

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01F 38/12

H01F 38/16

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98804649.0

[43]公开日 2000 年 6 月 7 日

[11]公开号 CN 1256007A

[22]申请日 1998.4.29 [21]申请号 98804649.0

[30]优先权

[32]1997.4.29 [33]US [31]08/841,017

[86]国际申请 PCT/US98/08788 1998.4.29

[87]国际公布 WO98/49697 英 1998.11.5

[85]进入国家阶段日期 1999.10.29

[71]申请人 联合讯号公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 W·R·拉波波尔特

P·A·帕帕内斯托 D·A·格里梅斯

B·范布斯基尔克

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

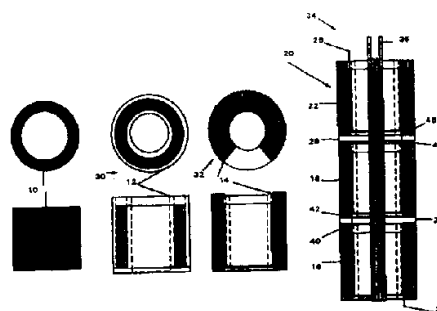
代理人 邹光新 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 用于电火花点火系统的磁芯-线圈组件

[57]摘要

一种磁芯-线圈组件,在具有至少一个燃烧室的电火花点火内燃机系统中产生点火过程。该组件包括非晶金属磁芯,该磁芯具有低电压励磁的初级线圈和高电压输出馈送到火花塞的次级线圈。在次级线圈励磁后的短时间内在次级线圈产生高电压。该组件感知燃烧室内的电火花点火状态以便控制点火过程。该组件由能够用现有机器以适当成本制造的分组件部分构成。然后将组件封装在高温聚合物组成的外壳中。



ISSN 1008-4274

权利要求书

1. 一种磁芯-线圈组件，用于在具有至少一个燃烧室的电火花点火内燃机系统中产生点火过程，其特征在于，包括：

a. 由铁磁性非晶金属合金组成的磁芯，所述磁芯具有低电压励磁的初级线圈和高电压输出的次级线圈；

b. 所述次级线圈包括多个磁芯分组件，通过所述公共初级线圈同时励磁；

c. 励磁时所述线圈分组件用于产生叠加的次级电压并馈送到火花塞；

d. 所述磁芯-线圈组件具有如下的能力 (i) 在次级线圈励磁后的短时间内在次级线圈产生高电压，(ii) 感知燃烧室内的电火花点火状态以便控制点火过程；

e. 使用无水两组分环氧树脂组成的封装化合物，所述磁芯-线圈组件封装在外壳内，所述环氧树脂具有与所述磁芯-线圈组件的强附着性、高温电性能和良好的抗热冲击性；

f. 所述外壳由能够被所述封装化合物粘附固定的热塑聚酯组成，用玻璃纤维填充，其 T_g 接近所述组件的最大工作温度，热膨胀系数与所述环氧树脂匹配，并可注模成型。

2. 根据权利要求 1 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：所述磁芯是通过对所述铁磁性非晶金属合金进行热处理制造的。

3. 根据权利要求 1 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：磁芯包括分段磁芯。

4. 根据权利要求 1 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：在 25-150 微秒内，初级电流小于约 70 安匝时次级线圈的输出电压达到 10kV 以上，初级电流为 75-200 安匝时输出电压达到 20kV 以上。

5. 根据权利要求 2 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：所述铁磁性非晶金属合金是铁基的，还包括含镍和钴的金属元素、含硼和碳的玻璃形成元素、和含硅的半金属元素。

6. 根据权利要求 2 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：磁芯是无气隙的。

7. 根据权利要求 2 所述的磁芯-线圈组件，其特征在于：磁芯是有气隙的。



8. 根据权利要求 6 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯在接近合金的结晶温度的温度下热处理, 并部分结晶。

9. 根据权利要求 7 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 在合金的结晶温度以下的温度热处理磁芯, 刚热处理之后基本保持在非晶状态。

5 10. 根据权利要求 1 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 由多个单独的分组件组成, 每个分组件由具有次级绕组的环形绕制段组成, 所述分组件的配置, 使得所得组件电压是在所述公共初级的励磁后各个分组件的电压总和。

10 11. 根据权利要求 1 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述组件具有的内电压分布是从底部到顶部分段步进的, 段数量由分组件数量决定。

12. 一种磁芯-线圈组件, 用于在具有至少一个燃烧室的电火花点火内燃机系统中产生点火过程, 其特征在于, 包括:

15 a. 由铁磁性非晶金属合金组成的磁芯, 所述磁芯具有低电压励磁的初级线圈和高电压输出的次级线圈;

b. 所述次级线圈包括多个磁芯分组件, 通过所述公共初级线圈同时励磁;

c. 励磁时所述线圈分组件用于产生相加的次级电压并馈送到火花塞;

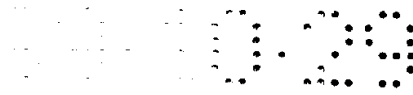
20 d. 所述磁芯-线圈组件具有如下的能力 (i) 在次级线圈励磁后的短时间内在次级线圈产生高电压, (ii) 感知燃烧室内的电火花点火状态以便控制点火过程;

25 e. 使用两组分弹性聚氨酯系统组成的封装化合物, 将所述磁芯-线圈组件封装在外壳内, 所述聚氨酯具有与所述磁芯-线圈组件的强粘合性、高的介电强度、中等肖氏 A 级范围的硬度、和低的介电常数;

f. 所述外壳由能够被所述封装化合物粘附固定的高使用温度柔性塑料组成, 具有高的介电强度、低的介电常数、良好的电性能和耐化学性。

30 13. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述磁芯是通过对所述铁磁性非晶金属合金进行热处理制造的。

14. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯包括分段磁芯。



15. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 在 25-150 微秒内, 初级电流小于约 70 安匝时次级线圈的输出电压达到 10kV 以上, 初级电流为 75-200 安匝时输出电压达到 20kV 以上。

5 16. 根据权利要求 13 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述铁磁性非晶金属合金是铁基的, 还包括含镍和钴的金属元素、含硼和碳的玻璃形成元素、和含硅的半金属元素。

17. 根据权利要求 13 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯是无气隙的。

10 18. 根据权利要求 13 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯是有气隙的。

19. 根据权利要求 17 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯在接近合金的晶化温度的温度进行热处理, 并部分结晶。

15 20. 根据权利要求 18 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 磁芯在合金的晶化温度以下的温度进行热处理, 刚热处理之后基本保持在非晶状态。

21. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 该组件由多个单独分组件组成, 每个分组件由具有次级绕组的环形绕制段组成, 所述分组件的配置, 使得所得组件电压在受所述公共初级线圈励磁时为各个分组件的电压总和。

20 22. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述组件具有的内电压分布是从底部到顶部分段步进的, 段数量由分组件数量决定。

25 23. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述外壳材料是聚苯基醚/聚丙烯混合物、聚甲基戊烯/聚烯烃混合物和聚环烯烃/聚烯烃混合物组成的集合中的一种。

24. 根据权利要求 12 所述的磁芯-线圈组件, 其特征在于: 所述封装材料是硅酮橡胶基封装化合物。

说明书

用于电火花点火系统的磁芯-线圈组件

与相关申请的交叉参考

5 本申请是 1996 年 4 月 29 日提交的美国专利申请 08/639,498 的部分继续申请。

发明背景

1. 发明领域

10 本发明涉及内燃机的电火花点火系统；特别是涉及一种电火花点火系统，该系统以商业生产的方式提高了发动机系统的性能并且降低了电火花点火变压器中的磁性部件的尺寸。

2. 已有技术的介绍

15 在电火花点火内燃机中，通常用反馈变压器来产生在火花塞隙之间形成电弧使燃油和空气混合物点火所需要的高电压。对于最经济燃油和最低排放污染环境的气体来说，电火花点火过程的定时是关键。过迟的点火导致发动机功率的损失和效率的损失。过早的点火导致爆燃，常常称为“爆鸣”或“爆击”，从而可能导致有害的提前点火并且随之损坏发动机。正确的点火定时取决于发动机的速度和负载。发动机的每个汽缸常常需要不同的定时以便获得最佳性能。通过为每个
20 火花塞提供一个电火花点火变压器，可以对每个汽缸获得不同点火定时。

为了提高发动机效率，减轻与不适当电火花点火定时相关的某些问题，一些发动机装备了微处理器控制的系统，包括用于控制发动机速度、进气温度及压力、发动机温度、和排出气体氧含量的传感器，和
25 用于检测“爆鸣”或“爆击”的传感器。爆击传感器基本上是机电传感器，其敏感度不足以检测发动机速度和负载的整个范围的爆击。微处理器确定的适当点火电火花定时并不总能够提供最佳的发动机性能。需要对“爆击”有更好的感知。

在冷发动机的启动过程中和怠速和脱离怠速的过程中，产生不成比例地过量的有害气体的排放。研究表明在发动机这两种工作方式中，
30 每次电点火过程的对火花塞的快速多级点火减少了有害气体的排放。因此，要求有一个能够非常快速地充电和放电的电火花点火变压器。



每个火花塞一线圈（CPP）的点火装置中，电火花点火变压器直接安装于火花塞接线端，这样省略了高电压导线，作为改善内燃机的电火花点火定时的方法得到了肯定。CPP 点火装置的一个例子公开于美国专利 4846129（以下称为 Noble 专利）。电火花点火变压器的实体直径
5 必须与火花塞安装其内的相同发动机管适合。为了实现 Noble 专利预见的发动机诊断的目的，该专利权人公开了使用铁氧体磁芯的间接方法。理想上地说，电火花点火变压器的磁性能在发动机的整个工作中足以感知燃烧室中的点火条件。显然，需要新型的点火变压器对发动机做精确诊断。

10 发动机不点火增加了有害气体的排放。由于绝缘体上沉积的烟灰，燃烧室中火花塞绝缘体缺乏足够热量的多次冷态启动可能导致不点火。导电的烟灰降低了点火所必需的电压升高。提供电压极快速升高的电火花点火变压器能够使由于烟灰污垢引起的不点火减到最少。

为了实现 Noble 公开的点火及发动机诊断系统的成功运行所需的
15 电火花点火性能，以及同时减少由火花塞烟灰污垢引起的发动机不点火的发生，电火花点火变压器的铁心材料必须具有一定的磁导率，在运行中必须不发生磁性饱和，必须具有低的磁性损耗。这些必需特性的结合缩小了适用铁心材料的可选范围。考虑到汽车电火花点火系统的目标成本，可选用的铁心材料包括硅钢、铁氧体、和铁基非晶金属。
20 通常用作变压器铁心的传统硅钢是廉价的，但其磁性损耗过大。具有较低磁性损耗的更薄规格的硅钢成本过高。铁氧体是廉价的，但是其饱和磁感应强度一般小于 0.5T，铁芯的磁感应强度接近零时的居里温度接近 200℃。考虑到电火花点火变压器的工作温度上限约为 180℃，所以这样的温度过低。铁基非晶金属具有低的磁性损耗和超过 1.5T 的
25 高饱和磁感应强度，但是其磁导率相对较高。需要能够具有适合于电火花点火变压器的磁导率水平的铁基非晶金属。采用这种材料，可以构成环形设计的线圈，满足需要的输出技术规格和实体尺寸标准。火花塞的尺寸要求大大限制了可以使用的构型类型。对绝缘线圈组件的一般尺寸要求是直径<25mm，并且长度小于 150mm。这些线圈组件还必须
30 须在高电压接线端和外接地连接上与火花塞连接，提供足够的绝缘防止电弧。也必须具有与一般位于线圈顶部的初级线圈形成大电流连接的能力。

发明概述

本发明提供一种用于每个火花塞一线圈（CPP）电火花点火变压器的磁芯-线圈组件，该组件产生快速的电压升高和准确表示点火事件的电压分布的信号。一般而言，磁芯-线圈组件包括由铁磁性非晶金属合金组成的磁芯。磁芯-线圈组件具有低电压励磁的单个初级线圈和高电压输出的次级线圈。组件具有的次级线圈还包括多个磁芯分组件，通过公共初级线圈同时励磁。励磁时线圈分组件用于产生叠加的次级电压并馈送到火花塞。按照这样的构型，磁芯线圈组件具有如下的能力（i）在次级线圈励磁后的短时间内在次级线圈产生高电压，（ii）感知燃烧室内的电火花点火状态以便控制点火过程。

更具体地讲，磁芯由呈现低的磁芯损耗和磁导率（范围约是 100-700）的非晶铁磁性材料组成。这种磁性能特别适于燃烧周期中火花塞的快速点火。由于烟灰污垢引起的发动机不点火被减到最少。而且，以高效率的方式从线圈到火花塞进行能量传输，结果放电之后残留在磁芯内的能量极小。环形形式的低次级电阻（<100 欧姆）可使能量整体耗散于电火花中而不是在次级导线中。这种高效率能量传输能够使磁芯按准确的方式监视点火过程的电压分布。当磁芯材料卷绕成圆筒，由此初级和次级导线绕组形成环形变压器时，产生的信号提供的点火电压分布图形，比磁损较高的磁芯产生的更为准确。形成多个环形组件可通过由分组件的电感及其磁特性决定的公共初级将能量存储在分组件中。初级电流快速降低时感应出快速升高的次级电压。分组件环形之间的单个次级电压快速升高，在基于系统的总磁通量变化的分组件上增加了分组件。这样就允许通过采用现有的环形线圈绕制技术卷绕的几个分组件单元进行组合的多用性产生具有优越性能的单个组件。由单个较长环形组成的单个组件，不能采用普通环形绕制机容易和经济地制造。

在磁芯-线圈组件的优选实施例中，把单元封装（密封）在外壳内，防止高电压电弧。工作时，为了在宽范围变化的环境条件下延长周期，要求组件释放内部的开路电压。开路电压是系统遇到的最高电压。在多年的工作过程中，其间，温度变化范围是 $-40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。这种电压必须释放掉。还要求单元能相对耐受汽车应用中一般存在的化学物质。

以往已被汽车制造厂家采用的封装和外壳材料有很多种。对于汽车

应用来说，通过向封装和外壳材料添加填料，例如玻璃纤维和/或矿物质，使封装化合物、外壳材料和被密封的物体热匹配（热膨胀系数 CTE 基本相同）。目的在于在极端的工作温度范围内降低系统中各种材料之间的应力和形变。添加玻璃纤维和/或矿物质一般提高了材料的介电常数。一般的封装化合物是两组分无水环氧树脂组成，其呈现与外壳和其内部部件的优异的粘附性、高温电性能和良好的抗热冲击性。为了使各种材料的 CTE 在宽的温度范围匹配，配制环氧树脂使其玻璃转变温度 (T_g) 实际高至最大工作温度。这种环氧树脂的例子是 Thermoset 制造的 EP-697。外壳材料一般是由玻璃纤维填充的硬热塑聚酯组成，具有高的 T_g 和与环氧树脂匹配的 CTE。一种适用的外壳材料是由 Hoescht Celanese 销售的，商标名称为 Vandar。在这种热塑聚酯中添加玻璃和/或矿物质形成更硬更刚性的材料。

“铅笔型”线圈几何形状不同于目前的线圈几何形状，其具有小的直径并且长于一般的方形磁芯-线圈。如果在整个温度范围内 CTE 匹配不能接近完美，则这种大的长宽比会导致在线圈内部产生大量的内应力。采用不同的材料在接近 200℃ 的工作范围内难以实现这种匹配。一般的设计中，活动元件的外段（环形杯）的位置非常靠近外壳的内壁。封装化合物有效地把各部分固化在一起，把部件的外区域钉在壁上，这是利用了杯的大表面区域和外壳的内壁。在环形卷绕的单元中，有一长段的封装化合物，经过磁芯-线圈组件的中央填充磁芯-线圈组件的底部和顶部之间的空隙。该柱体的直径与环形和绕线的设备有关。由于柱体的长度较长而且磁芯-线圈组件底部密封，在此封装化合物柱体和环形杯之间可能存在大的剪切力。一般两组分环氧封装化合物是非常硬和非柔性的，与塑料的粘附性极好。在这种情况下，大的剪切力可使外壳材料外表皮从材料主体层剥离，形成可使初级和次级桥接的裂缝。发生这种情况是由于表皮富含树脂并且具有含玻璃纤维和/或矿物质的底层。这两种元件均是非常刚性的，而外壳材料组成的环形杯则弯曲强度一般较低，所以它们之间首先产生层剥离。这就导致在从磁芯-线圈获得有效的输出电压之前内部电压电弧使初级和次级短路。产生这种问题的原因一般是因为磁芯线圈的工作温度范围非常大（ $\sim -40^\circ\text{C} \sim +150^\circ\text{C}$ ），并且因热冲击而产生大温度梯度。

对此问题的解决办法是使用更具可塑性的其它可替代封装和外壳材

料。这些类型的材料产生小得多的剪切力，因为这些材料产生弯曲和形变。满足这种要求的封装化合物有两组分弹性聚氨酯系统，例如 EpicS7207。这是设计用于封装电气部件的两组分弹性聚氨酯系统。其特点是介电强度高和中等肖氏 A 级范围的硬度，并且具有低的介电常数。这种材料的 T_g 约为 -25°C ，CTE 是 $209 \times 10^{-6} \text{cm/cm/}^{\circ}\text{C}$ 。这种材料是软的、可塑的和弹性形变的。这种类型的材料一般呈现比两组分环氧树脂低的 T_g ，并且具有更大的 CTE，因为它们在大于 T_g 点处使用。另一种封装材料是 Castall 销售的两组分硅酮橡胶化合物例如 S-1284。一种具有良好热特性并且是可塑的外壳材料是三菱工程塑料 (Mitsubishi Engineering Plastics) 制造的 Lemalloy PX603Y。Lemalloy 是柔性的 PPE/PP (聚苯基醚/聚丙烯) 混合物，具有低的介电常数、良好的电性能、良好的耐化学性，并且是可以注模成型的。该材料仅有极少量的结晶，但是呈现良好和稳定的机械特性。这种材料和与其类似的其它材料，包括聚甲基戊烯/聚烯烃混合物和聚环烯烃/聚烯烃混合物，是高使用温度的聚合物。Lemalloy 材料和封装化合物极好地结合在一起，其条件是在封装之前表面已被适当地制备并经等离子体清洗。由这些材料制成的磁芯-线圈组件，在铅笔型线圈配置下经受得住许多次 $-40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 的热冲击循环，即使各部件之间存在极大的 CTE 不匹配也是如此。

附图的简要说明

以下将参考本发明的优选实施例和附图做详细介绍，由此将可更加全面了解本发明并使优点进一步明了。

图 1 是本发明的线圈组件的组装工序指导图，示出了组装方法和用于产生堆叠配置的连接。

图 2A 是示出堆叠配置的侧视图和顶视图的组件图。

图 2B 是示出密封的堆叠配置的侧视图和顶视图的组件图。

图 3 是图 1 所示组件的次级输出电压与初级线圈的安培-匝数的曲线图。

优选实施例的说明

参见图 1，磁芯-线圈组件 34 包括由铁磁性非晶金属合金组成的磁芯 10。磁芯-线圈组件 34 具有用于低电压励磁的单个初级线圈 36 和用于高电压输出的次级线圈 20。磁芯-线圈组件 34 还具有包括多个磁芯

分组件（环形单元）32 的次级线圈 20，这些分组件借助公共初级线圈 36 同时被励磁。磁芯-线圈分组件被励磁时于面产生次级电压，该电压相加并馈送给火花塞。按此构型，磁芯-线圈组件 34 具有如下的能力（i）在次级线圈励磁后的短时间内在次级线圈 20 产生高电压，（ii）

5 感知燃烧室内的电火花点火状态以便控制点火过程。

磁芯 10 基于具有高磁感应强度的非晶金属，包括铁基合金。注意磁芯 10 有两种基本形式。它们是有气隙和无气隙的，两种均称为磁芯 10。有气隙的磁芯的连续磁路具有间断的磁性截面。这种磁芯 10 的例子是具有称为空气隙的小狭缝的环形磁芯。有气隙的构型适用于需要磁导率大大低于卷绕磁芯本身磁导率的情况。磁路的空气隙部分降低了整体磁导率。无气隙磁芯具有与空气隙磁芯类似的磁导率，但其实体是连续的，其结构类似于一般的环形磁芯。均匀分布在无气隙磁芯 10 内的空气隙的明显存在产生了“分布气隙磁芯”这一术语。有气隙和无气隙这两种设计在此磁芯-线圈组件 34 的设计中均起作用而且是可以互换的，只要有效磁导率处于要求的范围内即可。选取无气隙磁芯 10 用于证明这种组件设计的原理，然而该设计并不限于无气隙磁芯的使用。

无气隙磁芯 10 由基于铁基合金的非晶金属制成，并加工成为在大约 1kHz 的频率下测得的芯磁导率在 100-500 之间。从分布的气隙磁芯 20 泄漏的磁通远小于有气隙磁芯的，对周围发射的不期望的射频干扰小。此外，由于与无气隙磁芯相关的闭合磁路，信噪比大于有气隙磁芯的，使得无气隙磁芯特别适合用做信号变压器，诊断发动机燃烧过程。采用初级绕组 36 小于 60 安匝并且次级绕组 20 约为 110-160 匝的无气隙磁芯 10，可以实现大于 10kV 的次级绕组输出电压用于电火花点火。

25 以<180 安匝可以获得超过 25kV 的开路输出。前面展示的线圈由绕制成为直角圆筒的非晶金属材料薄带组成，内径是 12mm、外径是 17mm、高 15.6mm，堆叠形成有效高度接近 80mm 的圆筒。各个圆筒单一的高度可以从接近 80mm 到 10mm 的高度变化，只要总长度满足系统要求即可。无须正好是本实施例所用的尺寸。根据输入和输出的要求设计空间可以 30 有大的变化。最终构成的直角圆筒形成了细长环形的磁芯。通过使用耐高温可注模塑料实现磁芯和导线之间的绝缘，塑料也加倍为绕组形式以利于环形的卷绕。使用细径导线绕制要求的 110-160 次级匝数。

由于线圈的输出电压可超过 25kV，这表示绕组和绕组的电压在 200 伏的范围，所以导线将不会明显地搭接。最佳性能的线圈将导线均匀分布于约为 300 度的环上。其余 60 度用于初级绕组。这种设计的一个缺点在于环形的弦径比 (aspect ratio) 和通常操作所需的次级匝数的数量。绕制极细导线 (一般是 39 线径以上) 需要绕制线圈的夹具，在绕制过程中不能明显搭接这些导线并且不折断导线。一般的环形绕制机 (通用) 由于其固有的设计不能绕制接近这种弦径比的线圈。需要换用于穿梭的设计，穿梭被推穿过磁芯然后回到外周边，必须定制。通常绕制这些线圈的时间极长。这种细长的环形设计尽管可行，但难以足够低的商业上有吸引力的成本批量生产。

一种替换的设计把原始设计分解成为较小部件程度结构，其中各个部件可以采用现有的线圈绕制机常规地绕制。这一方案是取尺寸易处理的同基的非晶金属磁芯材料的磁芯段并使用这种磁芯材料。实施步骤是：形成可使磁芯 10 插入其内的绝缘杯 12，把分组件 30 处理成为绕成环形 32 的磁芯。需要与原始设计数量相同的次级匝数 14。最终组件 34 可以由足够数量 (1 或更多) 的这些结构 32 的堆叠组成，实现具有一个显著变化所要求的输出特性。其他每一个环形单元 32 必须反向绕制。这样可允许增加输出电压。一般的结构 34 由反时针 (ccw) 卷绕的第一环形单元 16 组成，其输出导线 24 用做最终线圈组件 34 的输出。第二环形单元 18 顺时针 (cw) 卷绕，堆叠在第一环形单元 16 之上由衬垫 28 提供足够绝缘。第二环形单元 18 的下引线 42 与第一环形单元 16 的上引线 40 (剩余引线) 连接。另一个环形单元 22 反时针卷绕，堆叠在前述 2 个环形单元 16、18 之上而衬垫 28 作绝缘之用。第三环形单元的下引线 46 与第二环形单元的上引线 44 连接。环形单元 32 的总数由设计标准和实体尺寸要求来决定。最终上引线 24 形成磁芯-线圈组件 34 的另一个输出。这些环形单元 32 的这些次级绕组 14 单独绕制，从而覆盖环形的 360 度中的大约 300 度。堆叠环形单元 32 以使每个环形单元 32 的 60 度开口垂直对齐。通过此磁芯-线圈组件 34 绕制公共初级线圈 36。这将称为推叠式方案。

围绕原始线圈设计的电压分布类似于自耦变压器，第一匝是零伏特而最后匝是全电压。这在线圈结构整个高度是有效的。初级绕组与次级绕组保持绝缘，位于卷绕环形的 60 度的空闲区域中央。这些线基本

处于低电平，因为初级采用低电压驱动。最高电压应力发生在高电压输出和初级、次级和次级绕组、次级绕组和磁芯的最接近点。最强电场应力点存在于环形内部长度之下，电场在线圈内部的顶、底端增强。堆叠式方案电压分布稍有不同。每个单独磁芯-线圈环形单元 32 具有

5 相同的自耦变压器式的分布，但磁芯-线圈组件 34 的堆叠分布按单独环形单元 32 数分。磁芯-线圈组件 34 堆叠中如果有 3 个环形单元 32，则底部的环形单元 16 将处于加 $1V-2/3V$ 的范围，第二环形单元 18 将处于 $2/3V-1/3V$ 的范围，顶部环分开形单元 22 将处于 $1/3V-0V$ 的范围。这种构型减少了高电压应力的区域。

- 10 原始线圈设计的另一个问题是通过绝缘壳与外部环境对输出的电容性耦合。输出电压波形具有短脉冲分量（一般是脉冲宽度 1-3 微秒，上升时间 500 纳秒）和更长的低电平输出分量（一般是脉冲宽度 100-150 微秒）。某些快脉冲输出分量通过绝缘体的壁电容性地与外部耦合。通过观察外壳的电晕放电可以注意到自耦变压器效应。电容性耦合可
- 15 通过把输出经过外壳分流至地，消耗给火花塞的输出。这种作用仅是在极高电压范围的问题，此时由于电晕放电会降低装置的开路电压。堆叠式配置电压分布是不同的，可以依据接地构型使最高电压段位于磁芯-线圈组件 34 的顶部或底部。这种设计的优点是高电压段可以正好地设于火花塞井下的火花塞深度处。对于一个 3 堆叠单元，磁芯-线圈组件 34 顶部的电压最大将仅是 $1/3V$ 。
- 20

- 制备由铁基非晶金属组成的磁芯，在铸造状态具有超过 1.5T 的饱和磁感应强度。磁芯是圆筒形式，筒高约为 15.6mm，外内直径分别约为 17 和 12mm。在无外加磁场的条件下对这些磁芯进行热处理。图 1 示出了三个堆叠磁芯-线圈组件 34 单元的构成工序指导图。这些磁芯
- 25 插入高温塑性绝缘体杯 12 中。几个这种单元 30 在环形绕制机上顺时针绕制 110-160 匝铜导线形成次级线圈 14，几个反时针绕制。第一环形单元 16（底部）反时针绕制，下引线 24 用做系统输出引线。第二环形单元 18 顺时针绕制，其下引线 42 与下环形单元 16 的上引线 40 连接。第三环形单元 22 反时针绕制，其下引线 46 与第二环形单元 18 的上引线 44 连接。第三环形单元 22 的上引线 26 用做接地引线。环形单元 16、18、22 之间的塑料衬垫 28 起电压中和作用（stand off）。环形单元 32 的未卷绕区域垂直对齐。在空闲区域穿过磁芯-线圈组件 34
- 30

堆叠绕制公共初级线圈 36。此磁芯-线圈组件 34 封闭在高温塑料外壳中，外壳留出引线的孔。然后在用可接受的封装化合物中对此组件进行真空浇注，以获得高电压绝缘完整性。封装材料有许多可选取种类。对封装材料的基本要求是具有足够的介电强度，与结构内部的所有其它材料的附着性良好，并能够经受循环、温度、冲击和振动的严格环境要求。还要求封装化合物具有低的介电常数和低的损耗角正切值。外壳材料应是可注塑成型的，廉价的，具有低的介电常数和损耗角正切值，并能够经受与封装化合物相同的环境条件。

图 2A 示出了密封之前的叠式组件 34 的侧视图和顶视图。图 2B 示出了密封在最终组件 100 中的叠式组件 34 的侧视图和顶视图。叠式组件 34 位于空心管外壳 50 之内，外壳由具有如上所述高使用温度特性的聚合物材料制成。底段 55 具有的连接器的 70 与火花塞接合并且与外壳 50 封接。输出引线 24 与连接器 70 连接形成与火花塞的电通路。输出引线 26 可以引出组件 100，连接到发动机地线或者火花塞的回路或类似点，形成用于经过火花隙次级放电的闭合电通路。根据制造厂商的推荐把封装化合物 60 浇注进外壳 50。这种封装化合物的特性以上已讨论过。初级引线 36 延伸出外壳和封装体之外，它们可以用做磁芯-线圈的初级线圈。环形杯 12、外壳 50 和底段 55 由如上所述的外壳材料构成。为了促进封装化合物 60 与外壳 50、环形杯 12、底段 55 和其它内部件的附着，封装之前对这些部件进行等离子清洗，按等离子清洗机厂家的规定进行。

在初级线圈 36 施加电流，在约 25-100 微秒内快速达到高至 60 安培，但并不限于此。图 3 示出了在给定峰值安匝快速关断初级电流时达到的输出。初级开关系统的电压为 12 伏时充电时间一般 < 120 微秒。输出电压一般具有脉宽约为 1.5 微秒 FWHM 的短输出脉冲和持续约 100 微秒的低电平长尾。于是，磁芯-线圈组件 34 可以在小于 150 微秒的时间间隔中快速产生超过 10kV 的高电压。需要这种特征实现上述快速多级电火花点火动作。此外，次级绕组中的快速升压减少了因烟灰污垢引起的发动机不点火。

除了涉及上述电火花点火过程的优点之外，本发明的磁芯线圈组件 34 还可以用做发动机诊断装置。由于本发明的磁芯 10 的磁损耗低，初级电压分布如实地反映了累积的次级绕组发生的情况。在感应次级高

电压的每个磁通量快速变化过程中，在点火过程期间对初级电压引线进行分析以获得适当的点火特性。所得数据然后反馈给点火系统控制。于是本发明的磁芯-线圈组件 34 省掉了 Noble 专利公开的系统所需的额外磁性元件，那个专利的磁芯由铁氧体材料构成。

5 以下的实施例提供了对本发明更全面的了解。具体技术条件、材料组分和报道的数据用于展示本发明的原理和实施，仅是列举性的，不应理解为对本发明范围的限制。

实施例

10 在加工的不锈钢芯轴上绕制宽约 15.6mm、厚约 20 μ m 的非晶铁基带，在 ID 和 OD 上点焊保持允许允差。12mm 的内径由芯轴确定，外径选为 17mm。完成的圆筒磁芯约重 10 克。在氮气气氛中 430-450 $^{\circ}$ C 范围内对磁芯进行退火，保温时间在 2-16 小时。退火后的磁芯放入绝缘杯中，在环形卷绕机上绕制 140 匝细的线径绝缘铜导线作为次级绕组。绕制反时针和顺时针两种单元。反时针单元用做基底和顶部单元，而
15 顺时针单元是中间单元。在各单元之间增加绝缘衬垫。在环形分组件不存在次级绕组的区域上，绕制 4 匝较细线径的导线形成初级绕组。连接中间和下单元的引线以及中间和上单元的引线。把组件放入高温塑料外壳中进行封装。按这种构型，次级电压测得与作为初级电流和初级匝数的函数关系，见图 3 所示。

20 已十分详细描述了本发明，你将会了解并不需要严格按照这些细节，对于本领域技术人员来说本发明本身可以给出进一步的变化和改进，所有这些均落入所附的如权利要求书所限定的本发明的范围之内。

说明书附图

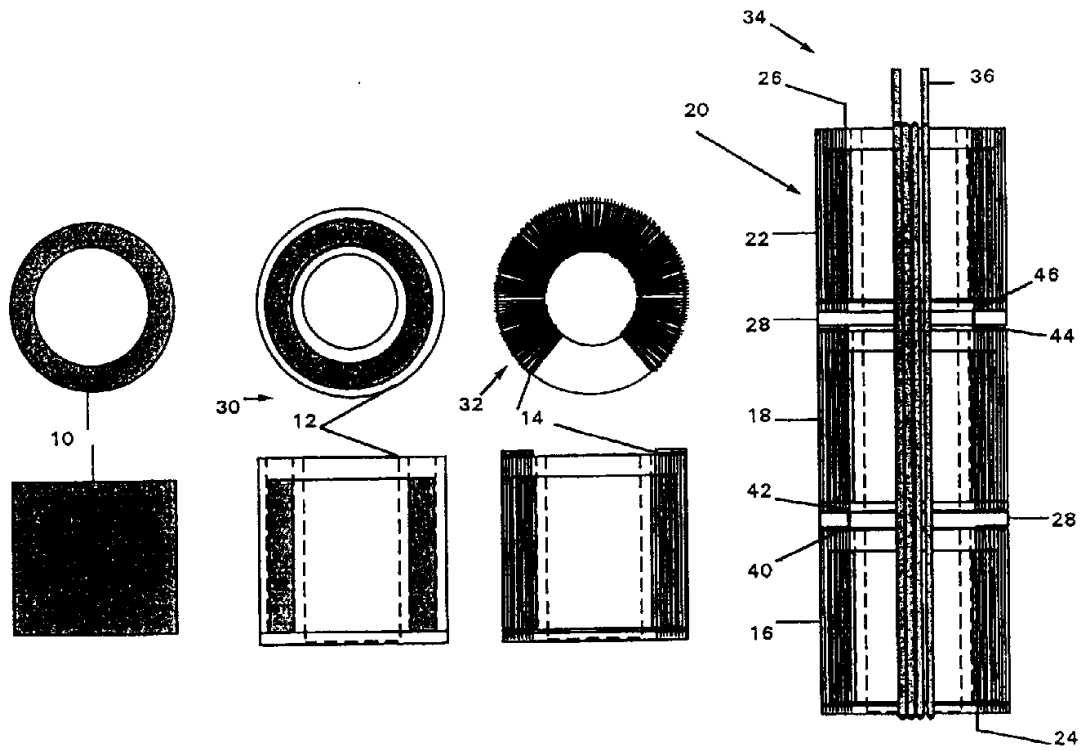


图 1

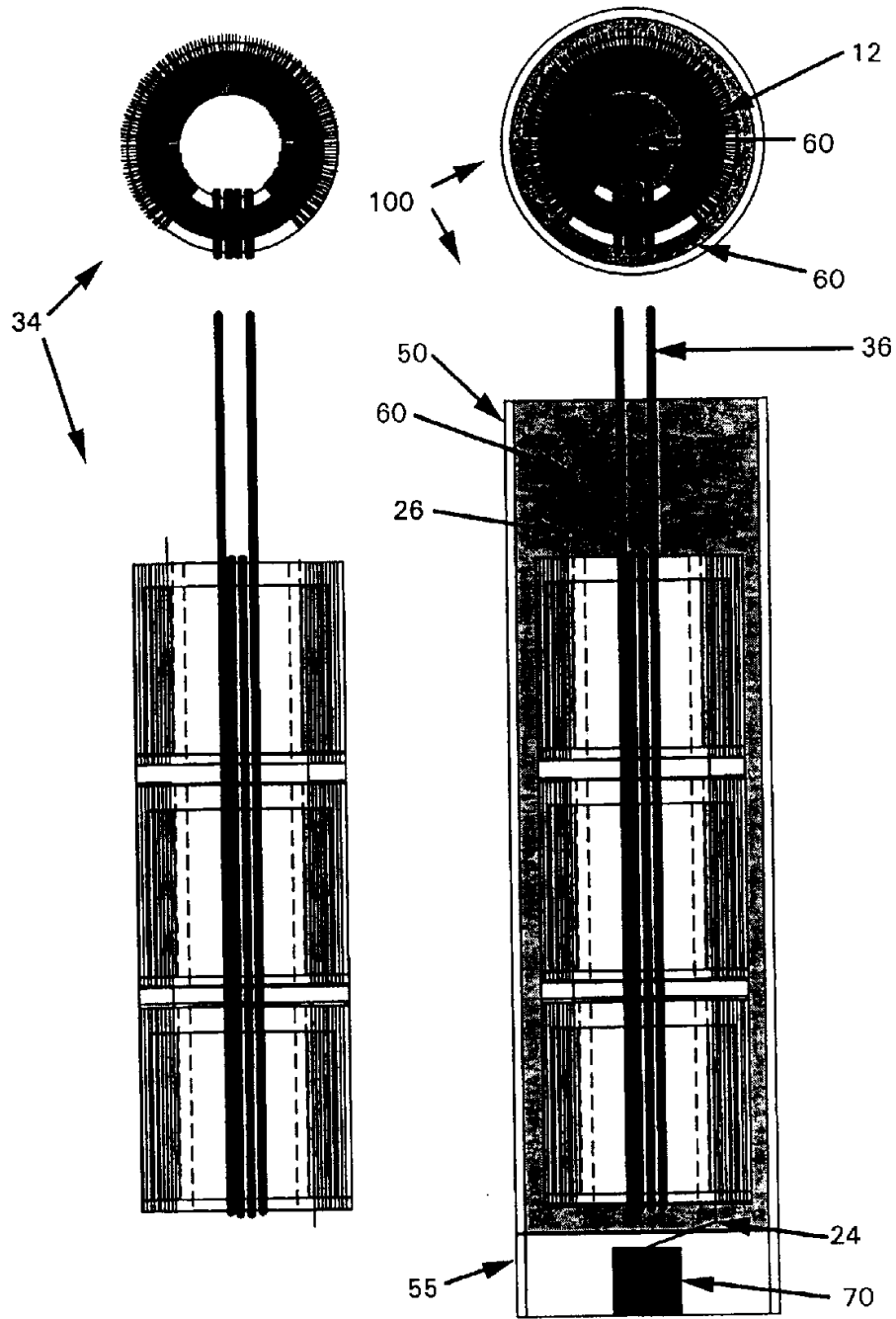


图 2

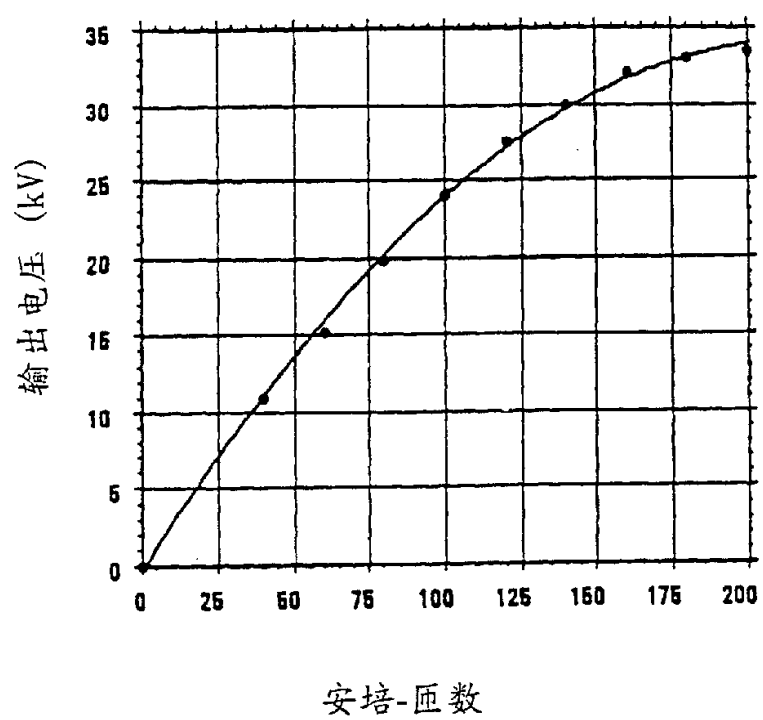


图 3