха 41 намалява. Мяхът 41 не се свива под действие на собственото си тегло и изтласква съдържанието си в резервоарния лимб 42, понеже има еднопосочен клапан 43 в резервоарния лимб, който позволява единствено подаване на газа в циркулационния кръг, но не и извън него.

Когато мяхът 41 се изпразни, непрекъснатото изчерпване на газа от циркулационния кръг през оксигенатора се замества с кислород, подаван в циркулационния кръг от резервоарния лимб със същата скорост. Този газ се подава в циркулационния кръг 21 през гореспоменатия пасивен еднопосочен клапан, който изисква съвсем малки разлики в налягането, за да се отвори.

Ако ксенонът се подава в циркулационния кръг 21 през входния отвор 36, мяхът 41 се пълни, за да поеме свръх добавения газ. Той няма да изтича от резервоарния лимб, тъй като еднопосочният клапан 43 е затворен.

Следователно газовата страна на оксигенатора е защитена от отрицателна промяна на налягането поради това, че излишният кислород ще бъде подаден към циркуляционния кръг 21, както и защитен от положителна промяна на налягането поради това, че височината на мяха 41 ще нарасне ако в циркуляционния кръг бъде подаден излишен газ. Ако операторът не прави нищо, кислородът винаги се подава в циркуляционния кръг автоматично със скорост равна на скоростта на усвояване през оксигенатора 2. Мяхът 41 позволява добавеният газ да бъде поет без промяна на налягането. Мяхът 41 и клапанът 43 са разположени близко до газовата страна на оксигенатора 2, за да се поддържа налягането в устройството ниско, като например атмосферно налягане.

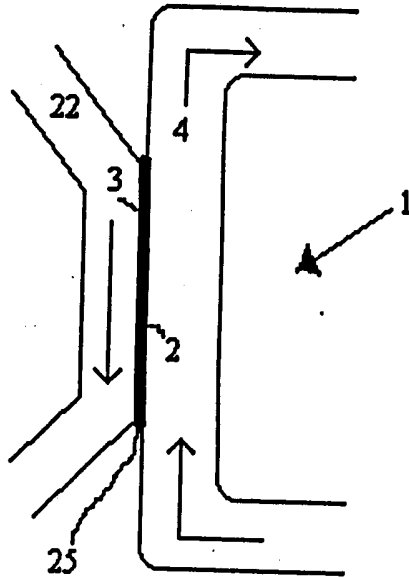
Системата, описана на фигури 3 и 4 е особено предпочитана, тъй като когато газовата смес в първи циркуляционен кръг 21 включва смес от кислород и друг газ като ксенон, обемът на газа, усвоен през мембраната от циркуляционния кръг е равен на усвоения кислород за минута плюс усвоения ксенон за минута. Ако не се добави свеж ксенон, този изразходван комбиниран обем се замества от кислород, подаван в първи циркуляционен кръг 21 от резервоарната система, запълнена с кислород. Следователно при липса на подаване на ксенон в първи циркуляционен кръг 21, концентрацията на кислород в него бавно ще нараства. Ясно е, че това бавно нарастване на концентрацията на кислорода се уравнисява от малки количества ксенон, подадени в циркуляционен кръг 21. Крайният резултат е на практика постоянни концентрации на кислород и ксенон в циркуляционния кръг 21. Системата следователно притежава свойствена безопасност, тъй като грешка в подаването на ксенон предизвиква бавно повишаване на концентрацията на кислорода в циркуляционен кръг 21, което е важно за поддържане на живота.

## ПАТЕНТНИ ПРЕТЕНЦИИ

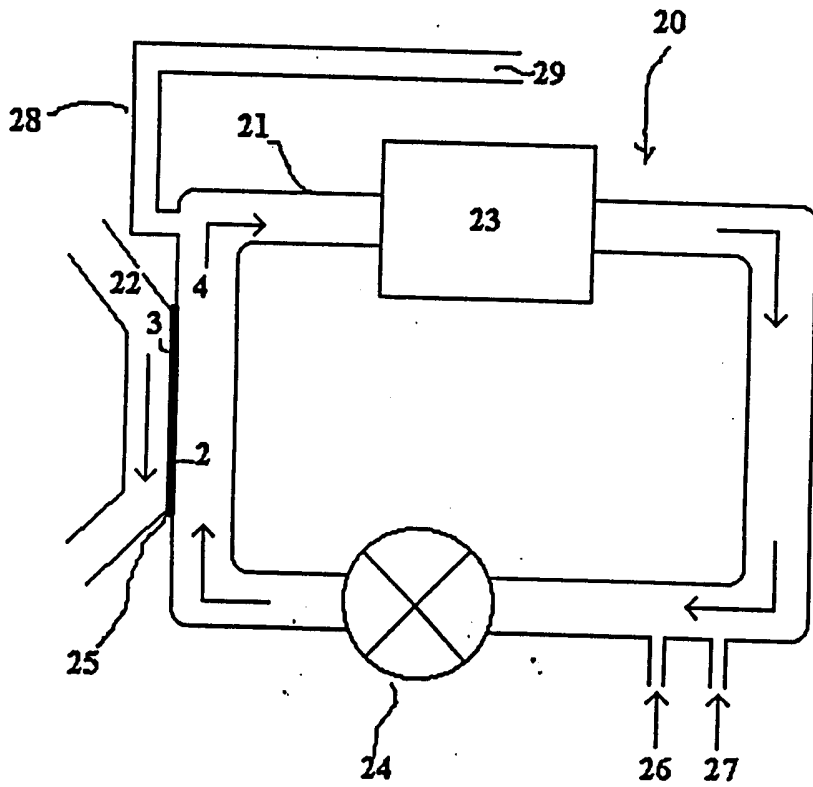
1. Устройство за поддържане на предварително установено ниво на налягането на газ по време на процес на газов обмен, което устройство включва:
  - първи циркуляционен кръг, притежаващ газопропусклива мембранна разделителна стена;
  - резервоар, свързан с първи циркуляционен кръг, като резервоарът е предназначен да съдържа кислород;
  - първи входен отвор, предназначен за подаване на анестетичен газ в първи циркуляционен кръг при което резервоарът е приспособен да пропуска поток от кислород, съдържащ се в резервоара, към първи циркуляционен кръг ако налягането в първи циркуляционен кръг падне под атмосферното.
2. Устройство, съгласно претенция 1, в което резервоарът е разположен непосредствено до мембранната разделителна стена.
3. Устройство, съгласно претенции 1 и 2, в което първи циркуляционен кръг е циркуляционен кръг с непрекъсната циркулация.
4. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 3, при което резервоарът е отворен циркуляционен кръг.
5. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 4, при което резервоарът е съд с променлив обем.
6. Устройство, съгласно претенция 5, в което съдът с променлив обем е надуваем мях, чувал или други подобни.
7. Устройство, съгласно претенция 5 или 6, в което съдът с променлив обем е произведен от газонепропусклив листов материал.
8. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 5 до 7, което включва контролен клапан, приспособен да пропуска газа да напусне устройството ако налягането в системата надхвърли атмосферното налягане.

9. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 8, в което мембранната разделителна стена е оксигенаторна мембрана.
10. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 9, в което мембранната разделителна стена е по същество инертна за взаимодействие с кръвта и е непроницава за кръв.
11. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 10, в което мембранната разделителна стена е газопропусклив полимерен филм, като микропорьозни полипропиленови кухи влакна или мембрана от силиконов каучук.
12. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 11, в което газопропускливата мембранна разделителна стена е приспособена да пропуска газа да дифундира през мембраната от първия циркулационен кръг във втория циркулационен кръг, както и втори газ да дифундира през мембраната от втория циркулационен кръг в първия циркулационен кръг.
13. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 12, което включва средство за отстраняване на въглероден диоксид.
14. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 13, в което първи циркулационен кръг има вътрешна повърхност с ниско съпротивление на течене.
15. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 14, в което ксенонът се подава през първи входен отвор.
16. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 15, което включва втори входен отвор, предназначен за подаване на кислород в резервоара.
17. Устройство, съгласно която и да е от претенции от 1 до 16, при което устройството включва средства за отстраняване на въглероден диоксид в случаите, когато устройството се използва за оксигениране на кръв.

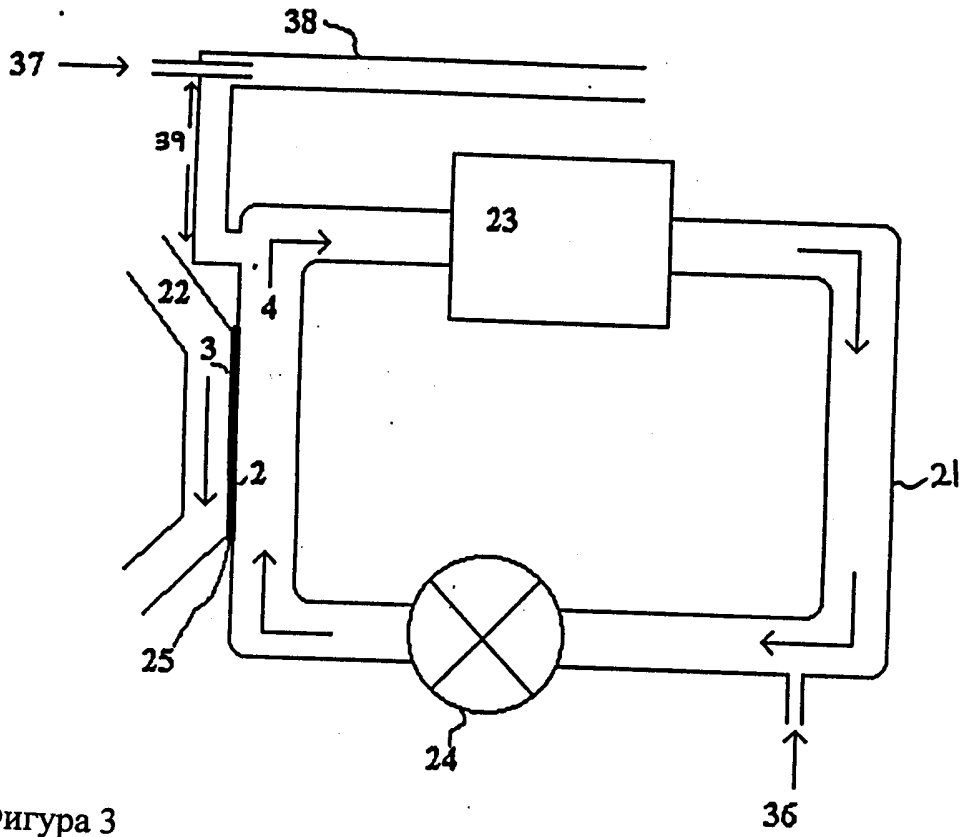
1 / 2



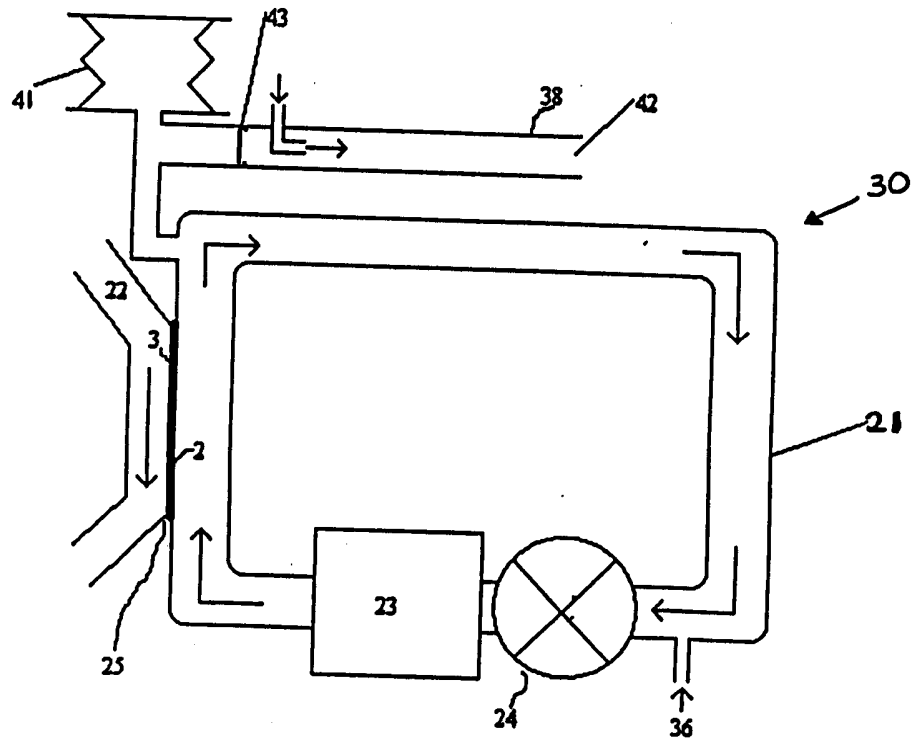
Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3



Фигура 4