

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94120714.5

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

H05H 1/24

[43]公开日 1995年11月15日

[22]申请日 94.12.21

[30]优先权

[32]93.12.21[33]JP[31]322455 / 93

[32]93.12.24[33]JP[31]328698 / 93

[32]93.12.27[33]JP[31]333562 / 93

[71]申请人 住友重机械工业株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 田中胜

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张志醒 叶恺东

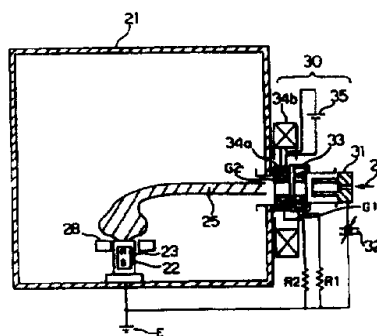
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 能够产生高能等离子体束的等离子体束产生方法及其装置

[57]摘要

在等离子体束产生装置中, 包括一个等离子体源和一个用于接受等离子体束的阳极部分。一个磁场产生装置沿着等离子体束的轨迹设置在等离子体源和阳极部分之用, 用于产生具有磁场梯度的磁场, 从而产生空间电荷。磁场产生装置加速等离子体束中的电子流并向阳极部分输送加速的电子流。



(BJ)第 1456 号

1. 一种从等离子体源向设置在等离子体腔中的阳极部分产生等离子体束的方法,其特征在於:在所说等离子体腔中沿着等离子体束轨迹设置磁场产生装置,用于产生具有磁场梯度的磁场,从而产生空间电荷,所说磁场产生装置使所说等离子体流中的电子流加速。

2. 如权利要求1所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:所说的磁场产生装置至少产生尖点形磁场和镜面形磁场之一。

3. 如权利要求1或2所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:所说磁场产生装置是由环绕着所说的等离子体束设置的一块永久磁铁实现的。

4. 如权利要求1或2所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:所说磁场产生装置是由一个电磁线圈和永久磁铁结合构成的。

5. 如权利要求1或2所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:所说磁场产生装置是由一组电磁线圈结合构成的。

6. 如权利要求1到5的任何之一所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:在所说的等离子体腔内设置磁场控制装置,用于控制由所说的磁场产生装置产生的磁场的强度,所说的磁场控制装置由此控制所说的磁场梯度。

7. 如权利要求1到6的任何之一所述的产生等离子体束的方法,其特征在於:将一个电极设置在所说的磁场产生装置和所说的等离子体源之间,从而使得所说的电极与等离子体束相接触,并根据施

加到电极上的偏置电压改变所说等离子体束中的电子密度,从而由此控制放电电压或放电电流。

8. 一种等离子体束产生装置,包括:

用于限定一个放电空间的等离子体腔;

固定在所说的腔上并用于产生等离子体束的等离子体源;

安装在所说的等离子体源上用于使等离子体成束并将所说的等离子体束导入所说腔内的第一磁场产生装置;

设置在所说腔内接受等离子体束的阳极部分;

沿着所说等离子体束的轨迹设置在所说腔内的第二磁场产生装置,其用于产生具有磁场梯度的磁场,由此产生空间电荷;

所说的第二磁场产生装置使所说的等离子体束中的电子流加速以向所说的阳极区输送加速的电子流。

9. 如权利要求8所述的等离子体束产生装置,还包括:设置在所说腔内的磁场控制装置,它用于改变由第二磁场产生装置产生的磁场强度以控制磁场梯度。

10. 如权利要求8或9所述的等离子体束产生装置,还进一步包括:一个用于控制放电电压的电极,它位于所说的磁场产生装置与所说的等离子体源之间,从而使所说的电极与所说的等离子体束相接触,和一个用于施加预定的偏置电压到所说的电极上的电源。

11. 如权利要求8到10中任何之一所述的等离子体束产生装置,其特征在于:所说的第二磁场产生装置产生与上述磁场一样的,至少尖点形磁场和镜面形磁场中的一种。

12. 如权利要求8到11中的任何之一所述的等离子体束产生装置,其特征在于:所说的第二磁场产生装置包括一个围绕着所说的等离

子体轨迹设置的第一永久磁铁。

13. 如权利要求9所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的磁场控制装置包括一个第二永久磁铁,和用于改变所说的第二永久磁铁与所说的第一永久磁铁之间的相对位置的移动装置。

14. 如权利要求13所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的第二永久磁铁与所说的第一永久磁铁同轴设置,所说的移动装置沿着所说的等离子体束的轨迹方向移动所说的第二永久磁铁。

15. 如权利要求14所述的等离子体束产生装置,其特征在於:它还包括:一个位于所说的第一和第二永久磁铁之间的屏蔽装置,它用于屏蔽由于返回通量形成的从所说的第一永久磁铁到所说的第二永久磁铁的电子流。

16. 如权利要求12到14中任何一个所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的第一和第二永久磁铁位于所说的等离子体源与所说的阳极部分之间。

17. 如权利要求8到12中任何一个所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的磁场控制装置包括一个电磁线圈和一个用于控制施加到所说的电磁线圈中的电流的可变电源装置。

18. 如权利要求17所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的电磁线圈与所说的第一永久磁铁同轴设置。

19. 如权利要求17或18所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的第一永久磁铁和所说的电磁线圈位于所说的等离子体源和所说的阳极部分之间。

20. 如权利要求10到19中任何一个所述的等离子体束产生装置,其特征在於:所说的电极是由将所说的第二磁场产生装置包含在内的

导体外壳来实现的。

21. 如权利要求10到19中任何一个所述的等离子体束产生装置，其特征在于：所说的电极中包含一个第三永久磁铁。

## 能够产生高能等离子体束的等离子体束产生方法及其装置

本发明涉及等离子体束产生方法及其产生装置,该装置能够产生并控制高能等离子体束。

通常,等离子体产生装置包括一个用于约束放电空间的等离子体腔,一个安装在等离子体腔上用于产生等离子体束的等离子体源,一个用于产生第一磁场以将由等离子体源产生的等离子体束导入等离子体腔的第一磁场产生装置,和设置在等离子体腔内用于接收等离子体束的阳极区。等离子体源通常是由加热阴极来形成的。

对于上述的等离子体束产生装置,近年来要求其能够产生高能等离子体束。为了满足这个要求,可取的是强电流放电,也就是说,等离子体源在低电压下进行大电流放电。

为了如上所述实现强电流放电,就要求有一个特殊的等离子体源。但是,如果使用特殊的等离子体源,等离子体束产生装置的结构就会变得复杂,而且成本高昂。此外,如果要进行强电流放电,就需要大容量的载流气体(例如,氩气或氮气),因而泵浦速度就要很高。从这些观点考虑,等离子体束产生装置也会变得庞大而复杂。另外,由于是在恶劣的条件下进行工作,会加剧对阴极的损坏。

另一方面,如果等离子体源能够进行强电流放电,就有可能进行强电流和高电压放电。这意味着供应的能量可以迅速增加。为

了增加放电电压,可以考虑使用电子枪作为等离子体源。这种电子枪的一个实例公开在先公开号为72155/ 1977的未审查日本专利申请中。但是,在使用这种电子枪时,需要构成一个大尺度的载流气体的排气区或准备一组排气泵。结果,这就带来了一个缺点,除了等离子体束产生装置的结构尺寸变大之外,载流气体的容量也变大。进一步说,还有另一个缺点是等离子体状态变得不稳定。

本发明的一个目的是提供一种能够稳定地产生和控制等离子体束的等离子体束产生方法。

本发明的另一个目的是提供一种具有简单的结构并适用于上述方法的等离子体束产生装置。

通过描述本发明的要点,可以理解等离子体束产生方法是用于产生一束从等离子体源朝向设置在等离子体腔内的阳极区的等离子体束。根据第一个发明,在等离子体腔内沿着等离子体束轨迹设置了一个磁场产生装置,它可产生有磁场梯度的磁场,从而产生了空间电荷。磁场产生装置加速了等离子体束中的电子流。

可以理解等离子体束产生装置包括用于限定放电空间的等离子体腔,安装在等离子体腔上用于产生等离子体束的等离子体源,安装在等离子体源上用于使等离子体成束并将等离子体束导入等离子体腔中的第一磁场产生装置,和设置在等离子体腔内用于接收等离子体束的阳极区。根据第二个发明,在等离子体腔内沿着等离子体束的轨迹设置了第二磁场产生装置,其用于产生具有磁场梯度的磁场从而产生空间电荷。第二磁场产生装置加速等离子体束中的电子流以向阳极区输送加速的电子流。

图1是本发明的第一实施例的等离子体束产生装置的剖面图;

图2描述了图1中所示的等离子体束产生装置的特性曲线;

图3描述了图1中所示的磁场产生装置的效果;

图4显示了图3中所示的磁场产生装置的改进;

图5表示了图1中所示的磁场产生装置的另一个实例;

图6表示了图1中所示的磁场产生装置的再一个实例;

图7表示了图1中所示的磁场产生装置的又一个实例;

图8表示了图7中所示的磁场产生装置的改进;

图9是本发明的第二个实施例的等离子体束产生装置的剖面图;

图10表示了图9中所示的等离子体束产生装置中的磁场控制装置;

图11描述了图9中所示的磁场控制装置的效果;

图12描述了图9中所示的等离子体束产生装置中的磁场控制装置的另一个实例的效果;

图13是图9中所示的等离子体束产生装置的一种改进的剖面图;

图14表示了图13 中所示的磁场产生装置与等离子体束产生装置中的电磁线圈的位置关系;

图15表示了图13 中所示的磁场产生装置与电磁线圈的位置关系的另一个实例;

图16表示了图13 中所示的磁场产生装置与电磁线圈的位置关系的又一个实例;

图17表示图13 中所示的磁场产生装置与电磁线圈的组的另一个实例;

图18表示图13 中所示的磁场产生装置与电磁线圈的组的再一个实例;



图19表示图13 中所示的磁场产生装置与电磁线圈的组的一个实例;

图20是本发明的第三实施例的等离子体束产生装置的剖面图;

图21是图20中所示的磁场产生装置的结构的前视图;

图22是表示图20 中所示的磁场产生装置与放电电压控制电极的另一种组合的剖面图;

图23是表示图20 中所示的电磁场产生装置与放电电压控制电极的又一种组合的剖面图;

现在将参照图1描述本发明的第一实施例的等离子体束产生装置。等离子体束产生装置包括一个等离子体腔21。在等离子体腔21的底部,设置了包含永久磁铁22的阳极23以引导等离子体束。在等离子体腔21的侧壁,设置了阴极31,它构成了等离子体源30 的一部分。在阳极23和阴极31之间,在等离子体腔21内限定了放电空间。阳极23和阴极31都连接到位于等离子体腔外面的放电电源32上。在阴极31的中央部分,有一个中心孔由此载流气体24如氩气或氦气可以被导入等离子体腔21。除了阴极31,等离子体源30还包括一个包含在栅电极G1内用于会聚离子束的永久磁铁33,包含在栅电极G2内的线圈34a,转向线圈34b,和用于激励线圈34a和转向线圈34b 的转向电源35。永久磁铁33和线圈34a通过降压电阻R1和R2与放电电源32相连。线圈34a、转向线圈34b以及转向电源35 的组合可以称之为第一磁场产生装置。

在上述的结构中,当一个电子从阴极发射出来后,就在放电空间中产生了一个等离子。等离子体被永久磁铁33会聚,然后被线圈34a和转向线圈34b作为等离子体束25引导入等离子体腔21中。被

导入等离子体腔21中的等离子体束25直接飞向阳极23。

在本发明的等离子体束产生装置中,在等离子体源30和阳极23之间形成了一个磁场产生装置28。磁场产生装置28 沿着等离子体束25 的轨迹并在其附近产生了一个三角形或镜面形磁场梯度的磁场。这个磁场产生装置28可以称之为第二磁场产生装置。

由磁场产生装置28所产生的磁场梯度阻止等离子体束流25 流向磁场产生装置28的一侧或两侧。这使得等离子体束25 处于半约束状态。在处于半约束状态的等离子体束25中,由于热扩散而产生电子密度 $N_e$ 大于离子密度 $N_i$ 的状态,即 $N_e \geq N_i$ 的状态。

这个状态产生了电子流的负空间电荷,从而增加了放电电压。此外,如果中性气体和中性粒子被从约束等离子体的一个端部注入,则在空间中电子密度与离子密度之间的差变得更大( $N_e > N_i$ )。这导致放电电压的增加。

在这种情况下,用于使等离子体束成为半约束状态的磁场产生装置28被用于阻挡电子流,这与用于改变电子束的轨迹或引导等离子体束的磁场产生装置诸如线圈34a和转向线圈34b是不同的。考虑到这一点,与其它磁场产生装置相比,磁场产生装置28 可以由一个永久磁铁或者一组电磁铁构成,这样可以产生沿等离子体束25的轨迹迅速变化的磁场梯度。实验发现,当等离子体束由磁场产生装置28施加不小于100G/ cm的磁场梯度时,就可实现等离子体束的半约束状态。

此外,在图1中,阳极23可以设置在与等离子体源30相对的等离子体腔21的内壁上。在这种情况下,磁场产生装置28可以沿着等离子体束25的轨迹位于等离子体源30和阳极23之间。

参照图2,其中表示了阴极31和阳极23 之间的电压与流入阳极23中的电流之间的关系。如图2所示,阴极31的栅电极G2 与阳极23之间的电压大大地增加了。另一方面,当然是电流越大,阳极23 的电压就变得越高。在图中所示的实例中,对于20A的放电电流,记录到高达550V的放电电压。而在通常的等离子体束产生装置中,即使是在放电电流为250A的情况下,也极少有可能得到80到100V或类似的放电电压。

参见图3,磁场产生装置28是环形永久磁铁28-1构成的。永久磁铁28-1的一端为N极,而永久磁铁面对N极方向朝上的轴向另一端为S极。在使用上述的永久磁铁28-1的情况下,环绕着永久磁铁28-1产生尖点形磁场,从而有可能使等离子体束变为半约束状态。当尖点形磁场产生时,产生的磁力线就如图中带箭头的线所指穿过永久磁铁28-1的内部空间。此外在永久磁铁的外部空间也产生了从N极朝向S极的磁力线。利用上述的尖点形磁场,永久磁铁28-1 的内部空间作为约束等离子体束的一个端区。在这种状态下,等离子体源30一侧的电子密度 $n_e$ 相对于永久磁铁28-1一侧变得较高,并且穿过永久磁铁28-1 内部空间和穿过负电荷区的电子流被加速输送到阳极23一侧。所以,有可能通过沿着等离子体束的方向设置永久磁铁28-1得到加速的高能强电流等离子体束。永久磁铁28-1 可以称之为第一永久磁铁。

参照图4,下文将描述样磁场产生装置28的另一个实施例。在这个实例中,永久磁铁28-1'的极性与图3中所示的永久磁铁28-1的极性相反。换句话说,就是永久磁铁28-1'的S极方向朝上,而N极的方向朝下,也就是说,朝向阳极。根据这个实例还发现由永久磁铁

28-1'产生的尖点形磁场如图3 中所示的情况相似使等离子体束成为半约束状态。

图5描述了磁场产生装置28的又一个实例。在这个实例中，尖点形磁场是由复合永久磁铁28-2产生的。复合永久磁铁28-2 呈环形，其中央部分有一开口。复合永久磁铁的上部内径一侧被磁化作为N极，而其上部外径一侧被磁化作为S极。另一方面，复合磁铁28-2的下部被磁化作为S极。所以，在垂直方向，磁力线从内侧向外侧延伸。这样就有可能使等离子体束成为半约束状态。此外，在复合永久磁铁28-2的开口中，产生的磁力线从上部向下部延伸，从而可以限制穿过开口的电子流。因此，具有上述结构的复合磁铁28-2也可以用来产生高能等离子体束。

图5所示的复合永久磁铁28-2也可以通过磁化单磁件得到。进一步说，复合永久磁铁28-2可以通过叠放一组永久磁铁来构成。此外，根据一个实验，使用极性与图5中所示的复合磁铁相反的复合磁铁能够得到类似的结果。

图6描述了磁场产生装置28的又一个实例。在这个实例中，尖点形磁场是由复合永久磁铁28-3产生的，复合永久磁铁28-3的结构是通过叠放一组环形永久磁铁而构成的。在这个例子中，永久磁铁是叠放的，从而相邻的磁铁之间彼此具有相反的极性。

图3到图6中所示的永久磁铁并不必须具有圆环形形状，可以是，例如矩形的形状。

在图7中，磁场产生装置28 是由位于等离子体源一侧附近并具有较大直径的第一电磁线圈26 和位于阳极一侧具有比第一电磁线圈26较小直径的第二电磁线圈27构成的。如箭头所示的磁力线所

表示的,第一电磁线圈26和第二电磁线圈27中的电流的极性是彼此不同的。这种结构也能产生尖点形磁场从而与图3到图6所示的永久磁铁的情况相似使等离子体束变成半约束状态。

参见图8,当第一电磁线圈26和第二电磁线圈27中电流是相同极性时,就产生了镜面形磁场。通过这样的镜面形磁场也能使等离子体束变为半约束状态。

参照图9,将描述本发明的第二实施例的等离子体束产生装置。在图9中,与图1中所示相同的部件都用一样的标号表示。在等离子体束产生装置中,阳极23构成在等离子体腔21的一个侧壁上,与等离子体源30相对。在等离子体源30和阳极23之间,设置了磁场产生装置28。在磁场产生装置28与阳极23之间,磁场产生装置28的附近设置了磁场控制装置40。

磁场产生装置28由一环形永久磁铁28-1构成。永久磁铁28-1在轴向上被磁化,并安装在安装台28-5上,安装台上有一个对应于等离子体束25轨迹的中央开口。利用上述的磁场产生装置28,在磁场产生装置28的附近,沿着等离子体束25的方向,就可产生具有尖点形或镜面型磁场梯度的磁场。

等离子体束流25在上述的磁场梯度作用下被阻挡在磁场产生装置28的一侧或两侧。其结果是,如结合图1所作的描述一样,等离子体束25被变成半约束状态。处于半约束状态的等离子体束由于热扩散而变为电子密度 $N_e$ 大于离子密度 $N_i$ 的状态,即 $N_e \geq N_i$ 的状态。这个状态导致负空间电荷充入电子流。其结果增大了放电电压。此外,中性气体和中性粒子从约束等离子体束的一个端部注入。结果空间中电子密度与离子密度之间的差别增大( $N_e > N_i$ )。这导致放

电电压增加。

如上所述,在磁场产生装置28的前面,设置了磁场控制装置40。磁场控制装置40由一个永久磁铁40-1构成。永久磁铁40-1是沿轴向磁化的,并与永久磁铁28-1共轴放置。永久磁铁40-1可称之为第二永久磁铁。如图10所详细描述,在永久磁铁28-1与永久磁铁40-1间设置了屏蔽装置41。屏蔽装置41沿轴向延伸,它由屏蔽管部分41-1和法兰部分41-2构成。借助于屏蔽装置41,使由于返回通量(返回磁力)的影响形成的电子流被屏蔽,如下文所述。

永久磁铁40-1安装在安装台40-2上。安装台40-2由驱动系统42控制可沿箭头线43所示方向移动。驱动系统42包括设置在等离子体腔外的驱动马达42-1。驱动马达42-1有一根驱动轴42-2,其上安装了锥形齿轮42-3。驱动系统42还包括沿与等离子体束25平行方向延伸的一根轴向螺杆42-4。轴向螺杆42-4是由支撑台42-5支撑的。在轴向螺杆42-4的一端安装了一个锥形齿轮42-6。锥形齿轮42-6与锥形齿轮42-3啮合。当驱动马达42-1旋转时,永久磁铁40-1和安装台40-2就沿着轴向螺杆42-4被移动。

如上所述,永久磁铁40-1与永久磁铁28-1之间的相对距离 $L_1$ 随着永久磁铁40-1的移动而变化。结果就使永久磁铁28-1产生的磁场梯度发生变化。这就是说,相对距离 $L_1$ 变得越长,由永久磁铁28-1所产生的磁场梯度斜率越平缓。换句话说,由于永久磁铁28-1的中央磁场强度是由永久磁铁40-1沿中心轴向的磁场与永久磁铁28-1沿中心轴向的磁场复合构成的,所以相对距离 $L_1$ 的变化引起了磁场强度的变化。

参见图11,它是假定将永久磁铁28-1和永久磁铁40-1设置成相

同的极性(例如S极)彼此相对。如图11(a)所示,在永久磁铁28-1和永久磁铁40-1彼此非常接近的情况下,永久磁铁28-1和永久磁铁40-1各自中央区域的磁通密度都减少了。结果,磁场梯度变得平缓,从而等离子体束25的直径变大。这意味着放电电压减小。此外,在图11(b)所示的状态下,屏蔽管部分41-1位于永久磁铁40-1的中央开口内。而法兰部分41-2位于永久磁铁28-1与永久磁铁40-1之间的边界上,从而能够屏蔽由于返回通量产生的电子流。

如图11(b)所示,当永久磁铁40-1被移动而使永久磁铁40-1和永久磁铁28-1彼此分开时,两个永久磁铁之间的相互干扰减弱了。这导致等离子体束25的直径变小从而增加了放电电压。而且,当永久磁铁40-1进一步移动而超出磁场的零点时,在这个点(磁场的零点)上就产生了另一个尖点形磁场。所以,放电电压进一步增加。因此,在图11(b)所示的状态中,法兰部分41-2位于永久磁铁28-1和永久磁铁40-1之间以屏蔽由于返回通量而产生的电子流。

在图12中,假定将永久磁铁28-1和永久磁铁40-1设置成不同的极性彼此相对。另外,在图12中省略了屏蔽装置41。如图12(a)所示,在永久磁铁28-1与永久磁铁40-1非常接近的情况下,永久磁铁28-1和永久磁铁40-1各自的中央区域的磁通密度增大,从而磁场梯度变陡。结果等离子体束25的直径变小而增加了放电电压。如图12(b)所示,当永久磁铁40-1移动而使永久磁铁40-1与永久磁铁28-1分开时,两个永久磁铁之间的干扰减弱。就是说,磁通密度减少了,从而等离子体束25的直径变大。这导致放电电压的减小。当进一步移动永久磁铁40-1时,如图12(c)所示,超出磁场的零点,就产生了两个尖点形磁场从而增加了放电电压。穿过永久磁铁28-1

和40-1的等离子体束由永久磁铁22(图9)导向而到达阳极23。

如上所述,通过移动永久磁铁40-1改变磁场强度从而控制放电电压是可能的。此外,永久磁铁40-1可以仅移动到磁场的反转点的距离。因此,永久磁铁40-1移动的范围可以是如图9所示的距离L1。

尽管以上描述是针对永久磁铁40-1位于永久磁铁28-1与阳极23之间的实例而言,但是永久磁铁40-1也可以位于永久磁铁28-1与等离子体源30之间。进一步说,永久磁铁40-1的外径和内径可以大于永久磁铁28-1的外径和内径,从而将永久磁铁40-1放置在与永久磁铁28-1同轴的位置上并使其处于永久磁铁28-1的外表面的外侧。总之,永久磁铁40-1可沿等离子体束25的轨迹设置,并相对于永久磁铁28-1被相对移动,从而改变磁场强度,即,由永久磁铁28-1所产生的磁场梯度。

以下将参照图13描述本发明第二实施例的一个改进。在等离子体束产生装置中,用作磁场产生装置28的永久磁铁28-1的外周边环绕着电磁线圈43。如下文中所介绍的,电磁线圈43是用作磁场控制装置的。

结合对照图14与图13,永久磁铁28-1和电磁线圈43是作为一个整体装配的,并安装在安装台28-5上。电磁线圈43与可变电源44相连,并由其激励。

如上所述,等离子体束25被永久磁铁28-1产生的尖点形磁场所约束,因而增大了放电电压。在这个例子中,电磁线圈43产生了一个磁场(以下称之为干扰磁场),从而尖点形磁场的磁强梯度被这个干扰磁场变得平缓了。结果,等离子体束25的约束效果减弱。换句话说,等离子体束流变得适合于阻碍放电电压的增大。



上述干扰磁场的强度是通过控制由可变电​​源44 输送给电磁线圈43的电流加以控制的。根据干扰磁场强度的变化,尖点形磁场的磁强梯度被改变。由此控制了放电电压。

虽说在图13所示的改进中,是针对电磁线圈43设置在永久磁铁28-1的外周边进行描述的。但是,永久磁铁28-1与电磁线圈43之间的位置关系的变化可以确定。例如,在图15和图16中所示,用一个内径和外径均与永久磁铁28-1的内径和外径相同的线圈作为电磁线圈43。在图15中,电磁线圈43与永久磁铁28-1同轴设置以接近永久磁铁28-1的左边沿表面(阳极一侧的侧表面)。在这个实例中,假设永久磁铁28-1的中心用P表示,而从电磁线圈43的右边沿表面到中心P的距离用Lx表示。电磁线圈43的外径表示为D。在这个情况下,距离Lx与外径D由关系式: $Lx \leq D$ 所限定。

在图16中,永久磁铁28-1与电磁线圈43同轴放置,并且在其之间留有一定间隙。在这种情况下,永久磁铁28-1与线圈43之间的关系也由关系式 $Lx \leq D$ 所限定。

同样地,如图17所示,一个内径大于永久磁铁28-1的外径的线圈可作为电磁线圈43。电磁线圈43与永久磁铁28-1同轴放置从而彼此重叠。

参见图18,电磁线圈43放置在阳极一侧上。另外,在图19中,电磁线圈43放置在等离子体源一侧上。

参照图20,将描述本发明的第三实施例的等离子体产生装置。这个实施例与图9类似,不同的是以放电电压控制电极50取代了设备中磁场控制装置40。磁场产生装置28如图21所示,是由固定在等离子体腔21底部的安装台28-5所支撑的,从而使等离子体束25能够

穿过环形永久磁铁28-1的中央部分。利用永久磁铁28-1,产生了沿着等离子体束25轨迹方向迅速变化的磁场梯度。因为电子流被磁场梯度所阻挡,所以在这个区域,等离子体束25被变为半约束状态。在处于这个状态的等离子体束25中,由于热扩散电子密度变得高于离子密度,因而放电电压增大。

电极50被设置在可在等离子体腔21内与等离子体束25 接触或者电极可以进入等离子体束的位置。电极50 由可变电压偏置电源51施加偏置电压。在磁场梯度均匀的状态下,束中的电子密度是随加在与等离子体束25保持接触的电极50 上的偏置电压的变化而变化的。根据电子密度的变化,电子密度的梯度变得平缓,从而放电电压发生变化。根据等离子体束的特征,放电电压是随电子密度而改变的。所以,能够通过改变偏置电压控制放电电压或电流。电极50可以是任何形状,只要电极与等离子体束25接触,并且其设置位置不限于图20所示的位置。某些改进参照图22和图23加以描述。

在图22中,用于产生尖点形磁场梯度的永久磁铁28-1·用导体外壳52围绕着,导体外壳52与偏置电源51相连,导体外壳52用作图 20中所示的电极50。

参照图23,用于吸引等离子体的永久磁铁53被嵌入电极50中,因而能够稳定地与等离子体保持接触。永久磁铁53 可称之为第三永久磁铁。

本发明的等离子体束产生装置适用于离子敷涂、 等离子体蚀刻、等离子体清洗、等离子体溶解等等。在离子敷涂时,蒸发金属固定在阳极23上。在等离子体腔21中,放置被处理的基质并施加一个负电压。蒸发金属被等离子体束加热并蒸发。蒸发的金属粒子

被等离子体束离子化,并沉淀在基质上形成覆膜。在等离子体蚀刻、等离子体清洗、和等离子体溶解中,被处理的物体固定在阳极23上。

以上通过一些优选实施例对本发明进行了描述。本发明并不局限于这些实施例。例如,在图20所示的等离子体产生装置中,图9所示的磁场控制装置40可以位于阳极23与永久磁铁28-1之间。

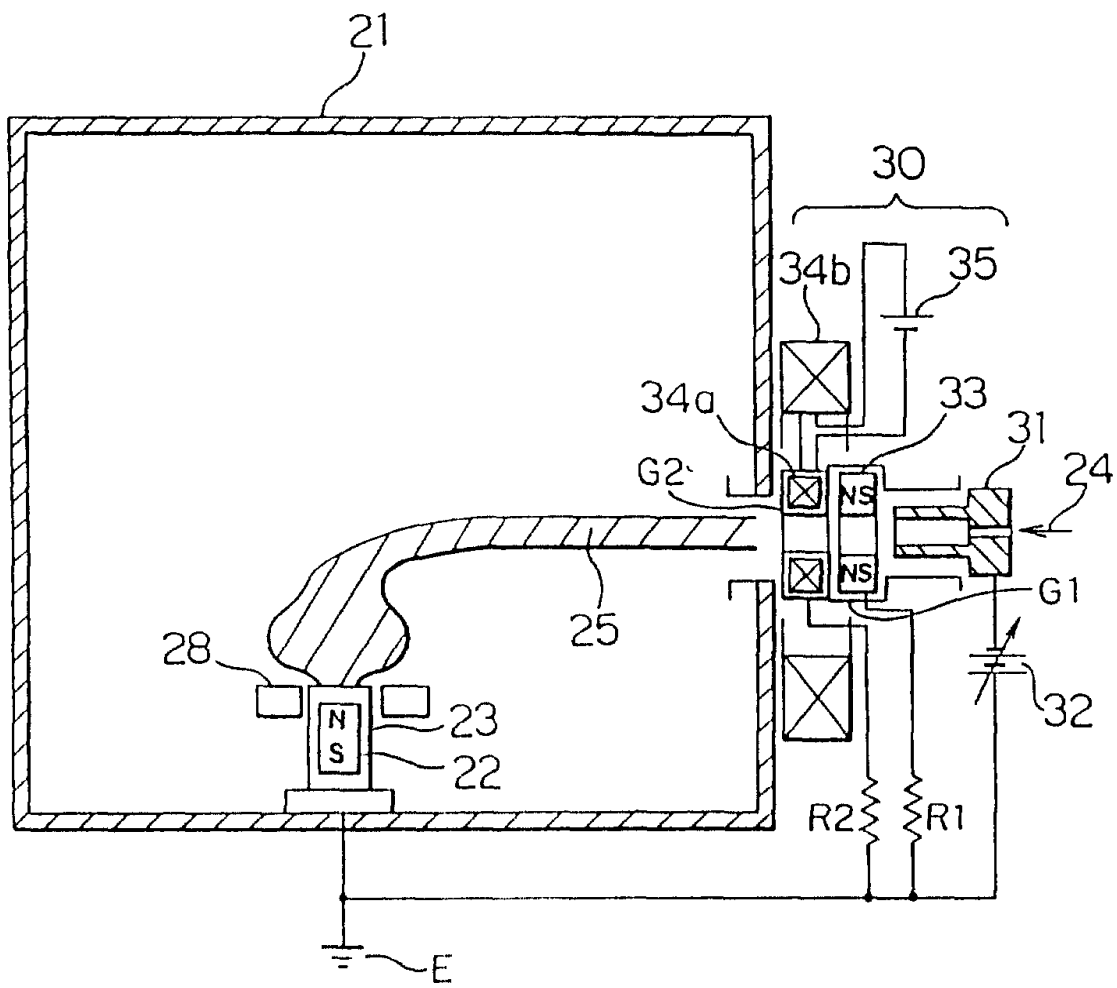


图 1

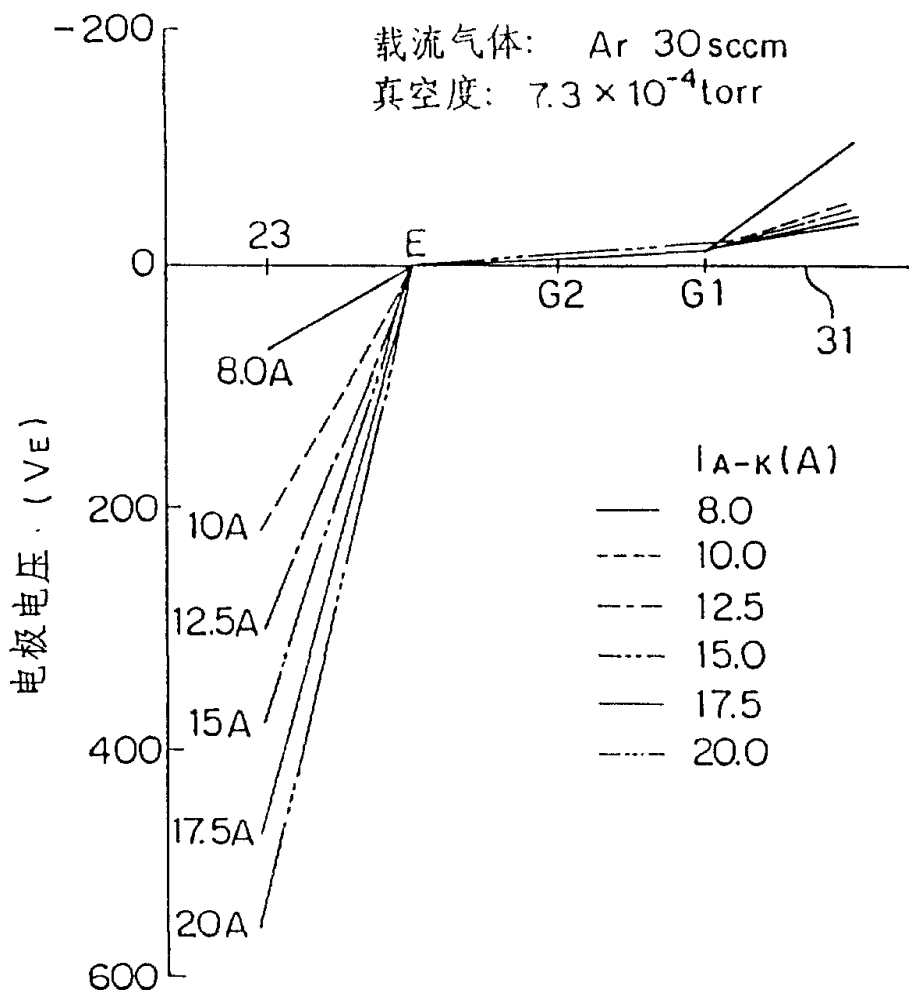
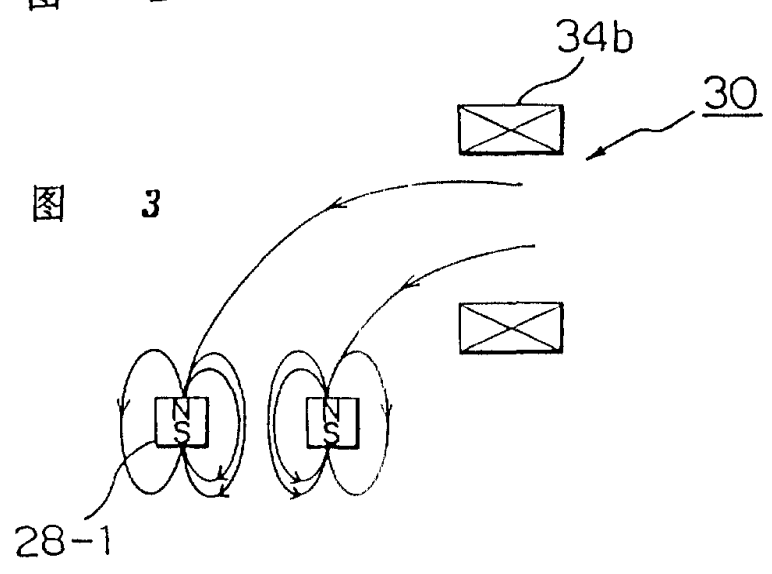


图 2



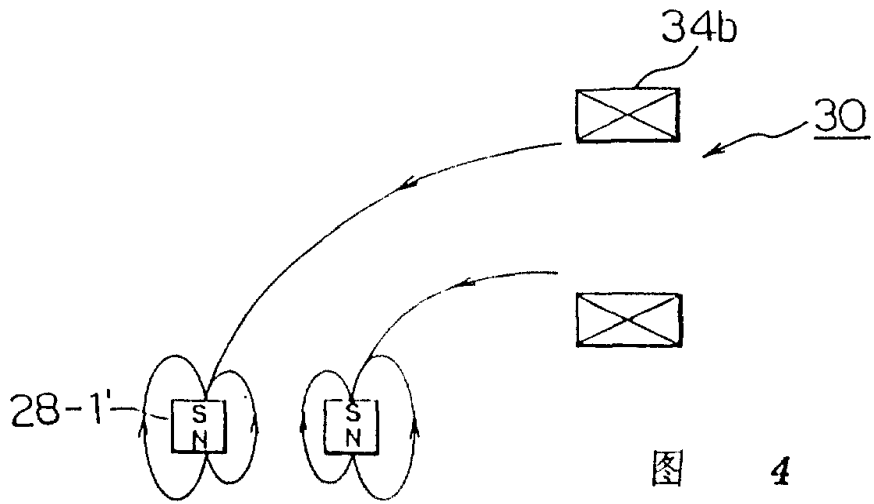


图 4

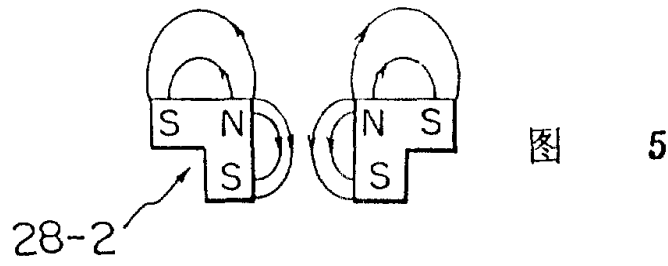


图 5

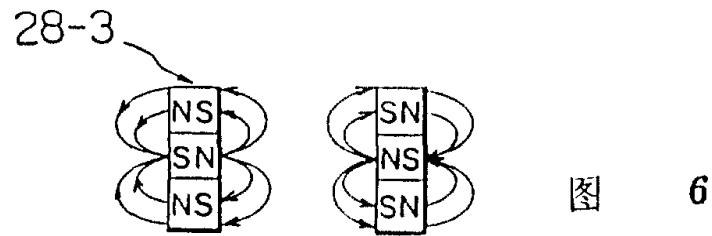


图 6

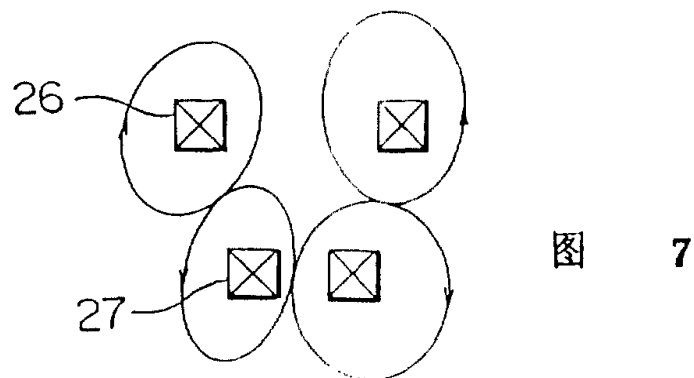


图 7

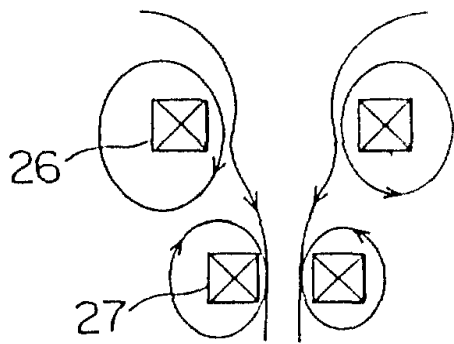


图 8

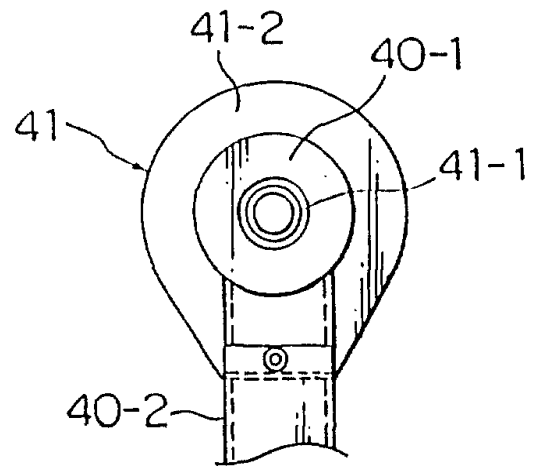


图 10

图 9

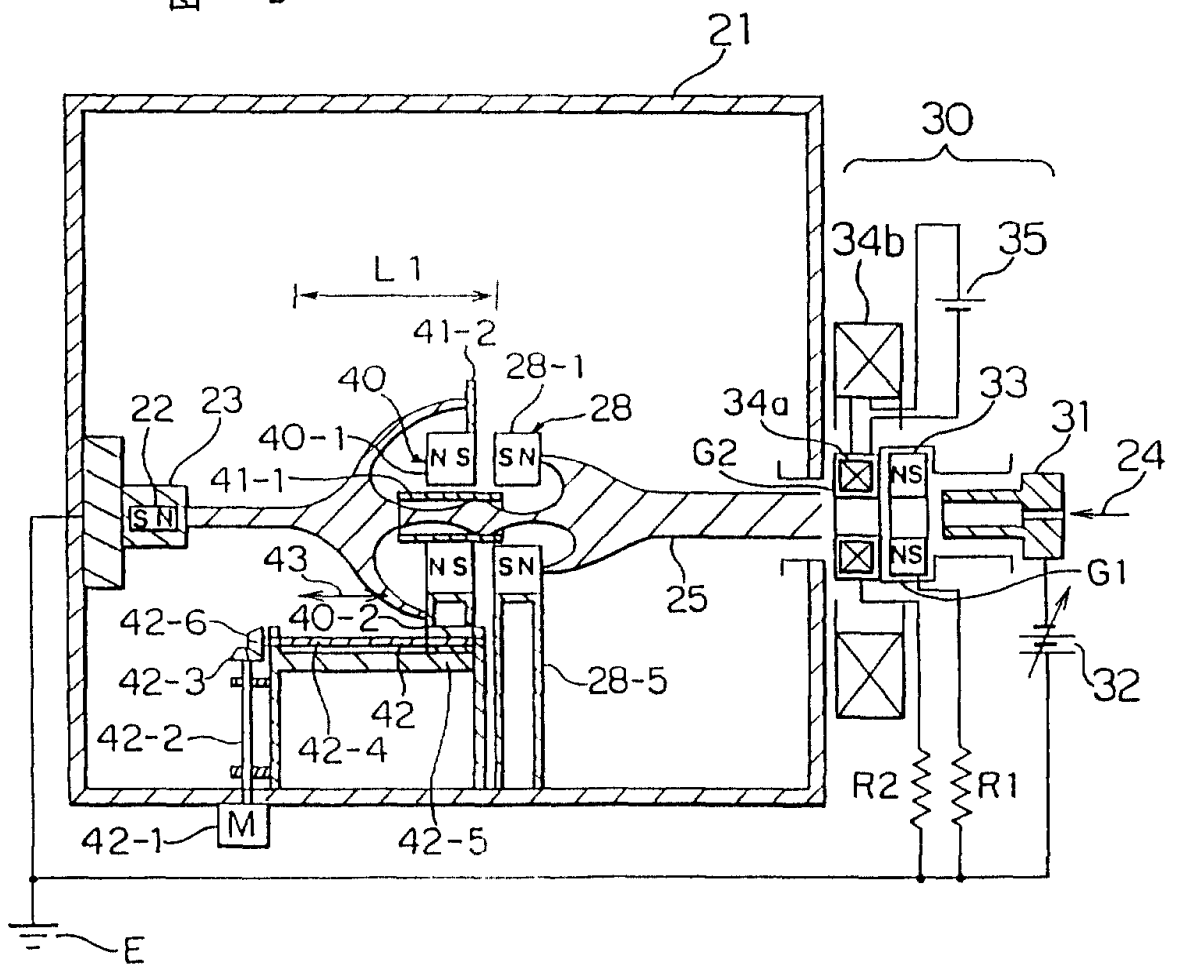


图 11

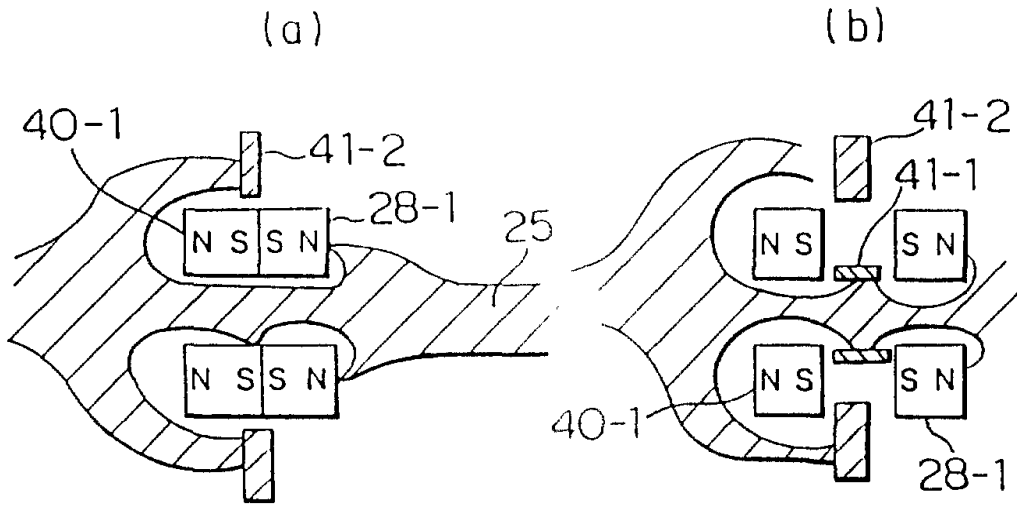
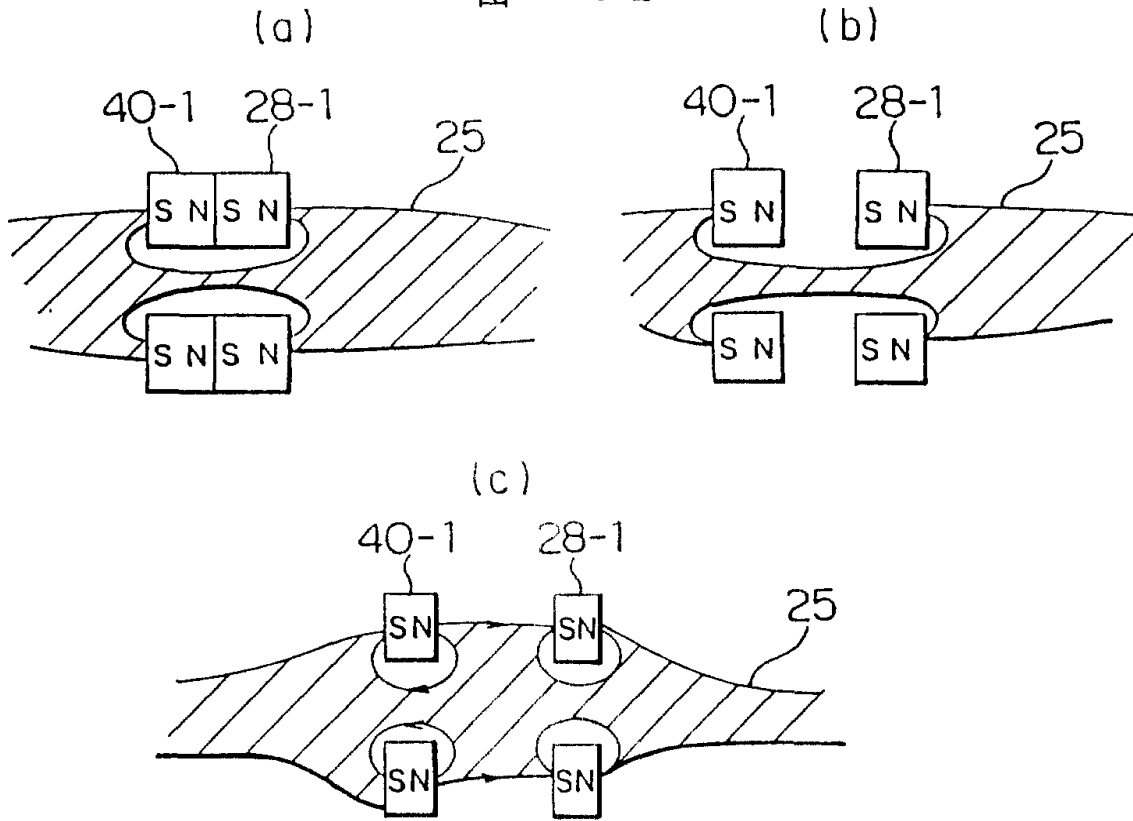


图 12





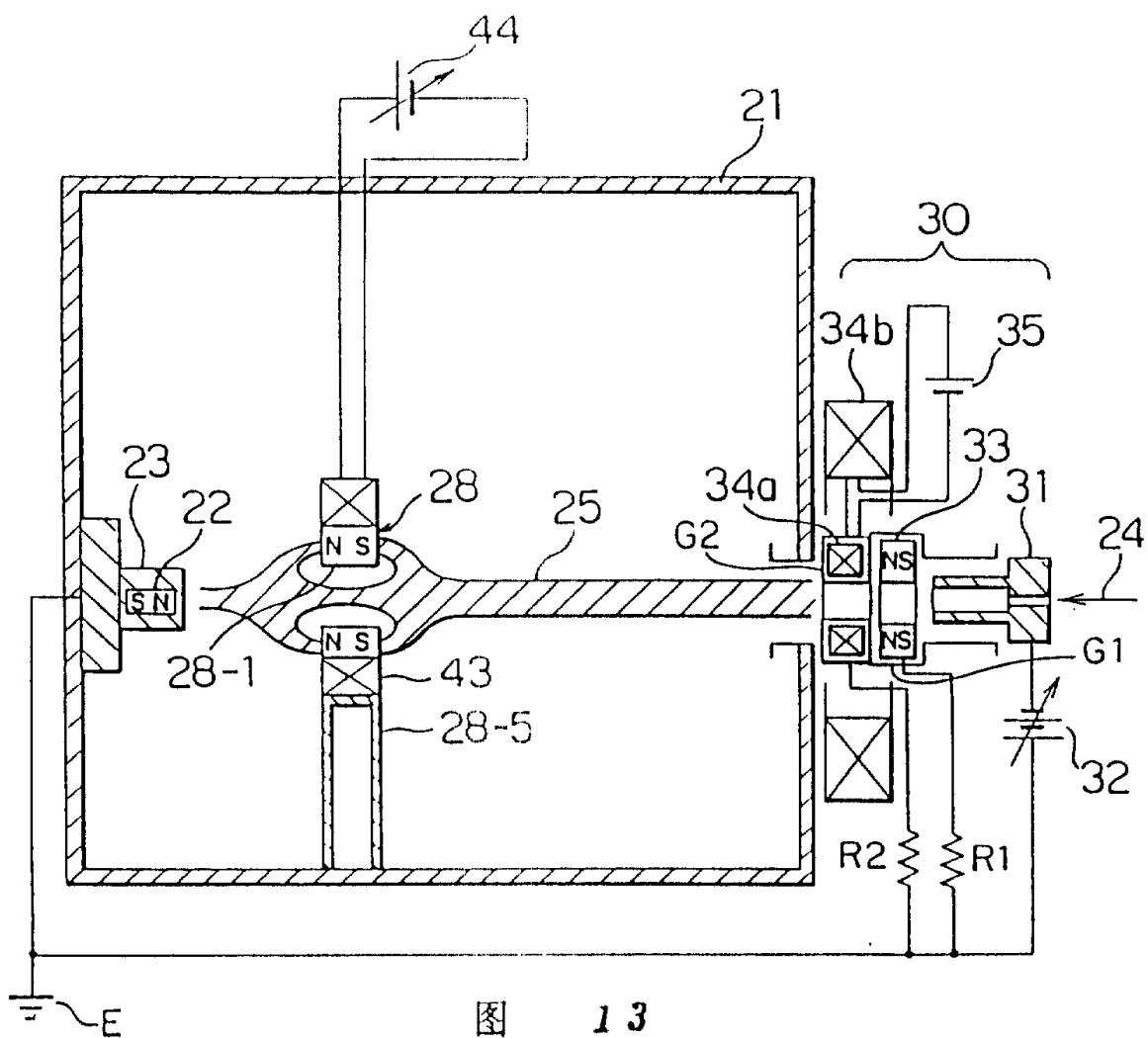


图 13

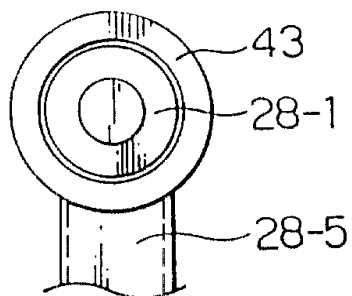


图 14

图 15

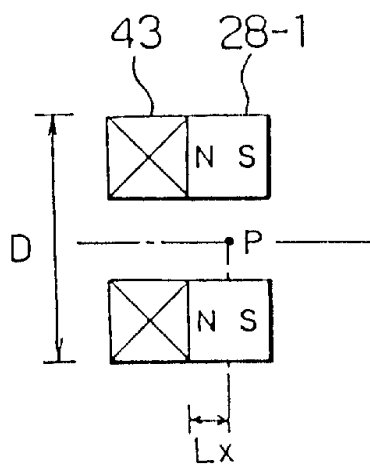


图 16

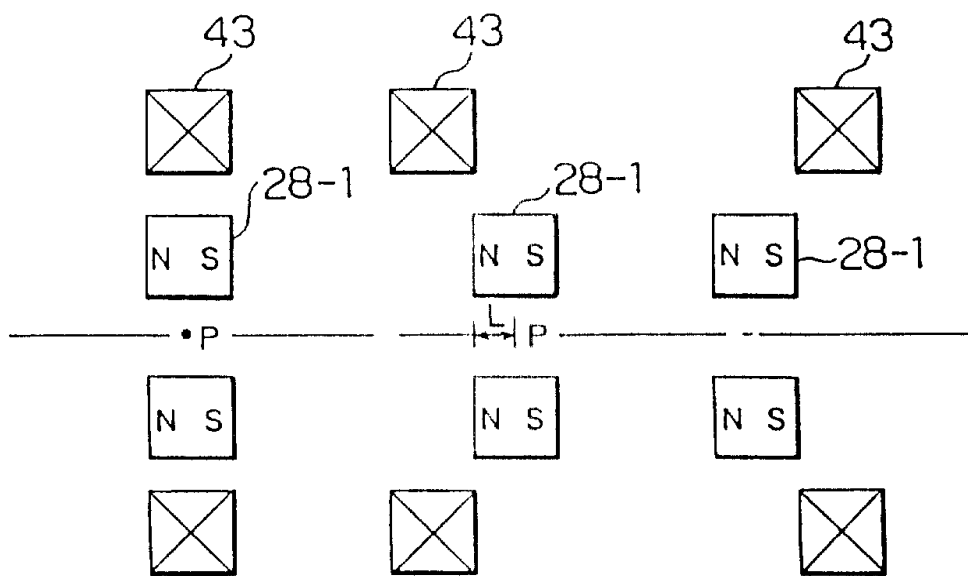
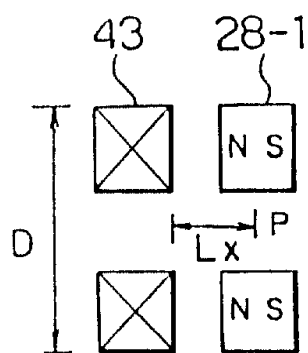


图 17

图 18

图 19

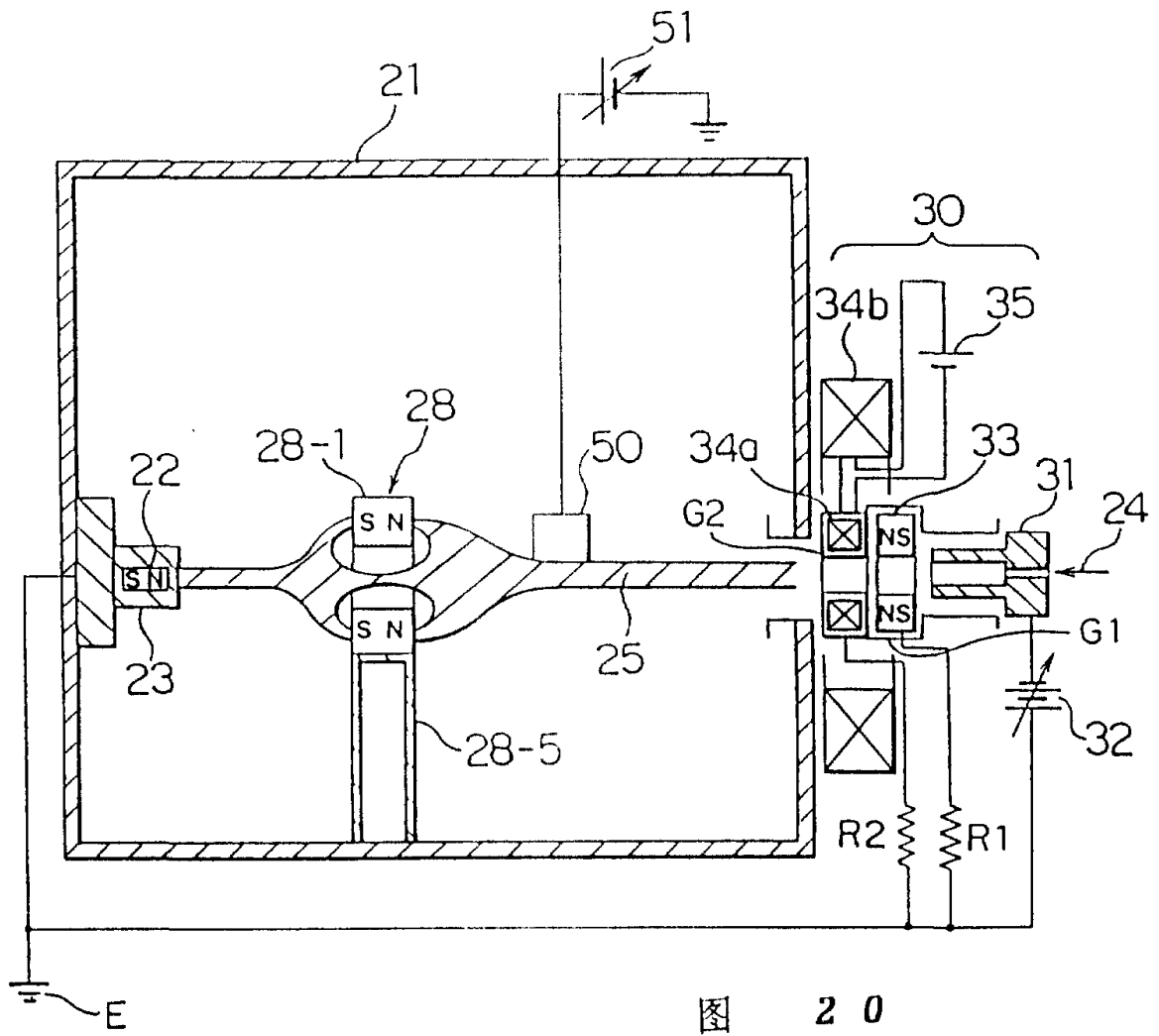


图 20

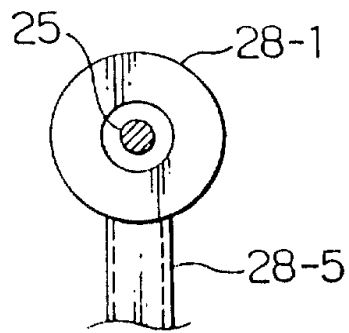


图 21

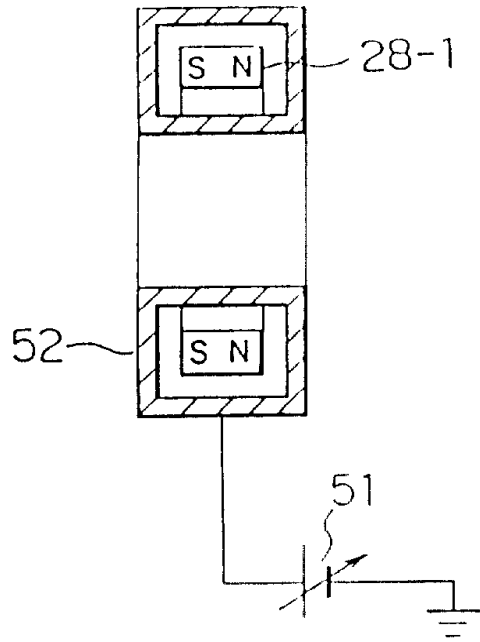


图 22

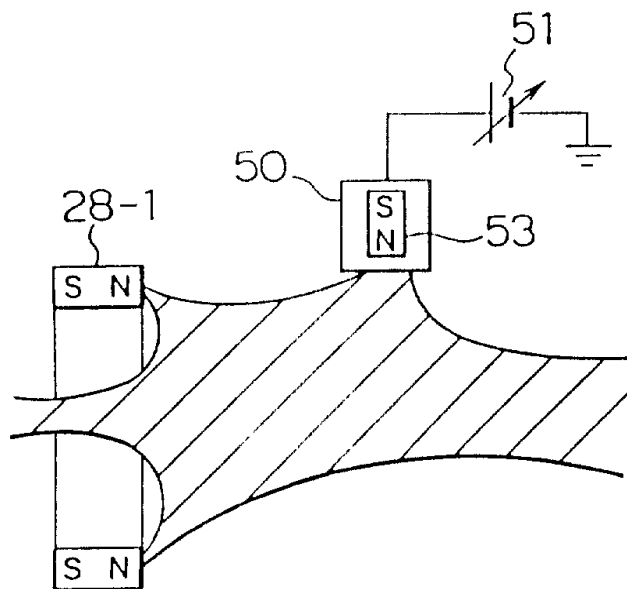


图 23