



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103458600 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201310329674. 1

(22) 申请日 2013. 07. 31

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 李黎 葛亚峰 刘云龙 俞斌
林福昌

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 朱仁玲

(51) Int. Cl.

H05H 1/24 (2006. 01)

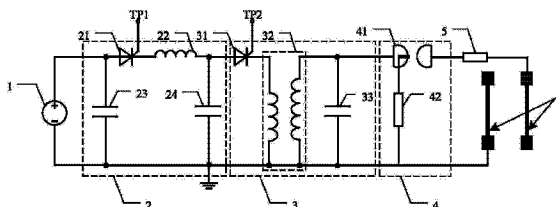
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统

(57) 摘要

本发明公开了一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统,包括:直流电源、谐振充电电路、Tesla 变压器谐振升压电路、脉冲陡化电路、限流电阻、线型电极,谐振充电电路包括充电晶闸管、充电电感、滤波电容、原方电容, Tesla 变压器谐振升压电路包括放电晶闸管、Tesla 变压器、副方电容,脉冲陡化电路包括三电极火花开关和触发极电阻,直流电源的正极连接到充电晶闸管的阳极,直流电源的负极接地,充电晶闸管的阴极连接到充电电感的一端,充电电感的另一端连接到放电晶闸管的阳极,滤波电容直接与直流电源并联。本发明能够解决现有放电形式大气压非平衡等离子体存在的难以获得大体积的等离子体,电离效率有限,能量利用率低,应用受到限制的技术问题。



1. 一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统,包括:直流电源、谐振充电电路、Tesla 变压器谐振升压电路、脉冲陡化电路、限流电阻、线型电极,其特征在于,
 - 谐振充电电路包括充电晶闸管、充电电感、滤波电容、原方电容;
 - Tesla 变压器谐振升压电路包括放电晶闸管、Tesla 变压器、副方电容;
 - 脉冲陡化电路包括三电极火花开关和触发极电阻;
 - 直流电源的正极连接到充电晶闸管的阳极,直流电源的负极接地;
 - 充电晶闸管的阴极连接到充电电感的一端,充电电感的另一端连接到放电晶闸管的阳极;
 - 滤波电容直接与直流电源并联;
 - 原方电容的一端连接到放电晶闸管的阳极,原方电容的另一端接地;
 - 放电晶闸管的阴极连接到 Tesla 变压器原方绕组的一端, Tesla 变压器原方绕组的另一端接地;
 - Tesla 变压器副方绕组的一端连接到三电极火花开关的一个主电极, Tesla 变压器副方绕组的另一端接地;
 - 副方电容与 Tesla 变压器副方绕组并联;
 - 三电极火花开关的一个主电极连接到 Tesla 变压器副方绕组的一端,三电极火花开关的另一个主电极连接到限流电阻的一端;
 - 限流电阻的另一端连接到线型电极的一个电极,线型电极的另一个电极接地;
 - 三电极火花开关的触发极连接到触发极电阻的一端,触发极电阻的另一端接地;
 - 直流电源用于为谐振充电电路提供直流电压;
 - 谐振充电电路用于给原方电容充电;
 - Tesla 变压器谐振升压电路用于通过电磁耦合在副方电容上产生高压脉冲;
 - 脉冲陡化电路用于将副方电容上产生的脉冲前沿为微秒级的高压脉冲陡化为纳秒级高压脉冲;
 - 限流电阻用于限制线型电极的间隙的放电强度;
- 当充电晶闸管和放电晶闸管以几十到几千赫兹的频率先后导通后,原方电容以相同的频率充、放电,由于电磁耦合作用,副方电容上产生脉冲前沿为微秒级的高压重频脉冲,经过脉冲陡化电路陡化之后,加在线型电极上的电压即为高压重频纳秒脉冲。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,直流电源采用半波整流电路或桥式整流电路。
3. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,当原方电容被充电到某一特定电压后,放电晶闸管受控导通,原方电容通过 Tesla 变压器的初级绕组在原方回路内放电,副方电容上同时产生高压脉冲。
4. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于, Tesla 变压器为螺旋线型空芯变压器。
5. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,
 - 线型电极放置在大气中,其中一个电极为金属丝,另一个电极为金属丝、圆筒或平板;
 - 两电极的距离是可调的;
 - 当金属丝线型电极的一个电极为金属丝时,金属丝的直径远小于其长度。

一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统

技术领域

[0001] 本发明属于气体放电与应用领域,更具体地,涉及一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统。

背景技术

[0002] 近年来,大气压非平衡等离子体由于其特有的优势及其巨大的应用前景受到了人们格外的关注。一方面,大气压非平衡等离子体去除了昂贵且极其繁琐的真空系统,使得它的应用成本大大降低,获得了广泛的应用,例如材料的表面改性,医疗仪器设备的杀菌消毒等。另一方面,由于它是在周围的大气中进行放电,这使得原来无法实现的一些应用也变为现实,其中一个非常重要的应用是等离子体医学方面的应用。

[0003] 目前,产生大气压非平衡等离子体的方式主要有电晕放电和介质阻挡放电。电晕放电其较明显的不足之处是气体的电离主要集中在电极附近,很难获得整个空间大体积的等离子体,且电离效率有限,产生的电子能量并不是很高,难以应用于工业生产。介质阻挡放电分为无声放电、表面放电和填充型介质阻挡放电,无声放电和表面放电这两种介质阻挡放电的缺陷是在气体放电过程中,对气体有明显的加热,能量利用率有待提高。同时,介质阻挡放电需要在一端或两端电极表面覆盖一电介质,给应用带来了一些限制。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统,其目的在于解决现有放电形式大气压非平衡等离子体存在的难以获得大体积的等离子体,电离效率有限,能量利用率低,离子和高活性粒子浓度低,应用受到一些限制的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统,包括:直流电源、谐振充电电路、Tesla 变压器谐振升压电路、脉冲陡化电路、限流电阻、线型电极,谐振充电电路包括充电晶闸管、充电电感、滤波电容、原方电容,Tesla 变压器谐振升压电路包括放电晶闸管、Tesla 变压器、副方电容,脉冲陡化电路包括三电极火花开关和触发极电阻,直流电源的正极连接到充电晶闸管的阳极,直流电源的负极接地,充电晶闸管的阴极连接到充电电感的一端,充电电感的另一端连接到放电晶闸管的阳极,滤波电容直接与直流电源并联,原方电容的一端连接到放电晶闸管的阳极,原方电容的另一端接地,放电晶闸管的阴极连接到 Tesla 变压器原方绕组的一端,Tesla 变压器原方绕组的另一端接地,Tesla 变压器副方绕组的一端连接到三电极火花开关的一个主电极,Tesla 变压器副方绕组的另一端接地,副方电容与 Tesla 变压器副方绕组并联,三电极火花开关的一个主电极连接到 Tesla 变压器副方绕组的一端,三电极火花开关的另一个主电极连接到限流电阻的一端,限流电阻的另一端连接到线型电极的一个电极,线型电极的另一个电极接地,三电极火花开关的触发极连接到触发极电阻的一端,触发极电阻的另一端接地,直流电源用于为谐振充电电路提供直流电压,谐振充电电路用于给原方电容充电,

Tesla 变压器谐振升压电路用于通过电磁耦合在副方电容上产生高压脉冲,脉冲陡化电路用于将副方电容上产生的脉冲前沿为微秒级的高压脉冲陡化为纳秒级高压脉冲,限流电阻用于限制线型电极的间隙的放电强度,当充电晶闸管和放电晶闸管以几十到几千赫兹的频率先后导通后,原方电容以相同的频率充、放电,副方电容在电磁耦合作用下产生脉冲前沿为微秒级的高压重频脉冲,经过脉冲陡化电路陡化之后,加在线型电极上的电压即为高压重频纳秒脉冲。

[0006] 优选地,直流电源采用半波整流电路或桥式整流电路。

[0007] 优选地,当原方电容被充电到某一特定电压后,放电晶闸管受控导通,原方电容通过 Tesla 变压器的初级绕组在原方回路内放电,副方电容上同时产生高压脉冲。

[0008] 优选地, Tesla 变压器为螺旋线型空芯变压器。

[0009] 优选地,线型电极放置在大气中,其中一个电极为金属丝,另一个电极为金属丝、圆筒或平板,两电极的距离是可调的,当金属丝线型电极的一个电极为金属丝时,金属丝的直径远小于其长度。

[0010] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0011] (1) 线型电极可有不同的形状和尺寸,可以增大大气压非平衡等离子体分布的体积,使电离区在整个放电间隙内均匀分布,电源能量能够更充分的得到利用。

[0012] (2) 线型电极放置在常温常压的开放空气环境下,不借助于介质阻挡放电模式实现弥散放电,因而使用限制较小。纳秒脉冲高重复频率地施加在线型电极上,可显著增大放电空间的离子和高活性粒子浓度。

[0013] (3) 采用空气芯 Tesla 变压器与脉冲陡化电路相结合的方式来实现纳秒脉冲,比较容易构造出结构紧凑、体积小、重量轻、稳定性高、可重复频率运行的脉冲源,有助于实用化推广。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统的电路原理图。

[0015] 图 2 是本发明充、放电晶闸管的触发脉冲信号时序图。

[0016] 图 3 是不同频率纳秒脉冲作用下的弥散放电的照片。

[0017] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0018] 1. 直流电源;2. 谐振充电电路;21. 充电晶闸管;22. 充电电感;23. 滤波电容;24. 原方电容;3. Tesla 变压器谐振升压电路;31. 放电晶闸管;32. Tesla 变压器;33. 副方电容;4. 脉冲陡化电路;41. 三电极火花开关;42. 触发极电阻;5. 限流电阻;6. 线型电极;TP1:充电晶闸管触发脉冲信号;TP2:放电晶闸管触发脉冲信号;t:时间; u_0 :触发脉冲信号的幅值; T_1 :触发脉冲信号的脉宽; T_2 :TP2 落后 TP1 的时间; T_3 :触发脉冲的周期。

具体实施方式

[0019] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要

彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0020] 如图 1 所示,本发明产生大气压弥散放电非平衡等离子体的系统包括:直流电源 1、谐振充电电路 2、特斯拉(Tesla)变压器谐振升压电路 3、脉冲陡化电路 4、限流电阻 5、线型电极 6。

[0021] 谐振充电电路 2 包括充电晶闸管 21、充电电感 22、滤波电容 23、原方电容 24。

[0022] Tesla 变压器谐振升压电路 3 包括放电晶闸管 31、Tesla 变压器 32、副方电容 33。

[0023] 脉冲陡化电路 4 包括三电极火花开关 41 和触发极电阻 42。

[0024] 直流电源 1 的正极连接到充电晶闸管 21 的阳极,直流电源 1 的负极接地。充电晶闸管 21 的阴极连接到充电电感 22 的一端,充电电感 22 的另一端连接到放电晶闸管 31 的阳极。滤波电容 23 直接与直流电源 1 并联。原方电容 24 的一端连接到放电晶闸管 31 的阳极,原方电容 24 的另一端接地。放电晶闸管 31 的阴极连接到 Tesla 变压器 32 原方绕组的一端,Tesla 变压器 32 原方绕组的另一端接地,Tesla 变压器 32 副方绕组的一端连接到三电极火花开关 41 的一个主电极,Tesla 变压器 32 副方绕组的另一端接地。副方电容 33 直接与 Tesla 变压器 32 副方绕组并联。三电极火花开关 41 的另一个主电极连接到限流电阻 5 的一端,限流电阻 5 的另一端连接到线型电极 6 的一个电极,线型电极 6 的另一个电极接地。三电极火花开关 41 的触发极连接到触发极电阻 42 的一端,触发极电阻 42 的另一端接地。

[0025] 直流电源 1 用于为谐振充电电路 2 提供直流电压,在实现时可考虑使用各种整流电路,例如半波整流、桥式整流等。

[0026] 谐振充电电路 2 用于给原方电容 24 充电。在谐振充电电路 2 中,当充电晶闸管 21 导通时,滤波电容 23 经充电电感 22 向原方电容 24 谐振充电。谐振充电可以保证原方电容 24 放完电后在极短时间内被充电到放电前的电压,该时间取决于谐振充电电路 2 的振荡周期。另外,谐振充电还可以起到升压作用。谐振充电电路 2 的电阻很小,理论上原方电容 24 两端的电压最高可达滤波电容 23 上的电压的两倍。滤波电容 23 选用大容量的电解电容,以保证原方电容 24 充电后滤波电容 23 两端的电压无较大波动。充电电感 22 的选取需考虑充电的速度及通过充电晶闸管 21 的电流大小。为避免电感铁芯饱和,优先选择空芯线绕电感。

[0027] Tesla 变压器谐振升压电路 3 用于通过电磁耦合在副方电容 33 上产生高压脉冲。当原方电容 24 被充电到某一特定电压(一般为 100V 到 1000V)后,Tesla 变压器谐振升压电路 3 中,放电晶闸管 31 受控导通,原方电容 24 通过 Tesla 变压器 32 的初级绕组在原方回路内放电,由于电磁耦合作用,副方电容 33 上将会同时产生高压脉冲。

[0028] Tesla 变压器 32 为螺旋线型空芯变压器,依靠初次级绕组间的磁耦合来传递能量,其耦合系数比铁芯式变压器小,但是由于不存在铁芯,能量耦合不受铁磁材料的饱和及频率限制,更加适合长寿命高重复频率应用的场合。对于铁芯式变压器来说,变比和功率的增加会导致铁芯窗口快速增大,从而导致脉冲源系统的重量和体积也大幅度增加,由于空气导磁,Tesla 变压器 32 反而可以很好的避免上述问题。Tesla 变压器 32 采用螺旋线型空芯变压器,这样容易通过增加副方绕组的匝数的方式做成高变比,保证初级电压较低而降低晶闸管的耐压要求,同时还可以减轻谐振充电电路 2 对直流电源 1 输出电压大小的要求。

[0029] 脉冲陡化电路 4 用于将副方电容 33 上产生的脉冲前沿为微秒级的高压脉冲陡化

为纳秒级高压脉冲。由于 Tesla 变压器 32 在副方电容 33 上产生的脉冲前沿为微秒级,为得到纳秒级高压脉冲,在副方电容 33 后面串接一个三电极火花开关 41,对副方电容 33 两端的电压进行陡化。触发极电阻 42 的阻值为 $M\Omega$ 级别。

[0030] 限流电阻 5 用于限制线型电极 6 的间隙的放电强度,一定程度上减缓放电向火花放电的转化,有利于放电的稳定性。限流电阻 6 的大小可依据放电的强弱进行调节。

[0031] 线型电极 6 放置在大气中,其中一个电极为金属丝,另一个电极可以为金属丝、圆筒、平板,两电极的距离是可调的。金属丝的形状无特殊要求,例如直线、圆形、椭圆形。金属丝的直径应远小于它的长度。

[0032] 控制充电晶闸管 21 和放电晶闸管 31 以几十到几千赫兹的频率先后导通,原方电容 24 以相同的频率充、放电,由于电磁耦合作用,副方电容 33 上产生脉冲前沿为微秒级的高压重频脉冲,经过脉冲陡化电路 4 陡化之后,加在线型电极 6 上的电压即为高压重频纳秒脉冲。通常,该高压重频纳秒脉冲的幅值是 50kV 到 150kV。

[0033] 下面结合充、放电晶闸管的触发脉冲的时序图进一步阐释本发明的大气压弥散放电非平衡等离子体的产生过程。

[0034] 如图 2 所示,TP1 和 TP2 为两路独立的触发脉冲,两脉冲波形完全相同,脉宽为 T_1 ,幅值为 u_0 。TP2 落后 TP1 的时间为 T_2 ,两信号周期均为 T_3 。为保证晶闸管可靠导通,脉宽 T_1 要大于晶闸管的导通时间,一般 T_1 取为 $25\mu s$ 。 u_0 通常为 10V。 T_2 需大于原方电容 24 的谐振充电时间,以保证放电晶闸管 31 每次导通前,原方电容 24 已充电到某一恒定电压。 T_3 决定于充、放电晶闸管的导通频率,例如导通频率为 500Hz, T_3 为 2ms。

[0035] 触发脉冲 TP1、TP2 分别控制充电晶闸管 21、放电晶闸管 31,两晶闸管将按照与触发脉冲相同的时序特点进行交替导通。由于 TP1 超前 TP2,故每个周期内,充电晶闸管 21 先导通,滤波电容 23 通过充电电感 22 对原方电容 24 进行谐振充电,充电结束后,充电电流为零,充电晶闸管 21 因电流过零而关闭,然后放电晶闸管 31 再导通,原方电容 24 通过 Tesla 变压器 32 的初级绕组放电,由于电磁耦合作用,副方电容 33 上产生高压脉冲,经三电极气体火花开关 41 陡化后,便能在线型电极 6 上得到高压纳秒脉冲。因为触发脉冲 TP1、TP2 以一定频率给出,故加在线型电极 6 上的电压为高压重频纳秒脉冲。可见,通过改变触发脉冲 TP1、TP2 的频率,就可以改变加在线型电极 6 上的纳秒脉冲的频率。加在线型电极 6 上的纳秒脉冲的频率一般为几十赫兹到几千赫兹不等。

[0036] 加在线型电极 6 上的高压重频纳秒脉冲将在线型电极 6 的间隙中产生极不均匀场,该极不均匀场使得空气发生放电。随着线型电极 6 的两个电极之间的距离的改变,放电的形式也将发生改变。适当地选取线型电极 6 的两个电极之间的距离,可得到介于火花放电和电晕放电之间的弥散放电。弥散放电是大气压非平衡等离子体的存在形态之一。这种放电模式产生的大气压非平衡等离子体具有分布均匀、电子密度更高、等离子体的平均电子能量更大、能量效率更高的优点。

[0037] 图 3 给出了几种不同频率高压纳秒脉冲作用下的弥散放电的照片。线型电极的两个电极之间的距离设为 4.0cm,高压纳秒脉冲的幅值是 65kV。从图 3 中可以看出,随着高压纳秒脉冲的频率的降低,弥散放电的强度有所减弱,因此提高高压纳秒脉冲的频率有助于提高大气压非平衡等离子体的强度。另外,从图 3 中可以看出,弥散放电大气压非平衡等离子体分布非常均匀,放电非常稳定,体积非常的大。

[0038] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

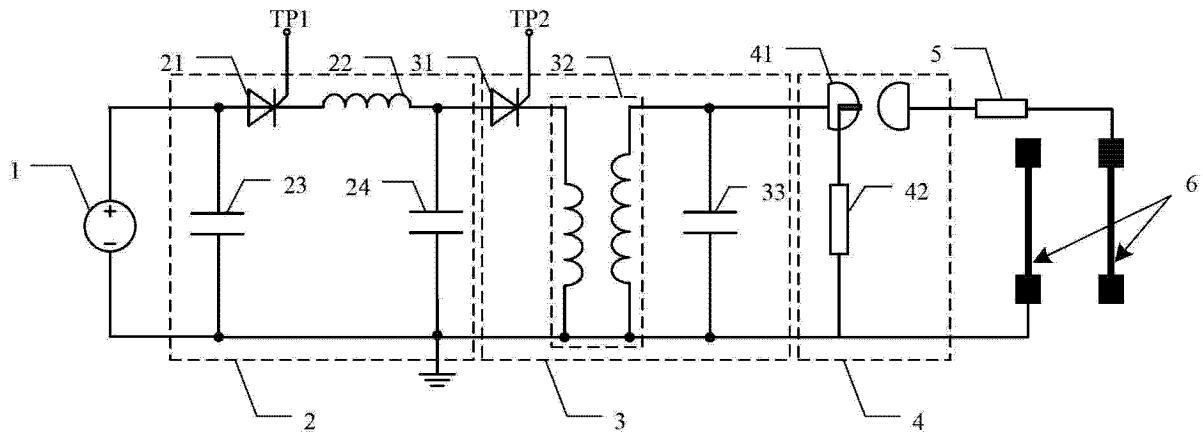


图 1

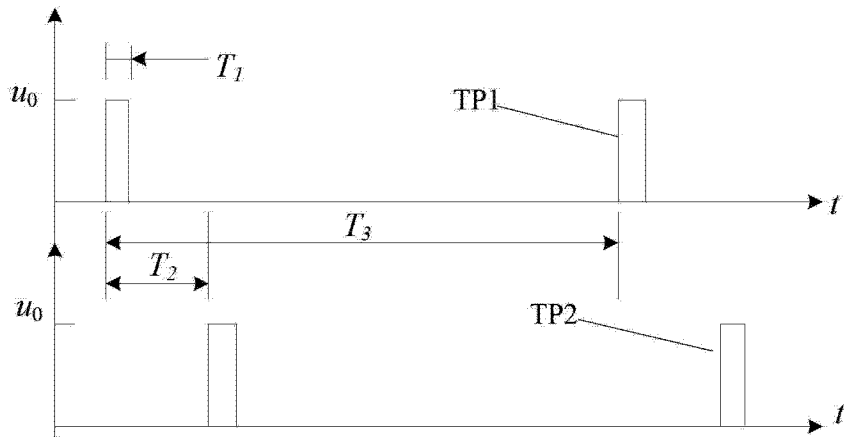


图 2

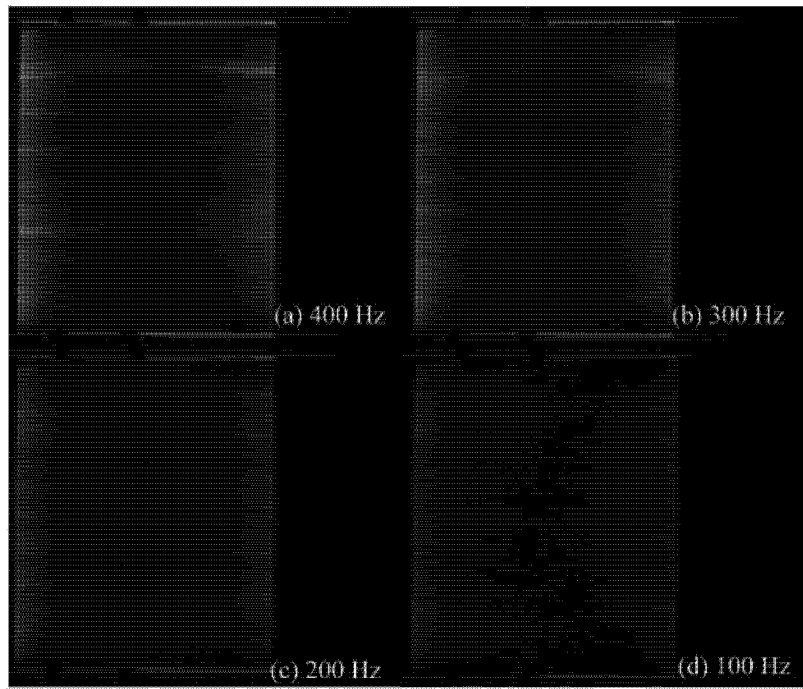


图 3