

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201992238** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
2020.04.01

(22) Дата подачи заявки  
2017.05.12

(51) Int. Cl. *H01T 13/50* (2006.01)  
*H01T 15/00* (2006.01)  
*H05H 1/52* (2006.01)  
*F02P 3/08* (2006.01)  
*F02P 9/00* (2006.01)

(54) **СВЕЧА ПРОГРАММИРУЕМОГО ПЛАЗМЕННОГО ЗАЖИГАНИЯ**

(31) 15/470,552

(32) 2017.03.27

(33) US

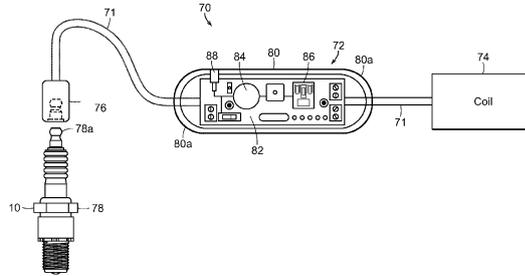
(86) PCT/US2017/032325

(87) WO 2018/182760 2018.10.04

(71)(72) Заявитель и изобретатель:  
МОНРОЗ СЕРЖ В. (US)

(74) Представитель:  
Вашина Г.М. (RU)

(57) Провод свечи зажигания для двигателя внутреннего сгорания включает удлиненный проводник с программируемым конденсаторным модулем, расположенным в одной линии с удлиненным проводником. Программируемый конденсаторный модуль выполнен с возможностью повышать или конвертировать обычно подаваемое на катушку зажигания напряжение зажигания в плазменное напряжение. Свеча зажигания в соответствии с изобретением выполнена таким образом, что установленный внутри изолятора анод включает или заменяет модуль конвертирования напряжения, предназначенный для конвертирования напряжения зажигания в плазменное напряжение. Модуль конвертирования напряжения включает полупроводниковую интегральную схему, композиционный полупроводниковый материал или конденсатор.



**A1**

**201992238**

**201992238**

**A1**

## СВЕЧА ПРОГРАММИРУЕМОГО ПЛАЗМЕННОГО ЗАЖИГАНИЯ

### ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[1] Данное изобретение относится к источнику зажигания для двигателей внутреннего сгорания. Более конкретно, изобретение относится к свече плазменного зажигания, предназначенной для замены искровой свечи зажигания. Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением повышает молекулярную диссоциацию топлива таким образом, что достигается практически 100% сжигания при снижении тепловыделения, повышении мощности и почти полной очистки выхлопных газов.

[2] Целью данного изобретения является создание изделия для применения в двигателях внутреннего сгорания, обеспечивающего сжигание топлива на нефтяной основе путем распространения плазмы. В настоящее время характеристики плазменного зажигания не обеспечиваются традиционными приборами искрового зажигания, такими как искровые свечи зажигания. В области устройств искрового типа насчитывается более 1000 патентованных искровых эмиттеров и устройств генерирования плазмы. В области плазменно-дугового зажигания также насчитывается множество систем, но они в основном не связаны с использованием двигателей внутреннего сгорания. Все такие устройства обычно включают:

- (a) анодную шину, вставленную продольно в центр
- (b) изоляционного керамического материала из стекловидных или пергаментных керамик различных типов,
- (c) соответствующий металлический катодный материал, прикрепленный к изоляционному керамическому материалу с использованием различных способов и технологий.

Все из них используют для генерирования искровых зазоров, формы которых характеризуются большим разнообразием, в диапазоне от простой искровой свечи с зазором от наконечника анодной шины до различных типов прерывателей, пластин, слоистых материалов и других конструкций для повышения или

улучшения эффективности направления искр в цилиндр двигателя в цикле зажигания.

[3] Настоящее изобретение отличается от всех устройств известного уровня техники подобного класса:

- (a) включенными в конструкцию материалами,
- (b) геометрией наконечника зажигания,
- (c) электронными и электротехническими характеристиками.

Особенным и общим недостатком искровых свечей зажигания является то, что введенные в них при изготовлении металлические элементы не способны эмитировать искру через искровой зазор с эффективным зажиганием, за рамками конечного предела, сжимаемых в цилиндре капель топливовоздушной смеси в фазе детонации. Ограничения современных искровых излучателей связаны со следующими факторами:

- (a) предельная удельная электрическая проводимость металлических элементов;
- (b) электрическое сопротивление металлических элементов;
- (c) конечный предел диэлектрического насыщения керамических изоляционных материалов.

[4] Нормальным коэффициентом топливовоздушной смеси в традиционных устройствах обычно считается 14,7:1. Изготовленные в последнее время более новые двигатели работают с повышенным коэффициентом 22:1. Повышенный уровень топливовоздушных смесей является верхним пределом работоспособности традиционного двигателя внутреннего сгорания, так как электрический ток (в том числе ряд входных характеристик), выдерживаемый традиционными искровыми свечами зажигания, не должен превышать указанный уровень. Чтобы эффективно зажигать топливовоздушную смесь при повышенном коэффициенте, источник зажигания должен быть выполнен с возможностью выдерживать намного более высокие уровни тока, обеспечивать более краткое время переключения и более высокие пиковые амплитуды по сравнению с возможностями доступных в настоящее время устройств.

[5] Настоящее изобретение удовлетворяет этим потребностям и предлагает другие соответствующие преимущества.

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[6] Система плазменного зажигания для двигателя внутреннего сгорания обычно включает распределитель зажигания в двигателе внутреннего сгорания для распределения импульсов электрической энергии для зажигания. Сюда входит свеча зажигания, которая может быть в виде свечи искрового зажигания или свечи плазменного зажигания. Свечи искрового зажигания известны в данной области техники. Свечи плазменного зажигания обычно имеют полусферический анод, установленный обычно внутри тороидального катода, определяющего кольцевой искровой промежуток. Полусферический анод и тороидальный катод свечи плазменного зажигания разделены изолирующим элементом. Кольцевой искровой промежуток находится в непосредственной близости к дистальному концу изолирующего элемента и обеспечивает увеличенную площадь поверхности искрового разряда по сравнению с обычными стержневыми свечами зажигания. Провод свечи соединяет свечу зажигания с катушкой зажигания или распределителем зажигания для подачи импульсов электрической энергии с напряжением зажигания от катушки на свечу зажигания.

[7] Целью настоящего изобретения является создание провода свечи зажигания для использования в стандартных свечах искрового зажигания в двигателях внутреннего сгорания или в свечах плазменного зажигания. Провод свечи зажигания включает удлиненный проводник, имеющий первый конец, выполненный с возможностью соединения с катушкой зажигания, и второй конец, выполненный с возможностью соединения со свечой зажигания. Удлиненный проводник выполнен с возможностью подачи напряжения зажигания от катушки зажигания на свечу зажигания. Провод свечи зажигания в соответствии с изобретением включает программируемый конденсаторный модуль на одной линии с удлиненным проводником. Программируемый конденсаторный модуль расположен между первым концом и вторым концом проводника и выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение. Обычно напряжение зажигания находится в диапазоне от 15000 вольт до 20000 вольт. Плазменное напряжение, генерируемое проводом свечи зажигания в

соответствии с изобретением, составляет более 500000 вольт, предпочтительно, находится в диапазоне от 500000 вольт до 600000 вольт.

[8] Программируемый конденсаторный модуль включает, предпочтительно, микросхему памяти, соединенную с конденсатором на одной линии с удлинённым проводником. Микросхема памяти, предпочтительно, выполнена с возможностью хранить в памяти программу управления конденсатором, а также способ конвертирования напряжения зажигания в плазменное зажигание. Программируемый конденсаторный модуль, предпочтительно, выполнен также с возможностью конвертировать напряжение зажигания из переменного тока в постоянный ток, чтобы плазменное напряжение также было напряжением постоянного тока. Постоянный ток может иметь значение положительного направления, чтобы генерировать плазменное поле с вращением по часовой стрелке, или значение отрицательного направления, чтобы генерировать плазменное поле с вращением против часовой стрелки.

[9] Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением включает анод, установленный концентрично внутри в основном цилиндрического катода, и изолятор, установленный между анодом и катодом - аналогично свечам зажигания известного уровня техники. Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением включает также модуль конвертирования напряжения, установленный внутри изолятора на одной электрической линии с анодом. Модуль конвертирования напряжения выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение.

[10] В первом примере осуществления предлагаемого изобретения модуль конвертирования напряжения является полупроводниковой интегральной схемой, такой как металлооксидный полупроводниковый полевой транзистор. Металлооксидные материалы соединены материалом изолированного затвора с образованием р-п перехода. Полупроводниковая интегральная схема далее включает микросхему памяти, выполненную с возможностью хранить в памяти программу управления полупроводниковой интегральной схемой и способ конвертирования напряжения зажигания в плазменное напряжение полупроводниковой интегральной схемой. Как изложено выше, напряжение

зажигания обычно находится в диапазоне от 15000 вольт до 20000 вольт, и плазменное напряжение, предпочтительно, составляет более 500000 вольт.

[11] Во втором примере осуществления изобретения модуль конвертирования напряжения включает только конденсатор. Конденсатор выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение, как описывалось выше.

[12] В третьем примере осуществления изобретения модуль конвертирования напряжения включает композиционный полупроводниковый материал вместо анода. Композиционный полупроводниковый материал включает металл-оксиды. Композиционный полупроводниковый материал, предпочтительно, полностью заменяет вольфрамовый анод таким образом, чтобы полностью полагаться на емкостные эффекты композиционного полупроводникового материала. Как альтернатива, композиционный полупроводниковый материал может замещать среднюю часть вольфрамового анода таким образом, чтобы вольфрамовый материал расширялся до большего диаметра или большей площади поверхности и охватывал композиционный полупроводниковый материал или смешивался с ним.

[13] Другие признаки, преимущества и подробности изобретения будут понятными из нижеследующего более подробного описания во взаимосвязи с прилагаемыми чертежами, которые путем примеров иллюстрируют принципы изобретения.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[14] Прилагаемые чертежи иллюстрируют изобретение.

[15] На фиг. 1 изображена в перспективе свеча плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением.

[16] На фиг. 2 изображена свеча плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением, вид спереди.

[17] На фиг. 3 покомпонентно изображена свеча плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением.

[18] На фиг. 4 изображен кольцевой искровой промежуток свечи плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением, вид крупным планом.

[19] На фиг. 5 схематически изображена система оборудования, включающая свечу плазменного зажигания.

[20] На фиг. 6 схематически изображена интегрированная усовершенствованная конструкция свечи и провода зажигания, используемых в свече плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением.

[21] На фиг. 7 схематически изображена усовершенствованная система для использования в свече плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением.

[22] На фиг. 8 схематически изображен пример свечи зажигания согласно настоящему изобретению.

[23] На фиг. 9 схематически изображен пример свечи зажигания согласно настоящему изобретению, включающей встроенную полупроводниковую интегральную схему.

[24] На фиг. 10 схематически изображена встроенная полупроводниковая интегральная схема, представленная на фиг. 9.

[25] На фиг. 11 схематически изображен пример свечи зажигания согласно настоящему изобретению, включающей встроенный конденсаторный модуль.

[26] На фиг. 12 схематически изображен пример свечи зажигания согласно настоящему изобретению, включающей встроенный композиционный полупроводниковый материал.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[27] Свеча плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением выполнена с возможностью встраивания специально разработанного плазменного эмиттера, показавшего на отдельных испытаниях способность эмитировать высокоэнергетическое электродуговое плазменное поле под действием разработанных надлежащим образом источника питания и системы переключения. Устройство, показанное на фиг. 1-4, состоит из:

- (a) анода 12, изготовленного из вольфрамовой стержневой заготовки, легированной торием,
- (b) изолятора 14, изготовленного из стекловидного обрабатываемого керамического материала, такого как нитрид бора,
- (c) полусферического титанового полевого эмиттера 16 из титана,
- (d) катодной втулки 18, изготовленной из легированной бериллием меди или из легированной ванадием меди. Катод 18 включает тороидальное кольцо 20 вблизи эмиттера 16. Корпус катода 18 имеет механически обработанную резьбовую часть 22 для вставления в отверстие типичного двигателя внутреннего сгорания, выполненное с возможностью принимать искровую свечу зажигания. Входной контакт зажигания 24 запрессован в торец анода 12 на противоположной стороне от катода 18.

[28] Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением подает намного более высокий ток в цикл включения-выключения зажигания наносекундными импульсами. Вместо просто генерирования дугового зажигания плазменная свеча в соответствии с изобретением генерирует плазму настолько мощную, что она вызывает распад молекул воды в открытом воздухе и зажигает искрящим разрядом. При воздействии плазменного поля свечи плазменного зажигания в соответствии с изобретением молекулы бензина распадаются на отдельные ионные радикалы, которые затем зажигаются тем же мощным разрядом. В результате молекулы топлива полностью сгорают при фактическом уничтожении углеводородных частиц в количестве менее 2,5 частиц на миллиард. Кроме того, гидроокись углерода полностью удаляется, и улучшается состав выхлопа в целом. При использовании в двухтактных транспортных средствах с масляными добавками к топливу полностью устраняются шесть канцерогенных загрязнителей выхлопных газов, обычно генерируемых двигателями таких средств. Транспортные средства, испытанные со свечами плазменного зажигания в соответствии с настоящим изобретением, показали значительное повышение полезной мощности и значительное снижение расхода топлива. Проверки выхлопа таких транспортных средств автомобиля показали значительное сокращение или полное исключение загрязнителей выхлопных газов. Со свечой

плазменного зажигания в соответствии с изобретением могут использоваться дополнительные компоненты для повышения уровня электрических разрядов, скорости переключения управления, перенастраивания угла опережения зажигания, перенастраивания коэффициентов топливовоздушной смеси.

[29] Настоящее изобретение решает основные проблемы искровых свечей зажигания известного уровня техники путем введения нижеследующих конструктивных особенностей.

[30] Легированный торием вольфрамовый анод. Торий-232 полезен как сплав в устройствах, в которых используются системы точного электронного регулирования, так как изотоп тория 232 непрерывно эмитирует свободные электроны ( $6,02 \times 10^{17}$  на кв. см/с), не проявляя высвобождения каких-либо других продуктов эмиссии, связанной с ядерным распадом. В свече плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением свободные электроны, эмитируемые торием-232, повышают фактический выход электронов на 73,91%. Этот признак усиления придает настоящему изобретению функциональное преимущество по сравнению с любыми известными устройствами аналогичной конструкции или аналогичного применения. Анод 12 изготавливается, предпочтительно, из вольфрама, легированного торием (3%). Стержень анода из легированного торием вольфрама обеспечивает сверхбыстрое переключение при исключительно низком сопротивлении. Материал обеспечивает насыщение поля свободных электронов, по существу, с нулевым сохранением остаточного заряда.

[31] Легированный бериллием медный катод. Обычные металлы на основе железа использовались в катодных системах искровых свечей зажигания более 130 лет. Такая практика была приемлема, так как стальные катоды являются прочными, относительно недорогими и повсеместно доступными. Недостатки применения черных металлов в свечах зажигания стали важными только тогда, когда требуемые значения подводимой мощности стали нарушать пороговые значения устойчивости таких материалов. Настоящее изобретение решает эту проблему путем замены обычных катодов из черных металлов легированной бериллием медью. Сплав меди с бериллием обеспечивает:  
(а) повышение прочности меди на растяжение,

(b) повышение температуры размягчения меди,

(c) повышение проводимости меди при высоких температурах.

Предпочтительно, катод 18 изготовлен из легированной бериллием меди или из легированной ванадием меди. Катод из легированной бериллием меди обеспечивает чрезвычайно высокую проводимость при повышенном электрическом потенциале и более высокую прочность на растяжение по сравнению с медью.

[32] Титановый плазменный эмиттер. В каждом устройстве типа искрового эмиттера наиболее подвержен износу наконечник анода искрового эмиттера. Последние достижения в технологии материалов привели к созданию анодных наконечников с тонким покрытием из таких материалов как платина и иридий. При рассмотрении данных испытаний таких материалов с покрытиями выявлено, что фактическая эффективность в виде полезной энергии не улучшается при нанесении таких покрытий. Кроме того, хотя расчетный срок службы анодных наконечников при воздействии вводимых разрядных импульсов может повышаться при указанной модификации, обычные анодные наконечники с платиновыми или иридиевыми покрытиями катастрофически выходят из строя в течение 15 секунд или раньше при воздействии уровней подводимой мощности, необходимых для создания и поддержания непрерывной серии плазменных импульсов.

[33] Настоящее изобретение решает эту проблему путем использования сферического элемента распространения или эмиттера 16 из высокочистого титана. Предпочтительно, диаметр эмиттера 16 составляет порядка 6,35 мм (1/4 дюйма), и он выполнен в виде сферы или полусферы. Анодный стержень 12 из легированного торием вольфрама запрессован в титановый эмиттер 16 с образованием прочного высокопроводящего компонента, чрезвычайно стойкого к износу при непрерывной работе на уровне мощности, предусмотренной для генерирования плазмы. После сборки с катодом 17 электрическая дуга эмиттера 16, сферическая или полусферическая, выступает за пределы тора 20. Тот факт, что титан проявляет чрезвычайно низкую электрическую емкость в виде сохранения остаточного заряда, делает его идеальным средством для данного

конкретного применения. Титан является также чрезвычайно стойким к износу при использовании в качестве высоковольтного анода. Титановый плазменный эмиттер обеспечивает чрезвычайно высокую стойкость к деградации при высоком напряжении/высоком токе с очень низким сохранением остаточного заряда, очень низким сопротивлением, хорошей геометрией поверхности и чрезвычайно высокими допусками к нагреву и давлению.

[34] Отображение распространения поля. Достаточность электрической дуги как источника зажигания в двигателях внутреннего сгорания зависит от:

- (a) степени заряда источника,
- (b) продолжительности зарядки источника,
- (c) геометрии наконечника эмиттера,
- (d) функционирования участка поверхности между элементами анода и катода.

В устройствах с обычными искровыми свечами зажигания один стержень диаметром примерно 3,175 мм (0,125 дюйма) отделен от катодного элемента зазором обычно в диапазоне +/- 0,762 мм (+/- 0,03 дюйма). Наиболее эффективные устройства (например, одобренные Национальной ассоциацией гонок серийных автомобилей и гоночной организацией Формула 1) состоят из одного покрытого платиной наконечника искрового стержня, окруженного тремя или более катодными наконечниками. Такая конфигурация была принята, так как она эффективно повышает участок поверхности, на котором может работать искровой разряд.

[35] Настоящее изобретение оптимизирует соотношение между компонентами геометрии и участка поверхности, используя сферический анодный эмиттер 16, отделенный от тора 20 катода 18 из легированной бериллием меди или из легированной ванадием меди зазором примерно 0,762 мм (0,03 дюйма).. Наконечник полусферы эмиттера выступает за пределы тора 20 примерно на 0,508 мм (0,02 дюйма). Изолятор 14 из стекловидной обрабатываемой керамики расположен в пределах 0,762 мм (0,03 дюйма) от экспонируемой поверхности катодного тора 20. Комбинация материалов, криволинейные участки поверхности и плотно зафиксированный изолятор обеспечивают площадь электропроводящей поверхности по меньшей мере в двадцать пять раз больше, чем у

высокоэффективных искровых свечей зажигания гоночного типа, одобренных Национальной ассоциацией гонок серийных автомобилей. Кроме того, конфигурация свечи плазменного зажигания 10 выдавливает плазменное поле от наконечника устройства распространения к днищу поршня. Комбинация увеличенной площади показала улучшение эффективности зажигания более чем на 68% по сравнению с искровыми свечами зажигания гоночного типа при идентичных условиях испытания в типичных системах бензиновых четырехтактных двигателей внутреннего сгорания.

[36] Когда на анод 12 подаются высокоамплитудные импульсы, генерируемая электрическая дуга через кольцевой искровой промежуток 26 одновременно достигает более двадцати четырех точек. При обычной подаче мощности от стандартного генератора переменного тока и системы зажигания (2500 оборотов в минуту при 13,5 вольт постоянного тока и 30 А, конвертированных в 50000 вольт постоянного тока и 0,0036 А) свеча плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением генерирует фронт пламени зажигания в двадцать раз больше, чем обычная искровая свеча зажигания. Когда уровень зажигания повышается в 1800 раз (75000 вольт постоянного тока и 6,5 А), фронт искрового разряда заменяется плазмой. Никакая традиционная искровая свеча зажигания не может выдержать подачи такого уровня тока. При таких условиях свеча плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением повышает молекулярную диссоциацию почти до 100% сжигания при снижении тепловыделения, повышении мощности и почти полной очистке выхлопных газов.

[37] Эффективность сгорания. При плазменном зажигании топливовоздушная смесь на основе бензина создает состав выхлопа, совершенно отличающийся от того, который создается при зажигании традиционной искровой свечой зажигания. Повышенное воздействие плазменного поля на динамику сгорания является результатом, прежде всего, молекулярной диссоциации под воздействием плазмы на длинноцепные молекулы углеводорода топлива. Традиционное сжигание топлива основывается на:

- (a) высокой температуре,
- (b) давлении,

(с) эффективным гомогенном смешивании молекул топлива и воздуха, (d) источнике зажигания для окисления молекул углеводорода путем сжигания. Горение топлива на нефтяной основе в среде под давлением обычно создает давление в головке блока цилиндров в диапазоне 3100-3790 кПа (450-550 фунтов на квадратный дюйм) при традиционной работе двигателя внутреннего сгорания. В отличие от этого, по данным Российской Академии наук индуцированное плазмой горение топлива создает давление в головке блока цилиндров в диапазоне порядка 7720 кПа при идентичных условиях.

[38] Преимущество использования индуцированного плазмой горения заключается в том, что половина массы топлива, обычно сжигаемая в типичных двигателях внутреннего сгорания, может окисляться с созданием тех же значений на выходе, а все другие переменные остаются без изменений.

[39] Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением может также включать внутри эмиттера сверхпроводники из моноатомного золота или из орбитально перестроенных монокристаллических элементов. Такие орбитально перестроенные монокристаллические элементы могут включать порошки моноатомных переходных металлов группы 11, например, меди, серебра и золота. Эти порошки проявляют сверхпроводимость второго рода при высоком напряжении в электромагнитных полях и вызывают сверхпроводимость первого рода в прилегающих меди и медных сплавах.

[40] Управление частотой переключений основывается на максимальной скорости переключения до ста тысяч циклов в минуту при шестистых наносекундах на пульс. Предпочтительно, достигаемая частота переключений включает пятьдесят наносекунд времени переключения распространения плазменного поля, двести наносекунд сохранения плазменного поля, пятьдесят наносекунд отключения дискриминатора, пятьдесят секунд времени переключения горения дуги, двести наносекунд продолжительности горения дуги сто раз на участке поверхности, пятьдесят наносекунд отключения дискриминатора. Предпочтительно, повышенные уровни разрядов имеют диапазон рабочих режимов 13,5 вольт постоянного тока при ста А до семидесяти пяти тысяч вольт постоянного тока при 7,5 А. Плазменное поле имеет, предпочтительно,

напряжение меньшее или равное 13,5 вольт постоянного тока при сорок одной тысяче шестистах шестидесяти А в импульсном режиме двести наносекунд. Дуга горения имеет, предпочтительно, напряжение меньшее или равное семидесяти пяти тысячам вольт постоянного тока при 7,5 А в импульсном режиме двести наносекунд. Соотношение компонентов топливовоздушной смеси регулируется, предпочтительно, в диапазоне от 14:7-1 до 14:40-1. Регулировка угла опережения зажигания выполняется, предпочтительно, цифровым управлением на сорок градусов до верхней мертвой точки.

[41] В комплексе со свечой плазменного зажигания в соответствии с изобретением улучшен также цикл электрического разряда за счет достижений в области переключения зажигания, катушки трансформатора и проводки искровой свечи зажигания. Катушка трансформатора включает новый электромагнитный сердечник, изготовленный из нанокристаллического материала для электромагнитных сердечников. Такой нанокристаллический материал имеет нулевой гистерезис под нагрузкой независимо от уровня тока. Предпочтительным примером нанокристаллического материала является сплав Vitroperm™ фирмы Vacuum Schmelze GmbH & Co., Ханан, Германия.

[42] В комбинации с нанокристаллическим материалом для электромагнитных сердечников система выполнена с возможностью использования для цикла электрического разряда во взаимодействии со свечой плазменного зажигания в соответствии с изобретением кабеля или провода специального типа, предназначенного для передачи как переменного, так и постоянного тока. Провод изготовлен таким образом, чтобы снижать потери за счет поверхностного эффекта или эффекта близости в проводниках, используемых при частотах примерно до одного мегагерца. Такие проводники для двух видов тока состоят из множества тонких жил многожильного провода, отдельно изолированных и скрученных или сплетенных вместе в один по специальной схеме, часто включающей несколько слоев или уровней. Несколько уровней или слоев жил многожильного провода относятся к группам скрученных проводов, которые сами тоже скручены вместе. Такая специальная схема намотки выравнивает пропорцию всей длины, по которой каждая жила уложена поперек внешней

поверхности проводника. Если такие проводники для двух видов тока не являются сверхпроводящими, они работают с чрезвычайно низким сопротивлением частым импульсам напряжения постоянного тока. При использовании в качестве материала для первичных обмоток трансформаторов эти проводники для двух видов тока почти полностью исключают активные потери, обратные вихревые токи и другие потери, относящиеся к трансформированию цепей напряжения постоянного тока. Такой проводник для двух видов тока часто называют многожильным высокочастотным обмоточным проводом; он используется, главным образом, в электронике для передачи переменного тока.

[43] Другим материалом, который используется в соответствии с данным изобретением и влияет на цикл электрического разряда, является плотный провод с сердечником, включающий интеркалированный теллурий 128 с обмотками из меди высокой чистоты - одножильный провод с сердечником из сплава теллурий-медь. Конкретная версия этого материала выпускается под торговой маркой Tellurium-Q® английской фирмой Tellurium-Q Ltd. Этот плотный провод с сердечником изначально разрабатывался для использования в высокоэффективной звуковоспроизводящей аппаратуре, чтобы исключать фазовые искажения между компонентами усилителя и акустической системы. При использовании для замены проводов искровых свечей зажигания такой плотный провод с сердечником обеспечивает подачу тока от трансформатора к системе переключения свечей плазменного зажигания в соответствии с изобретением практически с нулевым сопротивлением и практически при полном отсутствии фазовых искажений. Это означает, что сигнал, генерируемый источником, может передаваться без искажения на свечу плазменного зажигания на постоянной основе.

[44] Когда нанокристаллический материал для электромагнитных сердечников, такой как Vitroperm™, и многожильный высокочастотный обмоточный провод используются в комбинации для трансформирования тока от генератора переменного тока, это создает возможность создания интегрированного жгута проводов, предназначенного для соединения катушки трансформатора зажигания непосредственно с каждым проводом. Каждый провод имеет отдельную катушку

зажигания и модуль переключения, подключенные непосредственно к его концу перед его соединением с каждой свечой плазменного зажигания. Использование таких компонентов интегрированного жгута проводов возможно только вследствие того, что тепловые потери из-за эффектов сопротивления и гистерезиса практически исключаются самими этими компонентами. В предыдущих попытках выполнять что-либо подобное, например, в гоночных автомобилях и высокоэффективных двигателях, используемых в Формуле 1, иногда каждый провод искровых свечей зажигания соединяли с отдельной катушкой зажигания с использованием блоков управления с цифровым выводом, чтобы выходные параметры не создавали перегрузки искровых свечей зажигания. При этом использовались цепи обратной связи и датчики, связанные с системами контроля. В системе в соответствии с изобретением каждая свеча плазменного зажигания связана с собственным трансформатором и модулем переключения, встроенным непосредственно в сам провод.

[45] Кроме того, в системе в соответствии с изобретением используются новые оболочка жгута проводов, встроенный трансформатор и встроенная система переключения. Экструдированные волокна из расплавленной лавы (базальта) с диаметром сечения 0,5 микрона собирают в тесно сплетенные намотки и используют в различных высокотехнологичных областях. Преимущество базальтовых волокнистых материалов заключается в том, что они имеют температуру размягчения тысяча двести градусов Цельсия, являющуюся температурой плавления вулканической породы. Такие материалы в три раза прочнее легированных бором графитовых волокон такого же диаметра и могут соединяться вместе для создания изоляционных материалов, которые являются гибкими, имеют чрезвычайно высокое сопротивление электрическому насыщению и не деградируют при высокой температуре. Такие материалы являются абсолютно непроводящими и имеют нулевое статическое электричество под воздействием магнитных полей. Оболочка из таких базальтовых волокон делает компоненты жгутов проводов, в том числе плотный провод с сердечником, встроенные трансформаторы и модули переключения, практически не

поддающимися разрушению и чрезвычайно долговечными при постоянном использовании

[46] На фиг. 5 приведено схематическое изображение системы двигателя оригинального производства с использованием свечи плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением. Система оригинального производства 30 включает аккумулятор транспортного средства 32, электрически соединенный с предохранителем 34, который в свою очередь электрически соединен с выключателем зажигания 36. Выключатель зажигания 36 соединен с генератором переменного тока 38, который подает питание на модуль распределителя зажигания 40. До этого момента система оригинального производства 30 очень походит на конструкции известного уровня техники. Выход модуля распределителя зажигания 40 соединен с блоком управления зажиганием 42, который в свою очередь соединен с регулятором опережения зажигания 44, связанным через провод 46 свечи со свечой плазменного зажигания 10. Блок управления зажиганием 42, регулятор опережения зажигания 44 и провод 46 свечи описаны в настоящем документе. Все компоненты системы оригинального производства 30 имеют соответствующие надлежащие соединения заземления 48, как показано.

[47] На фиг. 6 приведено схематическое изображение интегрированной усовершенствованной конструкции свечи и провода зажигания 50 для использования в свече плазменного зажигания 10. В этой усовершенствованной системе 50 провод 46 свечи выходит из модуля распределителя зажигания 40. Переключающий элемент 52 интегрированной печатной платы и трансформатор 52 выполнены как одно целое с проводом 46 свечи. Переключающий элемент 52 интегрированной печатной платы является высокоскоростным переключателем с цифровым управлением, соединенным с трансформатором 54. Трансформатор 54 состоит из электромагнитного тора 56 из нанокристаллического материала и первичной и вторичной обмоток 58 из проводников для двух видов тока, например, из многожильных высокочастотных обмоточных проводов. Переключающий элемент 52 и трансформатор 54 объединены для подачи импульса, который изначально является высоким током, а затем переключается

на высокое напряжение. Выход трансформатора 54 соединяется с контактом 60 свечи зажигания, выполненным с возможностью непосредственного соединения со свечой плазменного зажигания 10. Каждый из этих компонентов имеет надлежащие соединения заземления 48, как показано. Предпочтительно, переключающий элемент 52 интегрированной печатной платы подлежит управлению программируемым микропроцессором. Программируемый микропроцессор может быть интегрирован с переключающим элементом 52 интегрированной печатной платы или с отдельным компонентом, соединенным с переключающим элементом 52 интегрированной печатной платы и имеющим возможность управлять им.

[48] Обычно обсуждаемое выше переключение импульсов конвертирует выход из модуля распределителя зажигания 40 сначала в импульс высокого тока, т.е. 13,5 вольт постоянного тока 30 А, а затем в импульс высокого напряжения, т.е. 50000-75000 вольт постоянного тока 0,0036 А, при общей длительности импульса 200 наносекунд. Целью переключаемого импульса является полное использование преимущества свечи плазменного зажигания 10. Когда свеча плазменного зажигания 10 получает импульс с очень быстрым высоким всплеском (50 наносекунд) высокого тока (прямоугольная волна длительностью 200 наносекунд), топливовоздушная смесь подвергается молекулярной диссоциации в отдельные радикалы и ионы в плазменном поле. Плазменное поле не прерывается, даже если источник заряда отключен. Скорость полного отключения источника заряда критична для эффективности функции диссоциации, поэтому переключатель должен конвертировать плазменное поле в поле зажигания очень быстро (50-100 наносекунд). Когда образующиеся радикалы и отдельные ионы все еще находятся в диссоциированном плазменном состоянии, подача высоковольтного источника зажигания вызывает реакцию окисления с чрезвычайно высокой эффективностью. Это действует без фронта пламени, так как в таких условиях все поле действует как единая точка зажигания в плазме.

[49] Временное удержание всех составляющих в плазменном поле создает уникальное обстоятельство. Вместо простого смешивания тонко разделенных

капель топлива с неповрежденными молекулами воздуха, которые по определению при сжатии разделены расстояниями в диапазоне двузначного числа микрон, составные ионы и радикалы удерживаются на атомарном расстоянии. Это приводит их в пространственное взаимное расположение на 5-6 порядков ближе, чем в топливовоздушных смесях известного уровня техники, в то же время повышая площадь поверхностного контакта на аналогичную экспоненциальную величину. Это один фактор, способствующий условиям полного сгорания всех ионов и радикалов всех составляющих. Таковы результаты для всех составляющих, реагирующих мгновенно после подачи высокого напряжения, когда плазменное поле продолжает действовать. Когда составляющие взаимодействуют для окисления топлива, количество высвобождаемой энергии больше, чем в искровой свече зажигания и системе зажигания известного уровня техники, так как условия зажигания изменены фундаментально. Эти усовершенствования экспериментально продемонстрировали снижение количества топлива на нагрузку привода на 68%-73%, снижение рабочей температуры двигателя на 26,7°C (80°F), фундаментальное изменение состава выхлопа и высокую долговечность свечи плазменного зажигания 10.

[50] Альтернативная усовершенствованная система 62 показана на фиг. 7. Альтернативная усовершенствованная система 62 имеет конструкцию, подобную выше показанным системам, и включает батарею 32, предохранитель 34, выключатель зажигания 36, генератор переменного тока 38 и модуль распределителя зажигания 40. Эта система включает также блок зажигания 64, электрически соединенный с генератором переменного тока 38. Блок зажигания 64 действует как мощный транзистор. В альтернативной усовершенствованной системе 62 провод 46 свечи выходит непосредственно из модуля распределителя зажигания 40 и включает встроенный трансформатор зажигания 66 и встроенный цифровой переключатель 68, соединенный со свечой плазменного зажигания 10 в соответствии с изобретением. Соответствующие компоненты имеют соединения заземления 48, как показано. Модифицированная система заменяет оригинальные провода искровых свечей зажигания новым проводом 46 свечи,

включающим встроенные трансформатор 66 и цифровой переключатель 68, в комплексе со свечой плазменного зажигания 10.

[51] В особенно предпочтительном примере осуществления изобретения свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением при использовании в четырехтактном двигателе обеспечивает следующую динамику. Топливо распыляется до капель диаметром 0,4 мкм, смешанных с воздухом в топливной форсунке/жиклере карбюратора диаметром 0,056 см. Воздух и топливо впрыскиваются при соотношении компонентов топливовоздушной смеси 14:7-1. Распространение плазмы происходит в момент зажигания за двадцать два градуса до верхней мертвой точки при времени переключения пятьдесят наносекунд, продолжительности двести наносекунд, продолжительности отключения пятьдесят наносекунд при 13,5 вольт постоянного тока, при сорок одной тысяче шестистах шестидесяти амперах. При этих значениях плазменное поле диссоциирует длинноцепные молекулы углеводорода на отдельные ионы, равномерно распределенные на атомарном расстоянии под действием давления. Последующее дуговое зажигание длится пятьдесят наносекунд после гашения плазменного поля с импульсом зажигания впрыска при семидесяти пяти тысячах вольт постоянного тока и 7,5 А в течение двухсот наносекунд с продолжительностью последующего отключения пятьдесят наносекунд. Рабочий ход обеспечивается рекомбинацией и окислением ионов углеродистого топлива и кислорода выше, чем при традиционном сжигании, до шестидесяти процентов. Выбросы выхлопного хода по углероду были на сорок два процента меньше (2,5 частей на миллион), значения  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_2$  были в пределах установленных уровней, практически исключены были моноокись углерода и двуокись углерода. Свеча плазменного зажигания обеспечивает более полное сжигание с наносекундными интервалами между двумя вспышками для снижения температур головки цилиндров примерно на  $26,7^\circ\text{C} - 48,9^\circ\text{C}$  ( $80^\circ\text{F} - 120^\circ\text{F}$ ) и температур выбросов примерно на  $15,6^\circ\text{C} - 26,7^\circ\text{C}$  ( $60^\circ\text{F} - 80^\circ\text{F}$ ). Когда угол опережения зажигания настроен на диапазон тридцать пять - тридцать восемь градусов до верхней мертвой точки, мощность повышается примерно на пятнадцать - двадцать два процента в зависимости от типа двигателя и топливной смеси.

Когда состав топливовоздушной смеси отрегулирован на 40:1, полезная мощность двигателя повышается в целом на величину до 62,1 процента при снижении расхода топлива.

[52] Свеча плазменного зажигания в соответствии с изобретением обеспечивает аналогичные преимущества в двухтактном двигателе. Выброс отработавших газов в двухтактном двигателе обычно содержит бензол, 1,3-бутадиен, бензапирен, формальдегид, акриловый альдегид и другие альдегиды. Канцерогенные агенты повышают раздражение и риск для здоровья, связанные с такими выбросами. Двухтактные двигатели не имеют специально предназначенной системы, чтобы смазочный материал смешивался с топливом, в результате снижается рабочий цикл и прогнозируемый срок службы. При использовании свечи плазменного зажигания в соответствии с изобретением двухтактный двигатель испытывает усиление зажигания, когда выход обычного магнето (пятнадцать тысяч вольт постоянного тока при десяти А) усиливается примерно в четыре раза до шестидесяти тысяч вольт при четырнадцати А за счет анода из легированного торием вольфрама. Площадь поверхности искрового разряда повышается от одного искрового элемента (11,677 кв. мм) до гало эмиттера (48,064 кв. мм) - увеличение в 4,116 раза. Общая плотность искрового разряда повышается в 23,251 раза. Состав выброса отработавших газов в двухтактном двигателе понижается в твердых частицах выхлопных газов примерно на восемьдесят семь процентов, при этом исключается моноокись углерода,  $\text{NO}_x$  преобразуется в  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_x$  преобразуется в  $\text{SO}_2$ , исключается бензол, снижается содержание 1,3-бутадиена на восемьдесят четыре процента, исключаются формальдегиды и альдегиды. Мощность повышается на 12,4 процента, а температура двигателя понижается с 126,7°C (260°F) примерно до 86,1°C (187°F) при шести тысячах оборотов в минуту.

[53] Серия испытаний свечи плазменного зажигания в соответствии с изобретением предназначалась для:

- (a) генерирования контролируемого вакуума с преднамеренно созданными характеристиками,
- (b) визуального наблюдения и измерения экспериментальным путем результатов

испытаний,

(с) проведения испытаний на основе пошагово контролируемого количества испаряемой воды,

(d) регистрации в цифровой форме результатов испытаний в каждом сегменте.

Был изготовлен испытательный стенд с конструкцией свечи плазменного зажигания 10. При испытании опытного образца свечи плазменного зажигания выходной трансформатор, обеспечивающий 75000 вольт переменного тока 3 А, создавал ясно видимое плазменное поле. Холодный пар ионизированной воды, генерируемый обычным распылителем, подавался в плазменное поле на открытом воздухе. Пары воды диссоциировались, ионизировались и детонировали на открытом воздухе.

[54] В качестве дальнейшего совершенствования свечей зажигания и систем свечей зажигания автор раскрывает нижеследующие дополнительные улучшения.

[55] На фиг. 8 показан провод 70 свечи зажигания в соответствии с изобретением, включающий удлиненный проводник 71 с программируемым конденсаторным модулем 72, встроенным между катушкой зажигания 74 и соединительным наконечником 76, выполненным с возможностью соединения с контактом 78а свечи зажигания 78. При использовании удлиненный проводник 71 соединяется с одним концом катушки зажигания 74 непосредственно или через другие компоненты двигателя, такие как распределитель зажигания (не показан). Удлиненный проводник 71 соединяется вторым концом с соединительным наконечником 76, который соединяется с контактом 78а свечи зажигания 78. Свеча зажигания 78 может быть стандартной искровой свечой зажигания или свечой плазменного зажигания 10, как описано в настоящем описании.

[56] Программируемый конденсаторный модуль 72 включает корпус 80, обычно бочкообразной формы или подобной трехмерной цилиндрической формы. Предпочтительно, корпус 80 выполнен с закругленными или криволинейными концами 80а, через которые проходит провод 70 свечи зажигания. Несмотря на указанные выше формы корпус 80 может быть выполнен любой формы, подходящей для отсека двигателя и включающий следующие компоненты.

[57] Корпус 80 программируемого конденсаторного модуля 72 вмещает плату печатной схемы 82, электрически включенную в провод 70 свечи зажигания, проходящий через корпус 80. Плата печатной схемы 82 включает по меньшей мере конденсатор 84, микросхему памяти 86 и входной порт 88. В целом, программируемый конденсаторный модуль 72 может быть запрограммирован с использованием ЭВМ (не показана), путем сопряжения через входной порт 88, который является, предпочтительно, портом микро-USB или аналогичным общим интерфейсом, чтобы обеспечить доступ к микросхеме памяти 86 в целях программирования.

[58] Программируемый конденсаторный модуль 72 программируется, предпочтительно, для конвертирования любого напряжения, подаваемого катушкой зажигания 74, в достаточно высокое напряжение, чтобы генерировать плазменное поле зажигания, как было изложено выше. Обычно напряжения зажигания для двигателей внутреннего сгорания находятся в диапазоне от 15000 вольт до 20000 вольт, но двигатели других конструкций могут использовать напряжения за пределами этого диапазона. Такие напряжения обычно достаточны для генерирования искрового разряда через искровой зазор в искровых свечах зажигания известного уровня техники, где искровой зазор действует как изолятор. Когда топливовоздушная смесь в камере сгорания поступает в искровой зазор, напряжение зажигания становится достаточным для искрового разряда через искровой зазор.

[59] Программируемый конденсаторный модуль 72 выполнен с возможностью повысить или конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение более 500000 вольт. Обычно такие плазменные напряжения находятся в диапазоне от 500000 вольт до 600000 вольт. Как изложено выше, такие плазменные напряжения достаточны для создания плазменного энергетического поля, которое более полно сжигает углеводороды в камере сгорания, в том числе оставшиеся углеводородные осадки, выросшие на стенках камеры сгорания и поршневого цилиндра.

[60] Кроме того, программируемый конденсаторный модуль 72 может конвертировать переменный ток в постоянный ток. Преимуществом

конвертирования в постоянный ток является возможность получать ток в положительном направлении или в отрицательном направлении. При получении постоянного тока в положительном направлении плазменное поле, генерируемое свечой плазменного зажигания 10, имеет вращение по часовой стрелке. Наоборот, при получении постоянного тока в отрицательном направлении плазменное поле, генерируемое свечой плазменного зажигания 10, имеет вращение против часовой стрелки.

[61] В поршневом цилиндре плазменное поле с вращением по часовой стрелке или против часовой стрелки создает завихрение. Изобретатели считают, что плазменное завихрение в цилиндре создает дополнительную возможность существенной очистки от несгоревших углеводородов, которые со временем были накоплены в цилиндре. Результатом такой очистки будет сжигание таких несгоревших углеводородов и более полное сжигание любого нового топлива, подаваемого в цилиндр. Более полное сжигание будет иметь дополнительный эффект снижения выбросов до уровня, при котором отпадет необходимость в каталитических конвертерах и других компонентах системы выбросов.

[62] Такое плазменное завихрение и повышенная эффективность сгорания позволяют регулировать топливовоздушную смесь, типичную для двигателей внутреннего сгорания. Типичная топливовоздушная смесь для двигателей внутреннего сгорания имеет значение около 14,7 : 1. Плазменное завихрение обеспечивает топливовоздушную смесь 40 : 1 в одноцилиндровом двигателе. В особенно предпочтительном примере осуществления изобретения топливовоздушная смесь составляет около 30 : 1. Такое изменение топливовоздушной смеси может удвоить экономию топлива и сокращение выбросов просто за счет использования программируемого конденсаторного модуля 72.

[63] На фиг. 9 и 10 схематически показан альтернативный пример осуществления изобретения свечи плазменного зажигания 10. В этом примере осуществления изобретения анод 12 включает емкостную цепь 90, предпочтительно содержащую только емкостную цепь 90 между полусферическим полевым эмиттером 16 и контактом 24. Как показано на фиг. 9, вольфрамовый

анодный стержень 12 может быть выполнен как состоящий из двух частей компонент соединения на противоположных концах с эмиттером 16 и входным контактом 24. Как альтернатива, вольфрамовый анодный стержень 12 может быть опущен, чтобы емкостная цепь 90 соединялась непосредственно с эмиттером 16 и входным контактом 24. Такая емкостная цепь 90, предпочтительно, встроена или размещена в керамическом изоляторе 14, как показано на виде вырезанного узла на фиг. 10. Емкостная цепь 90 может быть также включена в стандартную искровую свечу зажигания или свечу зажигания 78.

[64] Емкостная цепь 90, предпочтительно, выполнена как металлооксидный полупроводниковый полевой транзистор (полевой МОП-транзистор) с проводимостью в зависимости от подаваемого напряжения. Полевой МОП-транзистор выполнен на кремниевой пластине или аналогичной структуре, такой как плата печатной схемы, и состоит из изолированного затвора 94, соединяющего пару металл-оксидных терминалов 96a, 96b соответствующей парой p-n переходов 98a, 98b. Напряжение изолированного затвора 94 определяет проводимость цепи 90. Электрод истока 100 соединяется с p-n переходом 98a, а электрод стока 102 соединяется с другим p-n переходом 98b. В альтернативном примере осуществления изобретения емкостная цепь 90 может состоять из одного или нескольких конденсаторов, установленных на электрически соединенной кремниевой пластине 92, встроенной в керамический изолятор 14.

[65] В дополнение к полемому МОП-транзистору или установленным на поверхности конденсаторам, как описано выше, емкостная цепь предпочтительно включает чип с микросхемой памяти, т.е. микрочип памяти 86. Микрочип памяти 86 может получать загрузку флэш-памяти программы, предназначенной для изменения степени проводимости цепи 90 в зависимости от напряжения, подаваемого на затвор 94. Микрочип памяти 86 может быть предварительно запрограммирован до встраивания цепи 90 в изолятор 14.

[66] Кроме того, свеча плазменного зажигания 10 может включать входной порт 88, как указано выше. Входной порт 88 может быть включен в контакт входа зажигания 24. Таким образом, микрочип памяти 86 может быть запрограммирован

по существующему проводу зажигания или по отдельному проводу, например, через микро-USB, USB и т.д., специально предназначенные для подключения компьютерного терминала, например, ноутбука, планшета, смартфона и т.д. (не показаны) к входному порту 88.

[67] На фиг. 11 показан альтернативный пример осуществления изобретения свечи плазменного зажигания 10. В этом примере осуществления изобретения анод 12 включает встроенный конденсатор 104 между полусферическим полевым эмиттером 16 и контактом входа зажигания 24. Как показано на фиг. 11, вольфрамовый анодный стержень 12 может быть выполнен из двух частей как соединитель противоположных концов конденсатора 104 с эмиттером 16 и входным контактом 24. Как альтернатива, вольфрамовый анодный стержень 12 может быть опущен, чтобы конденсатор 104 соединялся непосредственно с эмиттером 16 и входным контактом 24. Такой конденсатор 104, предпочтительно, встроен или размещен в керамическом изоляторе 14, как показано на виде вырезанного узла на фиг. 11. Конденсатор 104 может быть также включен в стандартную искровую свечу зажигания или свечу зажигания 78.

[68] На фиг. 12 схематично показан альтернативный пример выполнения свечи плазменного зажигания 10. В этом примере осуществления изобретения анодный стержень 12 может быть заменен композиционным полупроводниковым материалом 106, размещенным в керамическом изоляторе 14. Предпочтительные формы композиционного полупроводникового материала 106 включают металл-оксиды, как это обычно имеет место в полупроводниковых системах. Композиционный полупроводниковый материал 106, предпочтительно, подключен непосредственно к эмиттеру 16 и входному контакту 24, чтобы оптимизировать емкостный эффект полупроводникового материала 106 без сопротивления со стороны материала вольфрамового стержня 12 или другого анодного проводника. Как альтернатива, вольфрамовый стержень 12 может быть также выполнен расширенного диаметра или расширенной площади поверхности, достаточными для инкапсулирования композиционного полупроводникового материала 106 и/или смешивания с ним, замещая среднюю часть вольфрамового анодного стержня 12.

[69] Композиционный полупроводниковый материал 106, предпочтительно, является металл-оксидом или подобным известным полупроводниковым материалом, и обладает переменной емкостью в зависимости от воздействующего на него напряжения. Композиционный полупроводниковый материал 106 повышает входное напряжение до требуемого высокого выходного напряжения для эмиттера, предпочтительно, переменного тока. Наиболее предпочтительно, чтобы напряжение было высоким, таким как 500000 вольт, при небольшом токе – порядка 1 - 5 миллиампер. Это контрастирует с искровыми свечами зажигания известного уровня техники, которые работают при токе 50-70 миллиампер с более низким напряжением 17000 вольт.

[70] Любой существующий двигатель может работать с описанными здесь свечами плазменного зажигания 10 или проводами 70 свечей зажигания в соответствии с изобретением для достижения радикальных усовершенствований эффективности и работы. Нормальное напряжение, подаваемое на существующую катушку зажигания, например, примерно 15000 - 20000 вольт, может быть повышено до более высоких уровней, используемых в системах в соответствии с изобретением. Повышенные напряжения могут составлять порядка 500000 вольт или более.

[71] Хотя в целях иллюстрации здесь были подробно описаны различные примеры осуществления изобретения, возможны различные модификации без отхода от объема и сущности настоящего изобретения. Соответственно, изобретение не должно ограничиваться ничем, кроме изложенного в прилагаемой формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ,  
опубликованная с международной заявкой

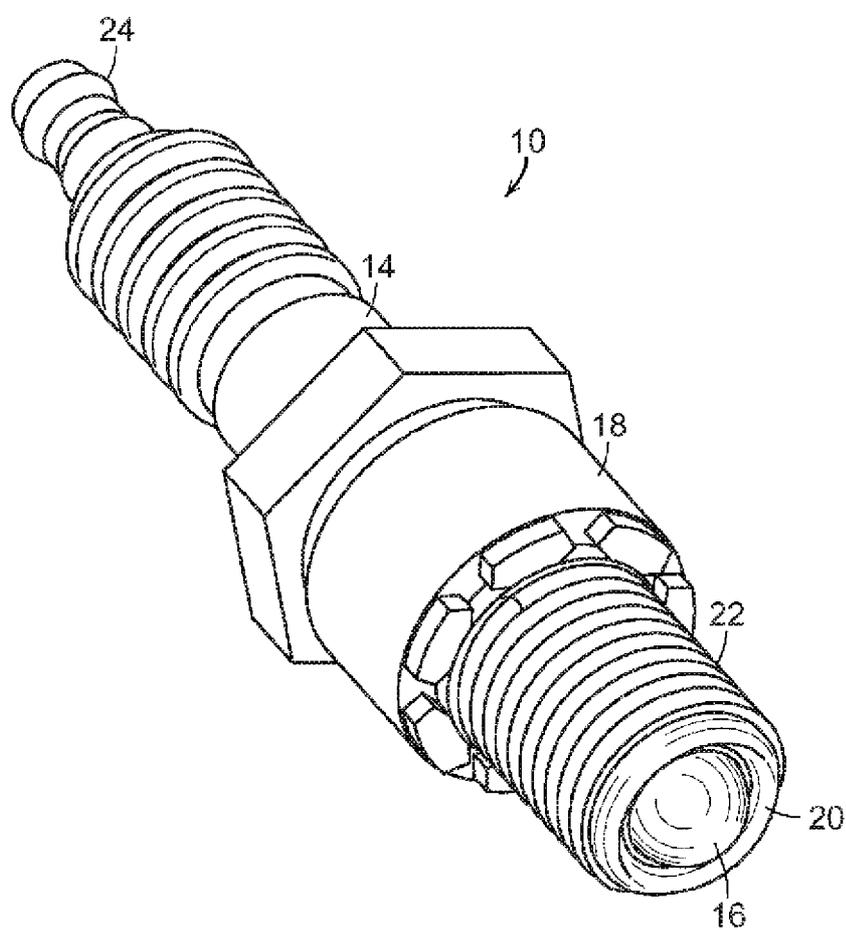
1. Провод свечи зажигания, включающий удлиненный проводник, имеющий первый конец, выполненный с возможностью соединения с катушкой зажигания, и второй конец, выполненный с возможностью соединения со свечой зажигания, при этом удлиненный проводник выполнен с возможностью подачи напряжения зажигания от катушки зажигания на свечу зажигания, на одной линии с удлиненным проводником расположен программируемый конденсаторный модуль, при этом программируемый конденсаторный модуль выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение.
2. Провод свечи зажигания по п. 1, в котором напряжение зажигания находится в диапазоне от 15000 вольт до 20000 вольт.
3. Провод свечи зажигания по п. 1, в котором плазменное напряжение составляет более 500000 вольт.
4. Провод свечи зажигания по п. 1, в котором программируемый конденсаторный модуль включает чип с микросхемой памяти, соединенную с конденсатором, установленным на одной линии с удлиненным проводником.
5. Провод свечи зажигания по п. 4, в котором микрочип памяти выполнена с возможностью хранить в памяти программу управления конденсатором и конвертирования напряжения зажигания в плазменное зажигание.
6. Провод свечи зажигания по п. 1, в котором программируемый конденсаторный модуль выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания переменного тока в напряжение зажигания постоянного тока.

7. Провод свечи зажигания по п. 6, в котором постоянный ток имеет положительное направление и генерирует плазменное поле с вращением по часовой стрелке.
8. Провод свечи зажигания по п. 6, в котором постоянный ток имеет отрицательное направление и генерирует плазменное поле с вращением против часовой стрелки.
9. Свеча плазменного зажигания, включающая анод, установленный концентрично внутри в основном цилиндрического катода, изолятор, установленный между анодом и катодом, модуль конвертирования напряжения, установленный внутри изолятора на одной электрической линии с анодом, при этом модуль конвертирования напряжения выполнен с возможностью конвертировать напряжение зажигания в плазменное напряжение.
10. Свеча плазменного зажигания по п. 9, в которой модуль конвертирования напряжения включает полупроводниковую интегральную схему.
11. Свеча плазменного зажигания по п. 10, в которой полупроводниковая интегральная схема включает металлооксидный полупроводниковый полевой транзистор.
12. Свеча плазменного зажигания по п. 10, в которой полупроводниковая интегральная схема далее включает микросхему памяти, выполненную с возможностью хранить в памяти программу управления полупроводниковой интегральной схемой и способ конвертирования напряжения зажигания в плазменное напряжение полупроводниковой интегральной схемой.
13. Свеча плазменного зажигания по п. 9, в которой напряжение зажигания находится в диапазоне от 15000 вольт до 20000 вольт, а плазменное напряжение составляет более 500000 вольт.

14. Свеча плазменного зажигания по п. 9, в которой модуль конвертирования напряжения включает конденсатор.
15. Свеча плазменного зажигания по п. 9, в которой модуль конвертирования напряжения включает композиционный полупроводниковый материал вместо анода.
16. Свеча плазменного зажигания по п. 15, в которой композиционный полупроводниковый материал включает металлооксидный материал.

Свеча программируемого  
плазменного зажигания

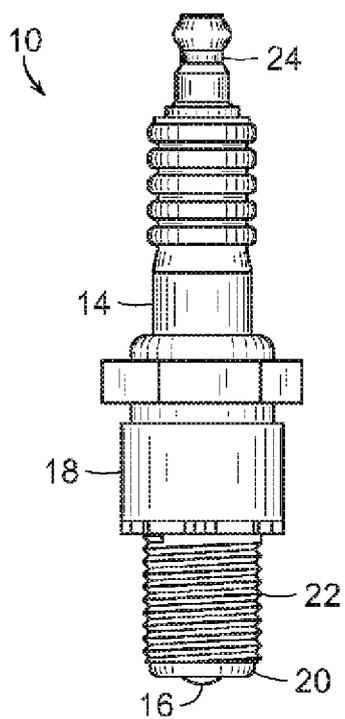
1/9



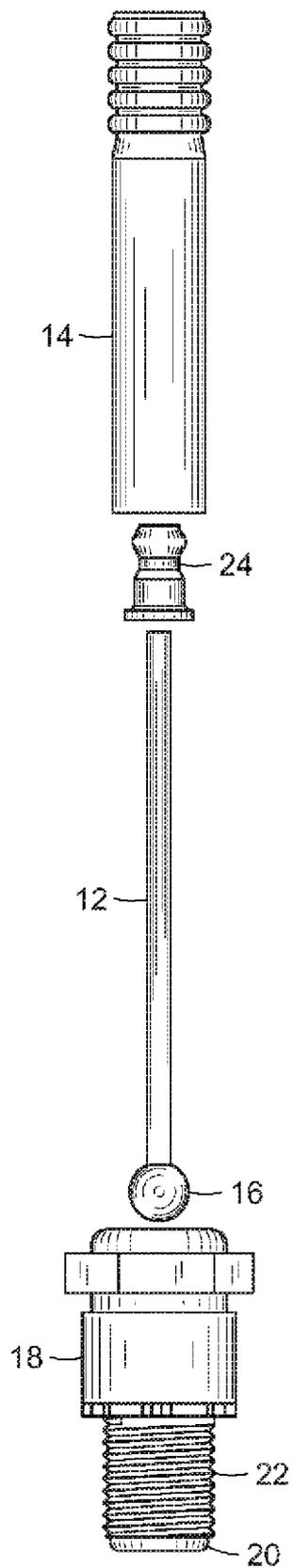
Фиг. 1

# Свеча программируемого плазменного зажигания

2/9



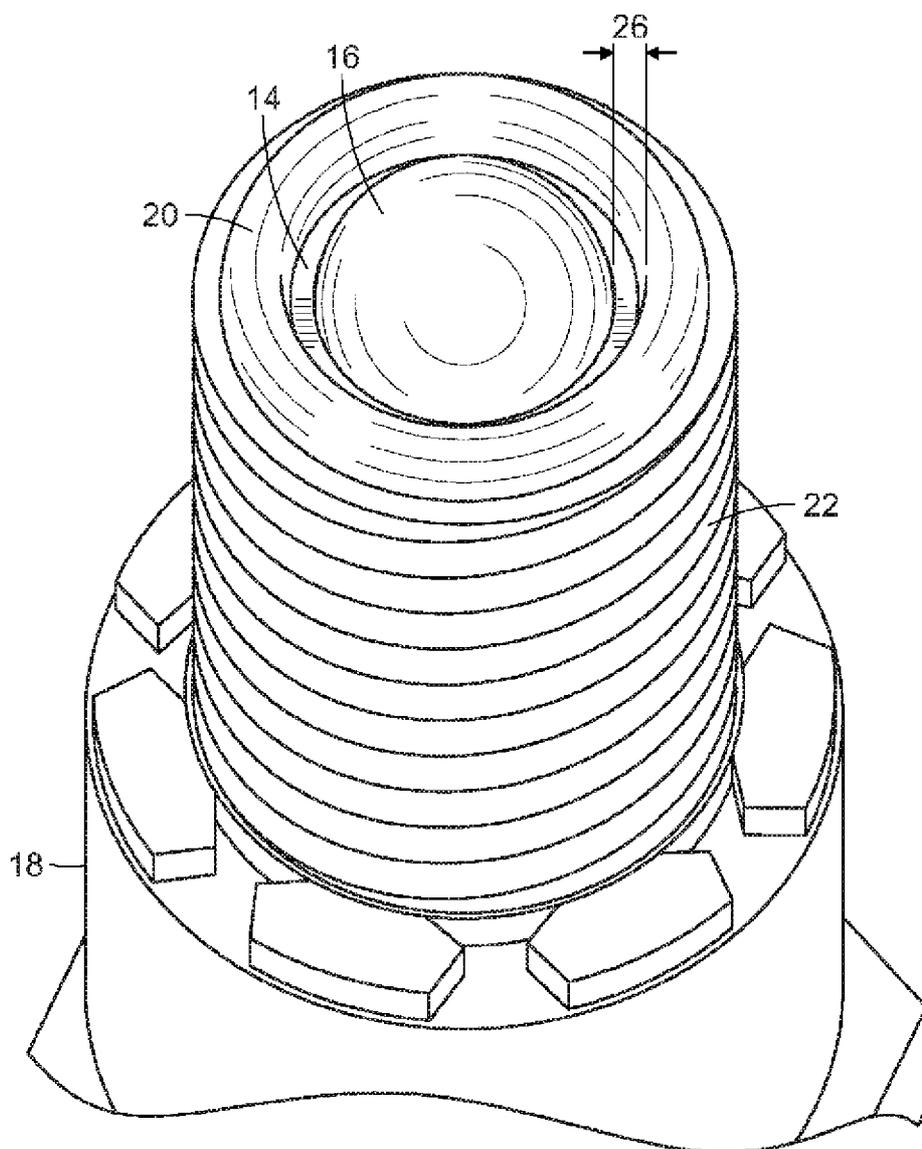
Фиг. 2



Фиг. 3

Свеча программируемого  
плазменного зажигания

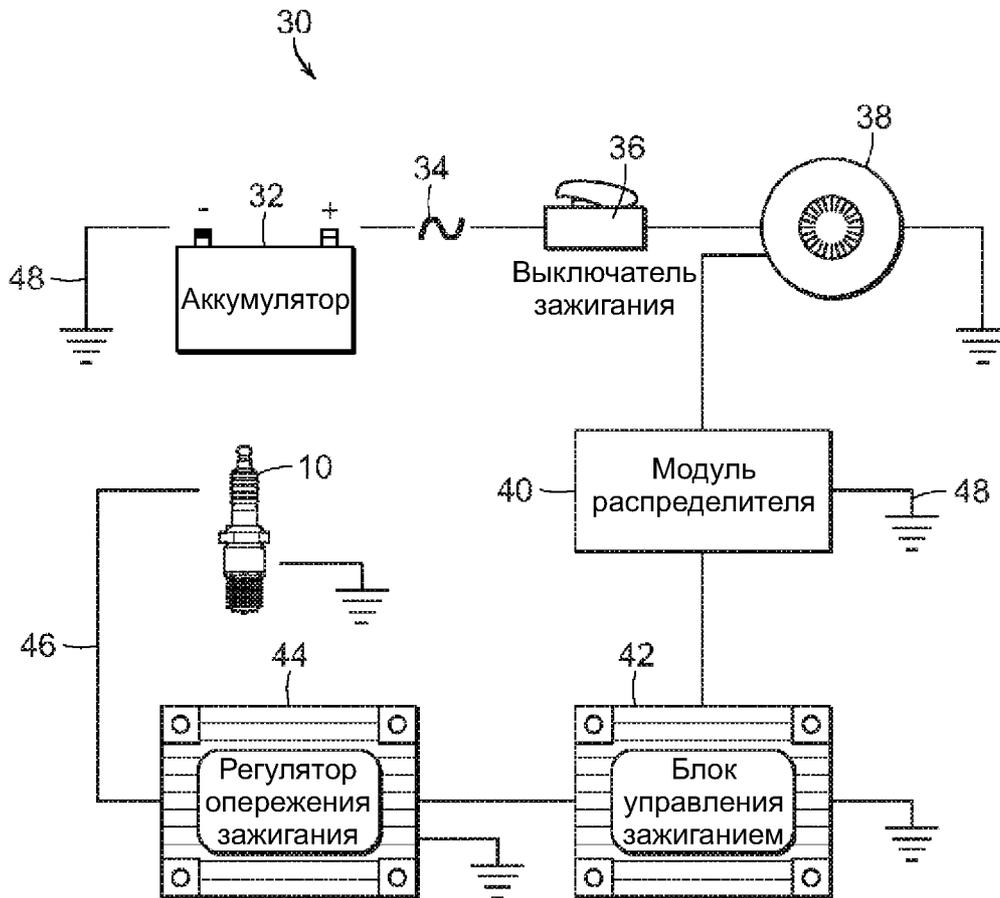
3/9



Фиг. 4

# Свеча программируемого плазменного зажигания

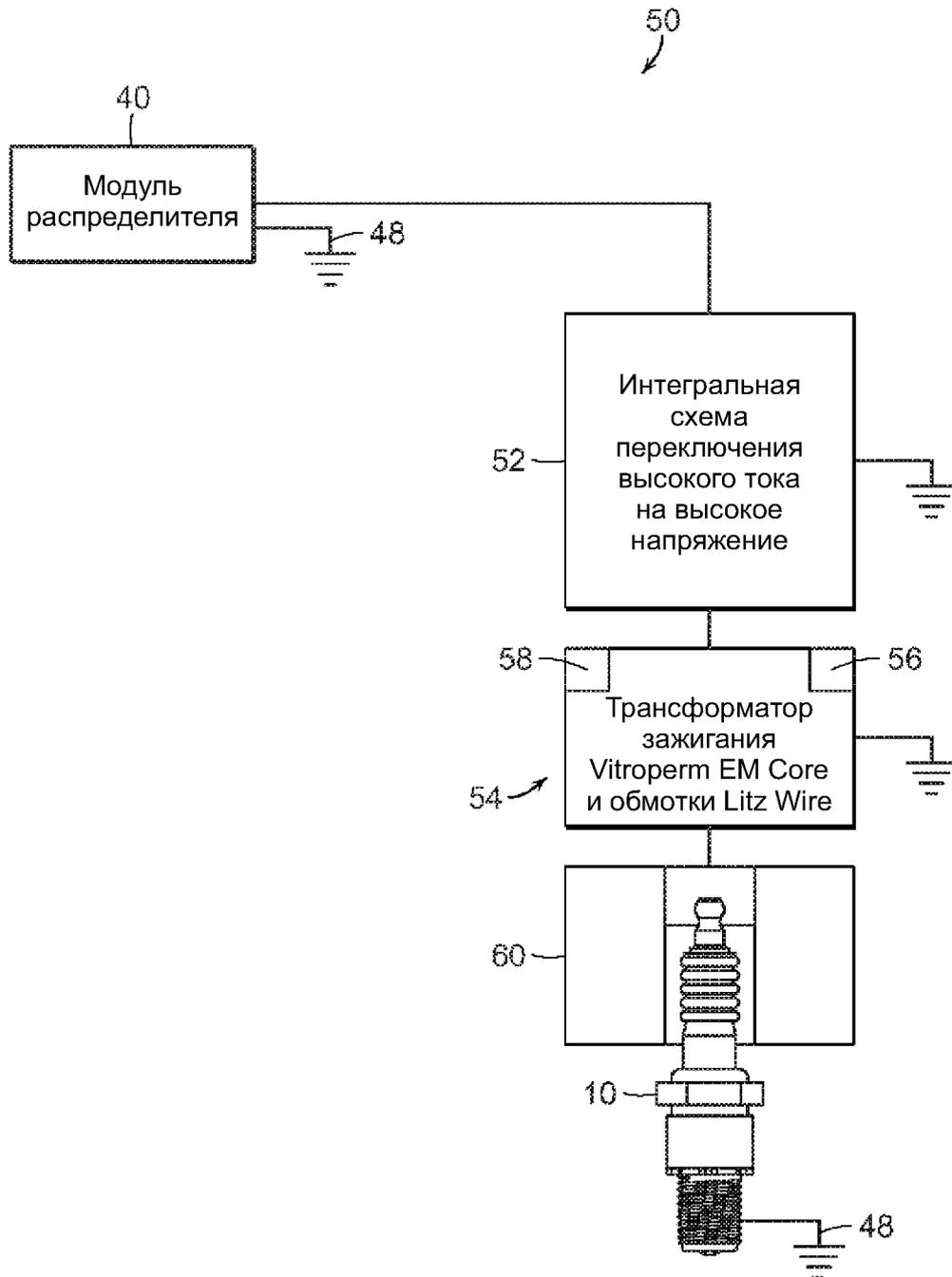
4/9



Фиг. 5

# Свеча программируемого плазменного зажигания

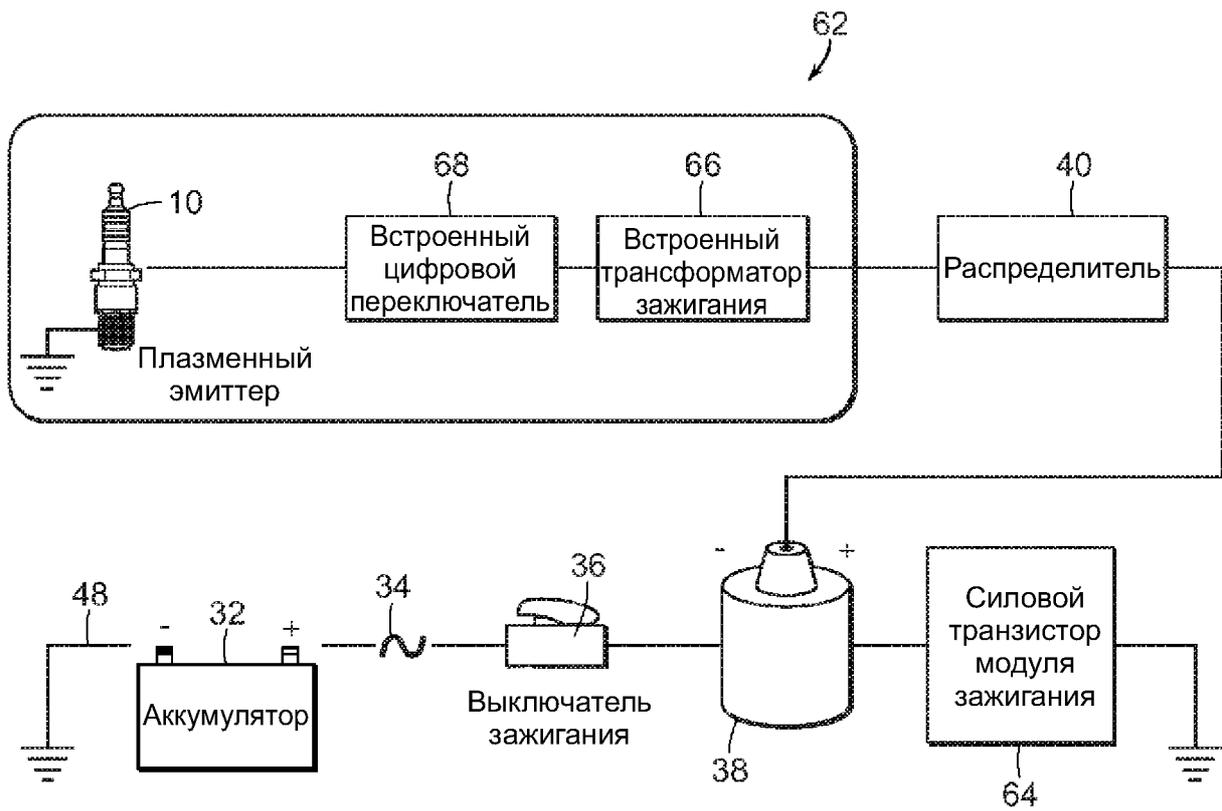
5/9



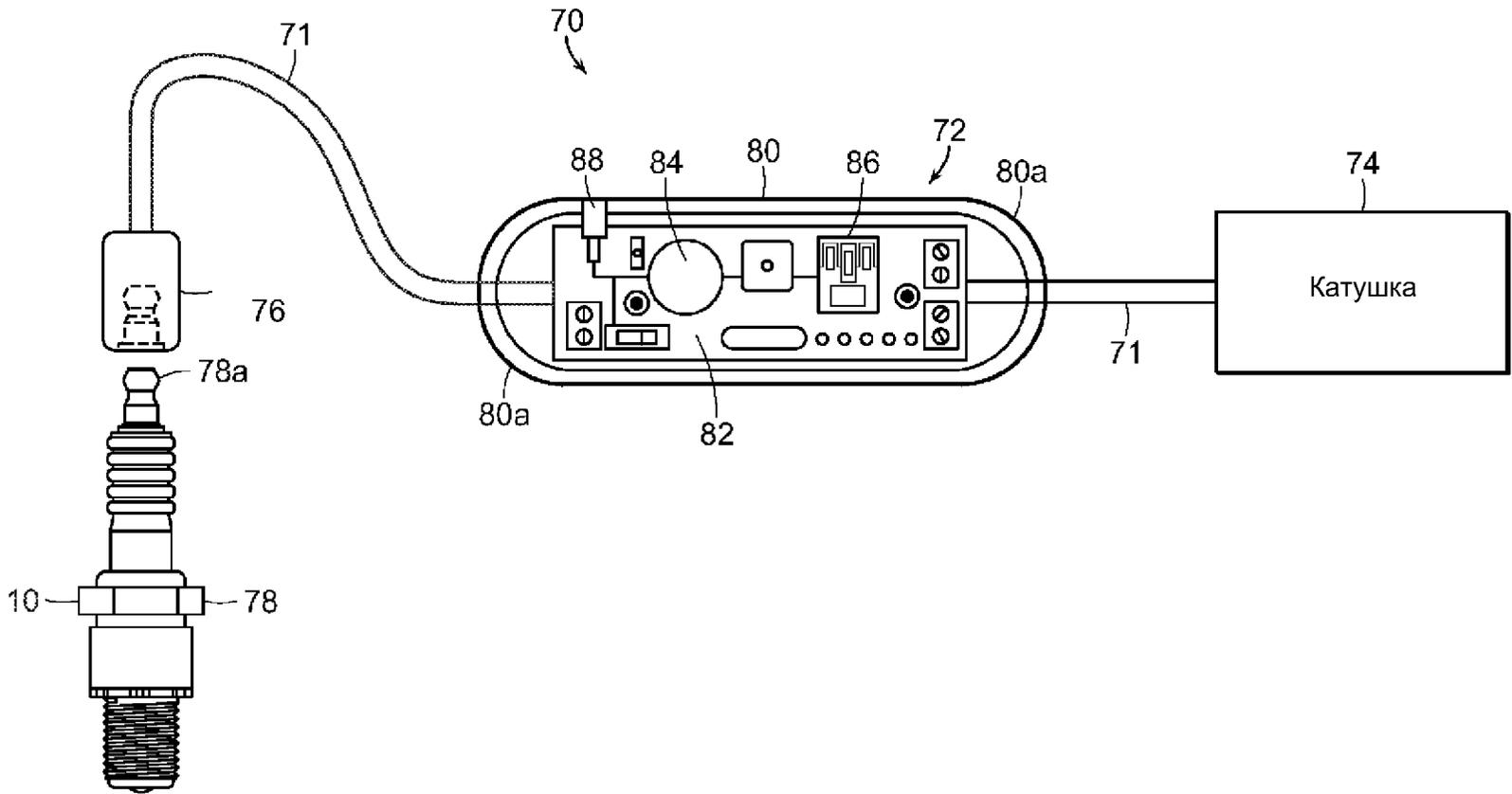
Фиг. 6

# Свеча программируемого плазменного зажигания

6/9



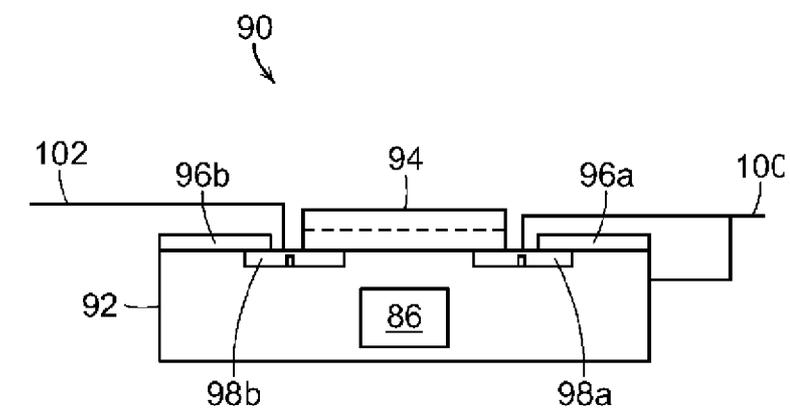
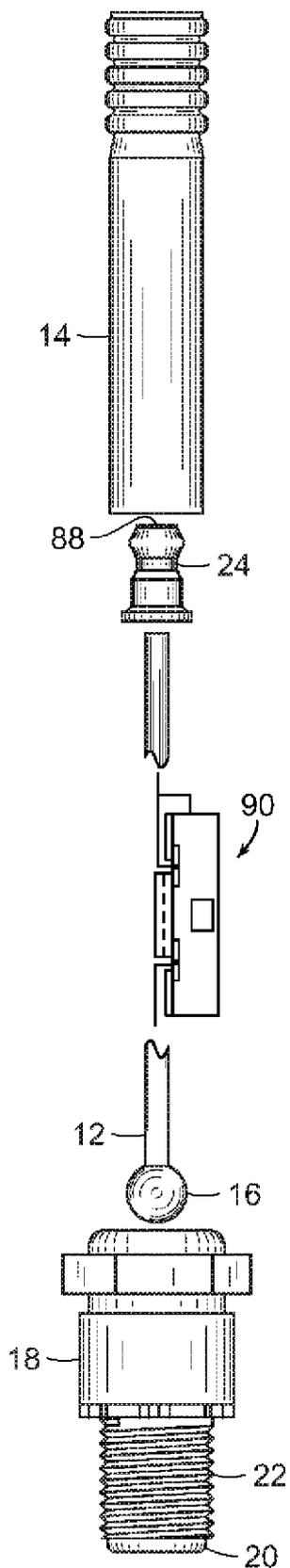
Фиг. 7



Фиг. 8

Свеча программируемого  
плазменного зажигания

8/9

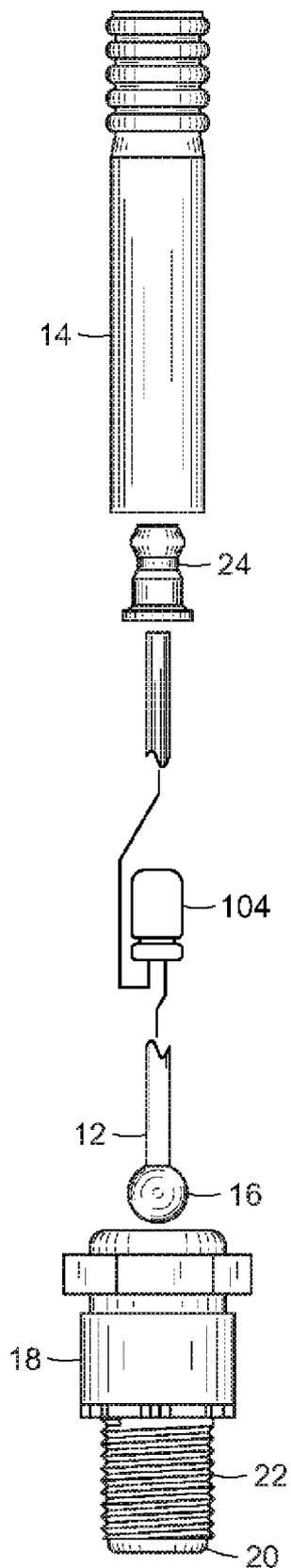


Фиг. 10

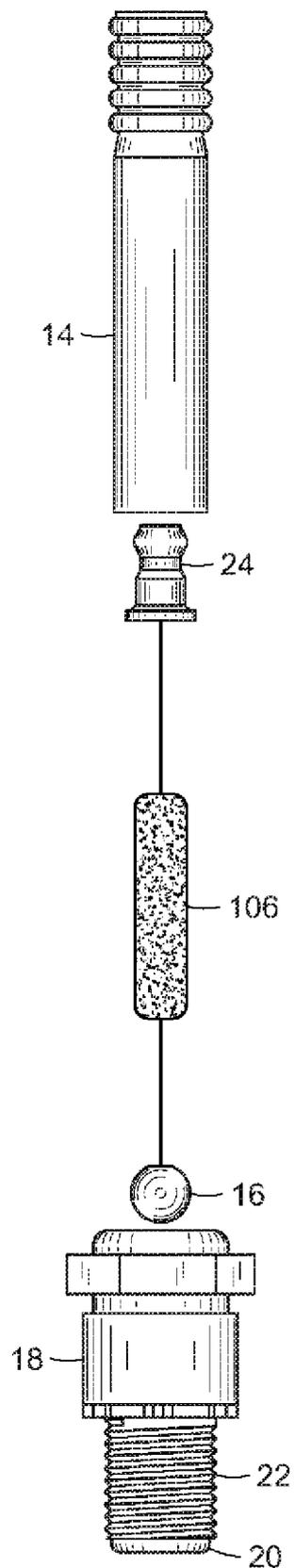
Фиг. 9

# Свеча программируемого плазменного зажигания

9/9



Фиг. 11



Фиг. 12