



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480009229.6

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100514539C

[22] 申请日 2004.3.12

US5192865A 1993.3.9

[21] 申请号 200480009229.6

审查员 李 莹

[30] 优先权

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司

[32] 2003.4.4 [33] US [31] 60/460,179

任公司

[32] 2003.12.10 [33] US [31] 10/732,205

代理人 林宇清 谢丽娜

[86] 国际申请 PCT/US2004/007757 2004.3.12

[87] 国际公布 WO2004/098743 英 2004.11.18

[85] 进入国家阶段日期 2005.10.8

[73] 专利权人 JEOL 美国公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 罗伯特·B·科迪

詹姆斯·A·拉腊梅

[56] 参考文献

US4546253A 1985.10.8

权利要求书 15 页 说明书 14 页 附图 11 页

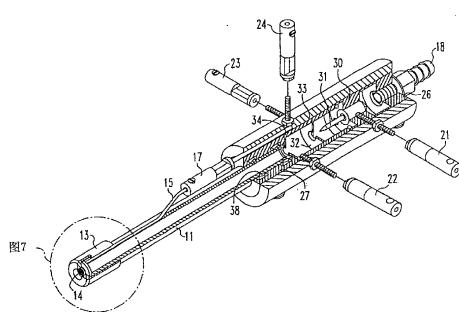
US6124675A 2000.9.26

[54] 发明名称

常压离子源

[57] 摘要

一种用于电离分析物的非放射性常压设备包括：第一常压室，具有承载气体入口、第一电极，位于一端、以及反电极，位于该室另一端，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电。可选择的，设置网格，以通过接触受激状态物质，产生电子或者离子。在常压、接近地电位情况下，含有其产生的受激状态物质或者电子的承载气射向分析物，以形成分析物离子。



1. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体入口、第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的端口，在另一端具有电极以及承载气体的出气口，确定端口的尺寸，以限制流量，所述第一电极和端口对准；以及

用于将从出气口流出的含有受激状态物质的气体与在常压和地电位的分析物相接触的装置。

2. 根据权利要求 1 所述的设备，进一步包括用于将气体引入第二常压室的装置，利用在第一常压室内产生的受激状态物质可以电离该气体，以产生正离子和电子，以致通过进一步碰撞热化该电子。

3. 根据权利要求 1 所述的设备，进一步包括网格，排列其以接触受激状态物质。

4. 根据权利要求 1 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

5. 根据权利要求 1 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

6. 根据权利要求 1 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

7. 根据权利要求 1 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

8. 根据权利要求 1 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生负分析物、碎片或者加合离子。

9. 根据权利要求 1 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室内的电极，以捕获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

10. 根据权利要求 1 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以捕获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

11. 根据权利要求 1 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

12. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体入口、其内的第一电极、以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的端口，而在另一端具有电极；

第三常压室，与第二常压室相邻，而且具有进入第二常压室的端口和承载气体的出气口，所述第一电极与端口对准；以及

用于将从出气口流出的含有受激状态物质的气体与在常压和地电位的分析物相接触的装置。

13. 根据权利要求 12 所述的设备，进一步包括用于将气体引入第二常压室的装置，利用在第一常压室内产生的受激状态物质可以电离该气体，以产生正离子和电子，以致通过进一步碰撞热化该电子。

14. 根据权利要求 12 所述的设备，进一步包括网格，排列其以接触受激状态物质。

15. 根据权利要求 12 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

16. 根据权利要求 12 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

17. 根据权利要求 12 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

18. 根据权利要求 12 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

19. 根据权利要求 12 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生负分析物、碎片或者加合离子。

20. 根据权利要求 12 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室内的电极，以捕获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

21. 根据权利要求 12 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以捕获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

22. 根据权利要求 12 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

23. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体入口、第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的端口，在另一端具有电极以及承载气体的出气口，确定端口的尺寸，以限制流量；以及

接地或者带电网格电极，位于输出端口，以便在接触受激状态物质时辐射带电颗粒，所述第一电极和端口对准。

24. 根据权利要求 23 所述的设备，进一步包括用于将气体引入第二常压室的装置，利用在第一常压室内产生的受激状态物质可以电离该气体，以产生正离子和电子，以致通过进一步碰撞热化该电子。

25. 根据权利要求 23 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

26. 根据权利要求 23 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并

通过改变气压使其加速。

27. 根据权利要求 23 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

28. 根据权利要求 23 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

29. 根据权利要求 23 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生负分析物、碎片或者加合离子。

30. 根据权利要求 23 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室内的电极，以捕获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

31. 根据权利要求 23 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以捕获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

32. 根据权利要求 23 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

33. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体入口、第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的端口，在另一端具有电极以及承载气体的出气口，确定端口的尺寸，以限制流量；以及

接地或者带负电网格电极，位于输出端口，以便在接触受激状态物质时辐射电子，所述第一电极和端口对准。

34. 根据权利要求 33 所述的设备，进一步包括用于将气体引入第二常压室的装置，利用在第一常压室内产生的受激状态物质可以电离该气体，以产生正离子和电子，以致通过进一步碰撞热化该电子。

35. 根据权利要求 33 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

36. 根据权利要求 33 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

37. 根据权利要求 33 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

38. 根据权利要求 33 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

39. 根据权利要求 33 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生负分析物、碎片或者加合离子。

40. 根据权利要求 33 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室

内的电极，以捕获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

41. 根据权利要求 33 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以捕获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

42. 根据权利要求 33 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

43. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体入口、其内的第一电极、以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的端口，而在另一端具有电极；

第三常压室，与第二常压室相邻，而且具有进入第二常压室的端口和承载气体的出气口；以及

接地或者带负电网格电极，位于输出端口，以便在接触受激状态物质时辐射电子，所述第一电极和端口对准。

44. 根据权利要求 43 所述的设备，进一步包括用于将气体引入第二常压室的装置，利用在第一常压室内产生的受激状态物质可以电离该气体，以产生正离子和电子，以致通过进一步碰撞热化该电子。

45. 根据权利要求 43 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

46. 根据权利要求 43 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

47. 根据权利要求 43 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

48. 根据权利要求 43 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

49. 根据权利要求 43 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、所述第二常压室的另一端的电极、以及所述接地或者带电网格电极上的电位，以促进产生负分析物、碎片或者加合离子。

50. 根据权利要求 43 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室内的电极，以捕获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

51. 根据权利要求 43 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以捕获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

52. 根据权利要求 43 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

53. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：  
第一常压室，具有承载气体的入口和排风口、其内的第一电极、

以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

第二常压室，与第一常压室相邻，而且在一端具有进入第一常压室的流量限制端口而在另一端具有电极，而且具有用于可选择的冷却反应气体的入口和出口；

第三常压室，与第二常压室相邻，而且具有进入第二常压室的流量限制端口，而且具有分析气体或者蒸气的入口和出口；以及

承载气体和分析气体或者蒸气的相互作用的电离产物的出气口，所述第一电极和端口对准。

54. 根据权利要求 53 所述的设备，进一步包括网格，排列其以接触受激状态物质。

55. 根据权利要求 53 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

56. 根据权利要求 53 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

57. 根据权利要求 53 所述的设备，其中第二常压室内的电极是透镜电极。

58. 根据权利要求 53 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

59. 根据权利要求 53 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生

负分析物、碎片或者加合离子。

60. 根据权利要求 53 所述的设备，其中以负电位偏置第二常压室内的电极，以陷获正电子并排斥自由电子，从而使离子源处于负离子模式。

61. 根据权利要求 53 所述的设备，其中以正电位偏置第二常压室内的电极，以陷获负电子并排斥正离子物质，并使受激状态物质通过，从而使离子源处于正离子模式。

62. 根据权利要求 53 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

63. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

第一常压室，具有承载气体的入口、其内的第一电极、以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

至少一个中间常压室，与第一常压室相邻，而且所述中间常压室之一具有进入第一常压室的流量限制端口，而且具有用于可选择的冷却反应气体的入口；

最终常压室，与所述中间常压室之一相邻，具有进入中间常压室的端口，而且具有分析气体或者蒸气的入口；以及

承载气体和分析气体或者蒸气的相互作用的电离产物的出气口，所述第一电极和端口对准。

64. 根据权利要求 63 所述的设备，进一步包括网格，排列其以接触受激状态物质。

65. 根据权利要求 63 所述的设备，进一步包括用于调节所述第一

电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以控制电离电子能量的速度的装置。

66. 根据权利要求 63 所述的设备，包括用于调节承载气体压力，以控制电离电子能量的速度的装置，因为承载嵌入气流内的电子，并通过改变气压使其加速。

67. 根据权利要求 63 所述的设备，其中调节所述第一电极、所述反电极、以及所述第二常压室的另一端的电极上的电位，以促进产生正分析物、碎片或者加合离子。

68. 根据权利要求 63 所述的设备，其中位于第二常压室的另一端的电极连接到电源，该电源可以转换该电极的极性而不改变第一电极和反电极的极性，因此可以迅速将该设备从正离子模式变更为负离子模式，反之亦然。

69. 一种产生用于光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入第一常压室，第一常压室具有第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，而且对第一电极和反电极施加电位，以在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

将承载气体和亚稳物质引入第二常压室，其中亚稳物质与承载气体发生反应，以产生正离子和热化电子；以及

使第二常压室出来的承载气体接触保持在常压和地电位的反应物，以形成分析物离子、分析物碎片离子和/或者分析物加合离子。

70. 根据权利要求 69 所述的方法，其中承载气体是氦气，而使第一电极保持比负 400 伏更负，而且使反电极保持在地电位。

71. 根据权利要求 69 所述的方法，其中承载气体是氦气，而使第

一电极保持比正 400 伏更正，而且使反电极保持在地电位。

72. 根据权利要求 69 所述的方法，其中承载气体是氮气，而且第一电极比负 1,200 伏更负，而且使反电极保持在地电位。

73. 根据权利要求 69 所述的设备，其中承载气体是氮气，而且第一电极比 1,200 伏更正，而且使反电极保持在地电位。

74. 一种产生用于进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入第一常压室，第一常压室具有第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，而且对第一电极和反电极施加电位，以在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

将承载气体和亚稳物质引入第二常压室，其中亚稳物质与承载气体发生反应，以产生正离子和热化电子；

将承载气体、正离子和/或者热化电子引入第三常压室；以及

将气态分析物或者汽化分析物引入第三常压室，以形成分析物离子、分析物碎片离子和/或者分析物加合离子。

75. 根据权利要求 74 所述的方法，其中承载气体是氦气，使第一电极保持比负 400 伏更负，而且使反电极保持在地电位。

76. 根据权利要求 74 所述的方法，其中承载气体是氦气，使第一电极保持比正 400 伏更正，而且使反电极保持在地电位。

77. 根据权利要求 74 所述的方法，其中承载气体是氮气，第一电极比负 1,200 伏更负，而且使反电极保持在地电位。

78. 根据权利要求 74 所述的设备，其中承载气体是氮气，而且第一电极比正 1,200 伏更正，而且使反电极保持在地电位。

79. 一种产生用于进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入第一常压室，第一常压室具有第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，而且对第一电极和反电极施加电位，以在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

使承载气体和亚稳物质射向被偏置的网格电极，以产生电子或者离子；以及然后

在常压下，使承载气体接触反应物，以形成分析物离子、分析物碎片离子和/或者分析物加合离子。

80. 一种产生用于对在常温和地电位的表面上的分析物进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入第一常压室，第一常压室具有第一电极，位于一端、以及反电极，位于另一端，而且对第一电极和反电极施加电位，以在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；

使承载气体和亚稳物质射向以负电位偏置的网格电极，从而导致在被亚稳物质冲击时，发出电子；以及然后

使承载气体和发出的电子射向在常压和地电位的表面，以形成分析物离子、分析物碎片离子和/或者分析物加合离子。

81. 一种用于替换带电颗粒检测器内的放射源的方法，包括：

除去放射源，并利用用于电离分析物的非放射性常压设备代替它，该非放射性常压设备包括：

第一常压室，具有承载气体入口、其内的第一电极、以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生放电；以及

至少一个中间常压室，与第一常压室连通，而且具有进入第一常压室的流量限制端口，并具有分析气体或者蒸气的入口，以及与带电颗粒检测器连通的出气口。

82. 一种产生用于对在常温和地电位的表面上的分析物进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括同时使用一个以上的如权利要求 1 所述的非放射性常压电离设备的步骤。

83. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

常压室，具有承载气体入口、以及用于在承载气体中产生亚稳中性受激状态物质的装置；以及

用于使含有受激状态物质的气体接触在常压和地电位的分析物的装置。

84. 一种用于电离分析物的非放射性常压设备，包括：

常压室，具有承载气体入口、以及用于在承载气体中产生亚稳中性受激状态物质的装置；以及

接地或者带电网格电极，用于在接触受激状态物质时，发出改变的颗粒；以及

用于使含有所述带电颗粒的气体接触在常压和地电位的分析物的装置。

85. 一种用于产生进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入常压室，而且在所述承载气体中产生亚稳常压中性受激状态物质；以及

使来自该室的承载气体接触以常压和地电位保持的分析物，以形成分析物离子、分析物碎片离子和/或者分析物加合离子。

86. 一种产生用于进行光谱分析的分析物、分析物碎片和/或者分析物加合离子的方法，包括步骤：

将承载气体引入常压室，以产生亚稳中性受激状态物质；

使承载气体和亚稳物质射向被偏置的网格电极，以产生电子或者离子；以及然后

---

使承载气体接触在常压下的反应物，以形成分析物离子、分析物  
碎片离子和/或者分析物加合离子。

## 常压离子源

### 相关专利申请的交叉引用

该专利申请公开了 2003 年 4 月 14 日提交的第 60/460,179 号临时专利申请公开的主题，而且要求基于 35 U.S.C. §119 (e) 的优先权。

### 技术领域

本发明涉及利用亚稳原子和分子常压电离分析物。亚稳原子和分子 ( $M^*$ ) 是长寿命受激状态物质。在电晕放电或者辉光放电时，产生亚稳物质。产生受激状态物质的其他方法包括电子碰撞、光电离以及高能颗粒与反应物的相互受控作业。受激状态物质与基态物质之间的撞击可能导致基态物质电离，而且因为被称为彭宁 (Penning) 电离的过程释放电子，例如：



等式 1

### 背景技术

因为使用诸如  $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{241}\text{Am}$  和  $^3\text{H}$  的放射性材料产生的调整问题和安全问题以及其他问题，所以要寻找用于诸如离子迁移率光谱分析仪 (mobility spectrometer) 的分析仪器的非放射性离子源。(请参考 Tuner 等人的标题为 “Corona Discharge Ion Source for Analytical Instruments” 的第 6,225,623 号美国专利和 Doring 的标题为 “Ion Mobility Spectrometer with Non-Radioactive Ion Source” 的第 2002/0185593 号美国专利申请公开。)

常压电离 (API) 质谱仪或者离子迁移率光谱分析仪 (IMS) 或者化学试剂监测器 (CAM) 的某种现有电晕放电离子源使分析物 (包括溶剂、空气和其他污染物) 进入含有放电探针的区域。这样产生了几个问题：

1. 在空气中存在氧或者其他污染物导致电极降质。
2. 难以在存在污染物时保持放电，要求高电位或者脉冲电位。
3. 空气中的电晕放电导致形成诸如  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  以及有关簇离子 (cluster ion) 的物质。这些离子可以降低反应物离子的灵敏性 (C.A.Hill 和 C.L.P. Thomas, Analyst, 2003, 128, pp.55-60)，而且可能干扰检测诸如硝基炸药的含有硝基官能团的反应物产生的  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ ，或者氯化物离子干扰氯酸盐推进剂和火箭发动机或者磷酸盐干扰化学战有关的化合物的情况。
4. 使空气和分析物进入放电区限制了用于控制化学背景的性质从而控制离子形成化学性质的概率。

Taylor 等人的标题为 “Corona Discharge Ionization Source” 的第 5,684,300 号美国专利和 Turner 等人的标题为 “Corona Discharge Ionization Source for Analytical Instruments” 的第 6,225,623 号美国专利描述了电晕放电离子源，但是没有描述用于将产生放电的区域与引入分析物的区域分离开的装置。还请参考 Zhao 等人的论文 “Liquid Sample Injection Using Atmospheric Pressure Direct Current Glow Discharge Ionization Source” Anal. Chen., 64, pp.1426-1433, 1992。

Bertrand 等人的标题为 “Metastable Atom Bombardment Source” 的第 6,124,675 号美国专利公开了一种在质谱仪内以降低的压力工作、用于产生离子的亚稳原子源。所公开的设备基本上要求降低的压力，而未描述将亚稳原子用于常压电离质谱仪或者离子迁移率光谱分析仪的装置。

Tsuchiya 等人的标题为 “Apparatus for Producing Sample Ions” 的第 4,546,253 号美国专利描述了一种利用亚稳原子由在位于电晕放电的下游的辐射源 (emitter) 探针尖端引入的样品产生离子的方法。这种技术要求将样品放置在强电场辐射源探针之上或者附近。请参考 Otsuka 等人的论文 “An Interface for Liquid Chromatograph/Liquid

Ionization Mass Spectrometer” Analytical Sciences, Vol. 4, October 1988。本发明避免使用位于电晕放电源的下游的高电位辐射源探针。此外，本发明提供了一种用于采样中性分析物分子，而不限制重新定位它们位于其上的表面中的分析物的装置。例如，可以直接采样纸币中的柯卡因以及军事领域表面中的化学/生物战制剂，而且不需要擦洗原处，或者溶剂冲洗该表面。在每次重新定位样品时，分析物分子均丢失（对于水平扫描浓度为 30% 至 100%）。因此，始终优选进行直接表面采样。

## 发明内容

概括地说，根据本发明，提供了一种常压电离源或者接口，包括：第一常压室，具有承载气体入口、第一电极、以及反电极，用于在产生亚稳中性受激状态物质的承载气体内产生电晕放电或者辉光放电；第二常压室，具有与第一室连通的端口；以及可选择的第三常压室，具有与第二室连通的端口，存在位于第二室与第三室之间的所述端口的透镜电极，第三室具有承载气体的出气口和位于该出气口上的可选择的电极。将放电限制在第一室内。第一电极优选与端口基本对准。设置电源，以分别在每个电极上保持选择的电位。在第二室或者第三室的出口，可以存在导电的网格。有利的是，第三室可以是可拆卸地插入第二室的插口内的细长玻璃管。

常压源或者接口可以用于形成用于以正离子模式或者负离子模式工作的分光仪或者其他仪器的正离子或者负离子。通常，在分析物接触受激状态物质时，同时产生负离子和正离子。某些分析物是亲电子的，因此，趋向于捕获电子，以产生带负电分析物离子，这样可以检测和识别这些分析物。其他分析物具有质子或者正离子亲和性，因此，例如，通过采集质子 $[M+H]^+$ ，被电离。这样引导选择以正离子模式或者负离子模式工作的仪器。

电源优选使透镜电极以及该电极位于出气口，以在不转换第一电

极和反电极的情况下，转换极性。这样可以在正离子模式与负离子模式之间迅速选择电离源。必须使第一电极和反电极保持足以产生放电的电位。反电极还用于过滤电离物质。产生放电所需的第一电极与反电极之间的电位差取决于承载气体和第一电极的形状，因此，通常是几百伏，比如 400 或者 1,200 伏。但是，对于小电子结构，例如平板等离子体屏幕电视使用的电子结构，小电压足够了。第一电极，例如，探针电极可以具有正电位或者负电位。反电极通常接地，或者其极性与探针电极的极性相反。这是以正离子模式工作或者以负离子模式工作的情况。在正离子模式下，透镜电极可以在地电位与正几百伏之间，以滤除承载气体内的负离子。此外，在负离子模式下，该透镜电极在地电位与负几百伏之间，以滤除承载气体中的正离子。

根据本发明第一实施例，靠近以正离子模式工作的带电颗粒检测器，例如，质谱仪、离子迁移率光谱分析仪，或者化学试剂监测器的入口，上面的段落描述的装备设置了第三室出口。以正离子模式设置电极。含有受激状态物质、从第三室的出气口排出的气体通过或者位于靠近以负离子模式工作的检测器的入口的分析物。承载气体内的亚稳物质与该分析物反应，以形成正离子，从而进行分析。分析物分子发生离子分子反应，以形成诸如 $[M+H]^+$ 的物质。例如，分析物的形式可以是通过开口的蒸气、位于表面上的固态形式或者吸入液体的形式。

根据本发明第二实施例，上述装备设置了靠近进入带电颗粒检测器的入口的第三室的出口。以负离子模式设置电极。含有受激状态物质、从第三室的出气口排出的气体通过或者位于靠近以负离子模式工作的检测器的入口的分析物。承载气体内的亚稳物质与该分析物反应，以形成负离子，从而进行分析。例如，分析物的形式可以是通过开口的蒸气、位于表面上的固态形式或者吸入液体的形式。

根据本发明第三实施例，以“嗅探器”模式使用上述装备，其第

三室的出口靠近带电颗粒检测器的入口。出口的电极可以包括网格，而且保持地电位或者负电位，或者处于利用直流电压偏置的 AC 电位，以使反应物质离解，从而保证作为亚稳物质的电子源碰撞网格。通过与气体分子碰撞，获得的电子被迅速冷却（降温）到热能。以负离子模式设置电极。含有受激状态物质、从第三室的出气口排出的气体通过或者位于常压分析物，而不位于强磁场内，但是靠近带电颗粒检测器的，例如，其中之一以负离子模式工作的质谱仪或者离子迁移率光谱分析仪的入口。承载气体内的电子被分析物捕获，以形成通过气体碰撞冷却的负离子。例如，分析物的形式可以是通过开口的蒸气、位于表面上的固态形式或者吸入液体的形式。

除了网格电极保持为正，而且从出口排出的气体与分析物形成正离子，从而在正离子模式下进行分析之外，第四实施例与“嗅探器”模式的第三实施例相同。

根据本发明第五实施例，提供了一种常压电离源或者接口，它包括：第一常压室，具有承载气体入口、其内的电极、以及反电极，用于在产生亚稳物质、离子、电子、热原子和分子以及原子团（radical）的承载气体内产生放电；第二常压室，与第一室相邻，而且具有进入第一室的端口，具有用于冷却反应气体的可选择的入口和可选择的出口；以及第三常压室，与第二室相邻，而且具有进入第二室的端口以及承载气体的入口和亚稳物质的相互作用电离产物的出口，该电极与各端口大致对准。

根据本发明第六实施例，提供了一种常压电离源或者接口，它包括第一室，具有承载气体入口、其内的电极、以及反电极，用于在产生亚稳物质的承载气体内产生辉光放电或者电晕放电；以及第二室，与第一室相邻，而且具有电子和/或者亚稳物质的出气口，该电极与各端口大致对准。

在该说明书和所附权利要求使用的常压意味着接近环境压力，比如 400 至 1,400 托。这可以包括加压飞行器和潜没的潜艇。对于实验室应用，环境压力可以降低到 700 至 800 托的范围内。

在引入接口之前，或者在位于接口上时加热承载气体，以便从表面上将分析物汽化或者解吸为气相。优选提供一种可调的调节器，用于从承载嵌入气流内的电子并通过改变气压使其加速开始，调节气压，以控制电离电子能量的速度。

#### 附图说明

根据下面参考附图所做的详细说明，本发明的进一步特征和其他目的和优点变得显而易见，附图包括：

图 1 是根据本发明包括对准室 C1、C2 和 C3 的常压源的原理图；

图 2 是与质谱仪有关的常压源的原理图；

图 3 是包括 3 个室以及用于将亚稳物质变换为电子的格栅的常压源或者设备的原理图；

图 4 是仅具有两个室的简化常压设备的原理图；

图 5 是以 2:1 比例示出的根据本发明常压接口或者设备的透视图；

图 6 是与图 5 相同的剖开透视图；

图 7 是图 6 所示透视图的细部图；

图 8 是根据本发明的常压设备或者常压源的电源的电路原理图；

图 9 是进入图 2 所示室 C1 的放电区的氮承载气体的质谱；

图 10 是其中室内空气引入图 2 所示室 C1 内的氮承载气体流的质谱；

图 11 是其中室内空气引入图 2 所示室 C3 内的质谱；

图 12 是引入室 C3 内的 diethylmethylphosphonothiolate 的质谱；

图 13 是引入室 C3 内的六氟苯的质谱；

图 14 是其中消除了背景离子、与图 9 所示质谱类似的质谱；

图 15 是其中空气引入室 C3 内的质谱；

图 16 是其中硝基苯引入室 C3 内的质谱；

图 17 和 18 分别是硝基甲烷和硝基苯的正离子质谱；

图 19 是使用图 3 的原理图所示接口的空气质谱；

图 20 是使用图 3 的原理图所示接口的磷酸甲乙酯的质谱；

图 21 是使用图 3 的原理图所示接口的磷酸二乙甲酯 (DEMP) 的质谱；

图 22 是使用图 3 的原理图所示接口的 DEMP (正离子) 的质谱；

图 23 是使用图 3 的原理图所示接口的 TNT (负离子) 的质谱；

以及

图 24(a)是沉积在航空登机通道上的 TNT 的质谱，而图 24(b)是该登机通道的质谱。在登机通道靠近该源时，对基线产生正偏差。

### 具体实施方式

图 1 利用原理图示出本发明通用的实现。例如，该设备在第一常压室 C1 内设置了 N 个对其施加电位的探针电极，承载气体通过入口 G1 引入该第一常压室 C1 内，而从气密出口 O1 流出。电极 N 可以是点、线、面或者弯曲的电极。探针电极是点电极的一个例子，而调整翼 (trim blade) 是线电极的例子。的确，在第一常压室内存在同一种极性的多个探针或者其他电极，这种排列对化学试剂监测器尤其有用。在使用多个电极 (N) 时，可以观察到检测灵敏性相应提高。反电极 E0 含有孔，气体和充电颗粒可以通过该孔。设置电位（例如，地电位），以在电极 N 与反电极 E0 中间产生电晕放电或者辉光放电。该电极可以是建立负电位的阴极，或者是建立正电位的阳极。在放电过程中，形成正离子、电子以及亚稳受激状态原子。附加电极 E1 位于可选择的第二室 C2 的出口，该第二室 C2 具有密闭气体入口 G2 和密闭气体出口 O2。电极 E1 还确定第三室 C3 的入口，最终电极 E2 位于第三室 C3 的出口。

在一个当前实现中，承载气体以正压从汽缸进入室 C1。这样使亚稳受激状态原子进入室 C2 和 C3。在该实现中，各室的体积约为 1

立方厘米。各室之间的小孔的直径约为 3 mm，而且以约每分钟几毫升数量级流过该小孔。

本申请人使用的承载气体是氦气和氮气。P-10 气体（90%氩气 + 10%甲烷）和 He/Ne 混合气体是可能的承载气体。此外，还可以考虑氩气和氪气。的确，其亚稳状态高于分析物的状态的任何气体或者混合气体均是可能的承载气体。

在室 C1 内发生电晕放电或者辉光放电。在室 C1 和室 C3 之间，室 C2 提供可选择的缓冲区，而且可以可选择的引入单独冷却气体或者反应气体。例如，冷却气体包括利用亚稳原子可以电离以产生正离子或者电子的气体。通过进一步撞击可以热化该电子。二氧化碳、甲烷以及空气是冷却气体的例子。反应气体是利用离子分子反应适当区别离子高峰的气体。通常，可以将少量反应气体，例如，氨（促进铵离子吸附到正离子上），或者产生氯化物离子（例如，负离子的二氯甲烷、氯仿（chloroform）或者四氯化碳）的气体添加到冷却气体中。添加氯化物离子显示将检测多硝基炸药显著增强几个数量级。可以将分析物引入室 C3，通过电极 E2 上的端口将分析物的离子提取到质谱仪常压接口内，或者提取到离子迁移率光谱分析仪漂移区内。可以加热该设备，或者其任意部分，以有助于在低气压下分析化合物并减少样品转移。

图 2 示出如果承载气体（例如，氮气或者氦气）流入第一室 C1、通过中间室 C2，然后，通过电极 E2 内的端口从最终室 C3 流出，用于比较操作的常压电离源的特定配置。所有气体出口 O1、O2 和 O3 均被关闭，而且利用隔膜密封入口 G3，以利用气密注射器注入分析物蒸气。离子和亚稳气体分子沿从探针电极 N 的中轴通过电极 E0、E1 和 E2 上的端口流动。

本申请人利用其实现本发明的承载气体是氦气和氮气。它们二者

都具有高第一电子电离电位，而且在室温和室压下，不与其他元素或者化合物发生反应。因为该原因，其他惰性气体，例如，氩气，氪气和氙气是适当的承载气体。

根据本发明的放电是电晕放电或者辉光放电。显然，在放电过程中，电子被加速进入承载气体的原子或者分子，导致附加电子自由，而且以梯级方式加速。除了使电子自由和产生正离子外，碰撞使能量传递到原子和分子，以产生亚稳受激状态物质。辉光放电是发光放电，而且不通过气体发火花。电晕是在高压下、靠近电导体表面的微弱辉光。通常，辉光放电要求高电位，以启动，但是保持低电压，然后，“击穿”。探针电极的电源的内部电阻和其他因素限制放电电流。根据本发明，不能是可能导致溅蚀或者产生弧光的高电流。

图 2 的原理图所示的设备位于 JEOL AccuTOF<sup>TM</sup> 飞行时间 (time-of-flight) 质谱仪的常压接口的入口锥形（“小孔”）。在地电位操作该小孔。氮气通过入口 G1 进入第一室 C1，然后，从电极 E2 的出口流出。将探针电极 N 设置为足以启动气体放电的值（通常是 900 V 至 1,500 V），而将电极 E0、E1 和 E2 设置为地电位。图 9 所示的质谱显示出承载气体内的背景离子。主要由室 C1 的放电区内的杂质产生离子。根据标称质量测量，可以指定它们的元素成分。

表 1

标称质量	成分
26	CN <sup>-</sup>
35	<sup>35</sup> Cl <sup>-</sup>
37	<sup>37</sup> Cl <sup>-</sup>
42	CNO <sup>-</sup>
45	HCO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
46	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
59	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
60	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
61	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
62	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

图 10 和 11 示出本发明的好处。图 10 示出通过入口 G1 将 3 cc 室内空气喷射到的氮气流中的效果。请注意， $\text{NO}_2^-$  和  $\text{NO}_3^-$  的高丰度 (abundance)。相反，如果通过 G3 将 3 cc 室内空气喷入室 C3，则产生的主要物质是  $\text{O}_2^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^-$ 、 $\text{HO}_3^-$  以及  $\text{HCO}_4^-$ ，如图 11 所示。在这种情况下，不产生大量  $\text{NO}_2^-$  或者  $\text{NO}_3^-$  或者有关族离子。

如果将亲电子的分析物引入入口 G3，则可以观察到特性离子。对于 diethylmethylphosphonothiolate[ $\text{M-C}_2\text{H}_5$ ]，可以通过直接电离和碎化分析物产生这些离子，如图 12 所示，或者通过在室 C3 内使分析物离子与其他物质发生反应可能产生它们，如图 13 中的六氟苯所示。该图示出加合 (adduct) 离子，例如， $[\text{M}+\text{N}]^-$ 、 $[\text{M}+\text{O}_2]^-$  以及  $[\text{M}+\text{NO}_2]^-$ 。通过控制室 C3 内的中性环境 (利用掺杂或者选择分析物承载气体或者溶剂)，可以控制离子形成过程。

在负离子模式下，如果电极 E1 或者 E2 升高到更正电位 (请参考图 14，图 14 示出具有陷获的负离子的空气的质谱)，可以从质谱中消除图 13 所示的背景离子。然而，将反应物注入入口 G3 内也产生大反应物信号，因为在室 C3 内仍存在亚稳原子。

如等式 1 所示，利用彭宁电离过程，亚稳原子产生电子，然后，通过在几纳秒内在常压下与气体分子碰撞，获得的电子被迅速冷却到热能。利用亲电子反应物捕获这些电子，以产生分析物离子。该分析物离子可以进一步与室 C3 内的物质反应，以产生获得的质谱。不需要通过端口 G3，将该分析物引入室 C3 内。例如，仅通过使气流对准美钞、农作物叶子、人指尖、混凝土、沥青或者机票表面上的分析物，就可以远程采样分析物。

如果将离子源偏置到比质谱仪接口的小孔负的更负电位，则负离子被吸引到该小孔，而且信号强度大于 10 倍。

关于检测硝基甲烷，说明本发明的良好选择性。如果将空气注入现有技术源的电晕放电区，则形成大量  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  和有关族离子（cluster ion）。这示于图 10，而且如果希望检测诸如硝基甲烷或者硝基炸药的硝基化合物产生的  $\text{NO}_2^-$  和  $\text{NO}_3^-$ ，则这不是希望的结果。然而，如果根据本发明将空气喷入室 C3 内，则观察到不显著的  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ （参考图 15），但是  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  是通过入口 G3 喷入硝基苯时产生的主要物质（请参考图 16）。

通过转换质谱仪的极性，可以观察到正离子。硝基甲烷（图 17）和硝基苯（图 18）的正离子质谱示出包括最具诊断性的有用  $[\text{M}+\text{H}]^+$  离子。不需要改变探针电极 N 和反电极 E0 的电位，因为在负电位和正电位下探针电极 N 均形成亚稳原子。因此，可以在正离子模式与负离子模式之间迅速转换离子源，而无需高压转换，高压转换需要在熄火之后重新起动气体放电的时间。在正离子模式下，希望偏置电极 E1 和 E2，以致电极 E2 的电位比小孔的电位更正，因此，增大了小孔的离子流。

其他操作模式也是可以的。可以将在室 C1 内放电产生的电子引入室 C2，然后，将它冷却到热能，以利用室 C3 内的分析物分子进行电子捕获。对于低温（subambient）压力下工作的而且连接到传统的高真空质谱仪离子源的亚稳原子离子源，Leymarie 和合作者（N. Leymarie, J.-C. Tabet 和 M. Bertrand，在美国质谱仪学会 2000 年的年会上发表）报告了有关实验。然而，该报告要求减压源，而且未描述在常压下与 API 质谱仪或者离子迁移率质谱仪组合使用离子源。本发明利用常压冷却室 C2 的超高电子冷却效率。在一种实现中，将利用亚稳原子可以电离的气体，例如， $\text{CO}_2$  引入室 C2，在该室 C2 内，进一步冷却发射的电子。

图 3 和 4 示出其中铜网孔板 40 用于由亚稳物质 41 产生电子的常

压接口的原理图。已知亚稳 (metastable) 原子和里德伯 (Rydberg) 原子通过导电网孔释放电子。可以使该网孔保持在某个电位，该电位相当于到质谱仪接口 42 的小孔为负。负电位排斥电子，离开该网格或者网孔，以致该电子使分析物电离。在这种情况下，分析物不被引入室 C3，但是通过在接口与质谱仪之间的敞开空间内电离，以“嗅探器 (sniffer)”模式进行分析。该空间接近地电位，或者至少不处于强电场内。该建立对负离子质谱仪特别有效，但是对正离子质谱仪也有效。还可以相对于 E2 正偏置网孔，以积聚带正电的物质，例如，正电子或者质子。

在“嗅探器”模式下，始终存在空气。图 19 所示的质谱显示负离子模式下的空气背景光谱。通过在靠近常压接口的出口和质谱仪的入口的空间内放置分析物的开式指管 (open vial)，产生磷酸甲乙酯和 diethylmethylphosphonothiolate 的光谱 (图 20 和图 21 所示)。以同样的方式获得 diethylmethylphosphonothiolate 的正离子模式光谱 (图 22 所示)。

图 23 示出 TNT 的负离子光谱。通过进一步进行研究，溶解 700 纳克的 TNT，然后，将它们放置在航空登机通道上，使它们干燥一周。在负电位网格情况下，在“嗅探器”模式，该通道位于常压接口的正面。观察到质谱 (图 24 (b)) 和 IMS 光谱 (图 24 (a))。

现在参考图 5，根据本发明的常压离子设备的物理配置 (如图 3 的原理图所示) 可以包括管式非导电外壳 10，可以由 Teflon<sup>®</sup>型塑料 (良好的耐温性)、陶瓷材料或者其他非导电材料制造该管式非导电外壳 10。从外壳的一端延伸的是一次性 (disposable) 玻璃管内插件 11，其非导电端件 13 用于使网孔电极或者网格 14 保持在适当位置。利用绝缘导线 15，将网孔电极 14 连接到外壳上的微型插孔 17。在外壳 10 的对端是包括连接器 18 的承载气体入口，连接器 18 具有用于使柔性管滑板保持在其上的波纹面。微型插孔 21、22、23 和 24 通过外壳，

用于在外壳 10 内将引线从电源连接到各电极。

现在参考图 6，外壳的内部被划分为第一室和第二室。在每个轴线的端部，将空心插塞固定到外壳上。在入口端，插塞 26 具有用于容纳入口连接器 18 的线状物。在出口端，插塞 27 设置内部圆环槽，用于容纳维通 O 环 (Viton O-ring) 38，该维通 O 环 38 与玻璃管内插件 11 隔离。非导电隔片 30 保持探针电极 31，探针电极 31 连接到微型插孔 21，而且确定产生电晕放电和辉光放电的第一室。导电隔片与电极护板 32 位于外壳内，而且与支持该探针的非导电隔片相邻。导电隔片 32 连接到微型插孔 23。非导电隔片 33 位于外壳内，而且与导电隔片 32 相邻，以确定第二室。另一个导电隔片与电极护板 34 位于非导电隔片 33 附近，以确定第二室的轴向出口端。导电隔片 34 邻接玻璃管内插件 11. 该导电隔片连接到微型插孔 22。微型插孔 24 与在轴向延伸到外壳的出口端的电导管连通，其中它连接到微型插孔 17。

参考图 7，更详细示出具有非导电端件 13 的玻璃管的端部。非导电端件 13 使网格与直接节点分离，在网格使难以接触高压。该端件的孔使受激状态气体逃逸，以电离分析物。铜洗器 39 (参考图 7) 邻接玻璃管的端部，而且与引线 15 焊接在一起。对着该铜洗器固定的是网格电极 14。空心玻璃管 11 和网格电极 14 确定第三室。

参考图 8，利用原理图示出常压离子源的电源的例子。AC 电流通过开关 S<sub>1</sub> 和保险丝 F<sub>1</sub>，然后，被施加到转换开关电源 SPS。15 伏 DC 输出施加到滤波电容器 C<sub>1</sub> 至电流调节器 CR。通过滤波电容器 C<sub>2</sub> 至高压直流变换器 DC-HVDC 施加调整的电流。通过限流电阻器 R<sub>1</sub>，对该电极施加该设备的高压，用于产生电晕放电或者辉光放电。15 伏的输出还施加到多个通用大电流正电压调节器 VR。该电压调节器的输出施加到滤波电容器 C<sub>3</sub>，以使电流通过高压直流变换器 DC-HVDC<sub>2</sub>。该变换器的输出施加到分压器 R<sub>7</sub>，该分压器 R<sub>7</sub> 用于调节透镜电极的电位。电源设计领域的技术人员明白如何配置负输出电位电

路。

在此描述的常压离子源用于将离子引入质谱仪和离子迁移率光谱分析仪，用于检测并识别感兴趣的分析物，例如，药品、炸药、化学武器、有毒工业材料等。它是非放射性的，而且在顶空进样过程中，它保证迅速采样气体和蒸气。它还可以迅速直接采样表面上的化学品。该特征使得在此描述的离子源非常有效地代替 IMS 检测器上的辐射源。

可以有效同时使用在此描述的一个以上的离子源或者设备。例如，本申请人已经进行了其中同时使用两个离子源对质谱仪提供离子的实验。在一种情况下，利用两个离子源，以正离子模式分析丙酮。使用两个离子源的离子流接近单独使用离子源的总离子流。在另一个实验中，以负离子模式检测氧离子。此外，使用两个离子源的离子流接近单独使用离子源的总离子流。

在此使用的“常压电离源”是不需要真空泵的电离源。当然，分析器（质谱仪）可以要求真空泵，但是可以以稍许高于和低于常压的压力，形成离子。

尽管根据专利法的具体要求详细说明了本发明，但是下面的权利要求限定专利证书要求保护的内容。

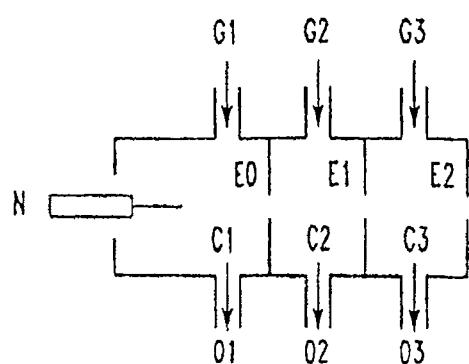


图1

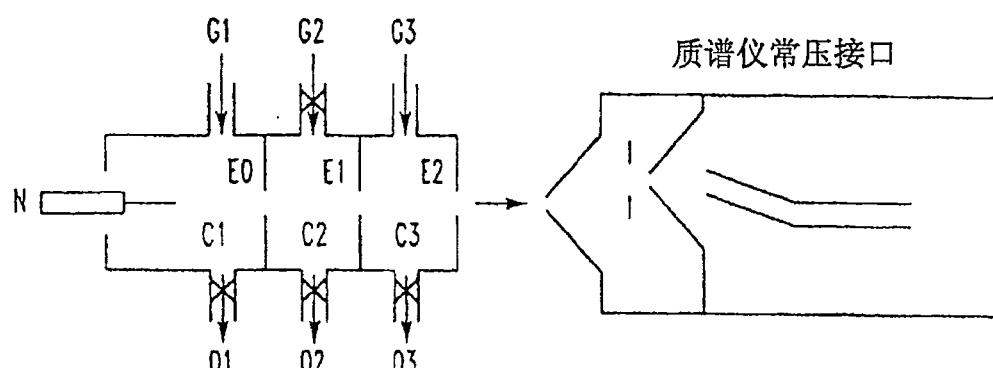


图2

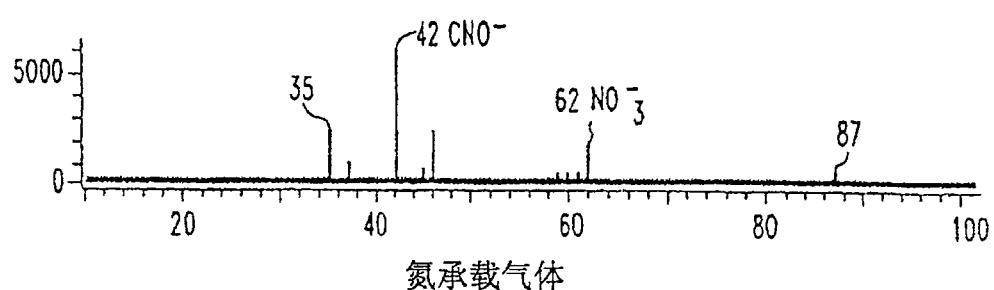


图9

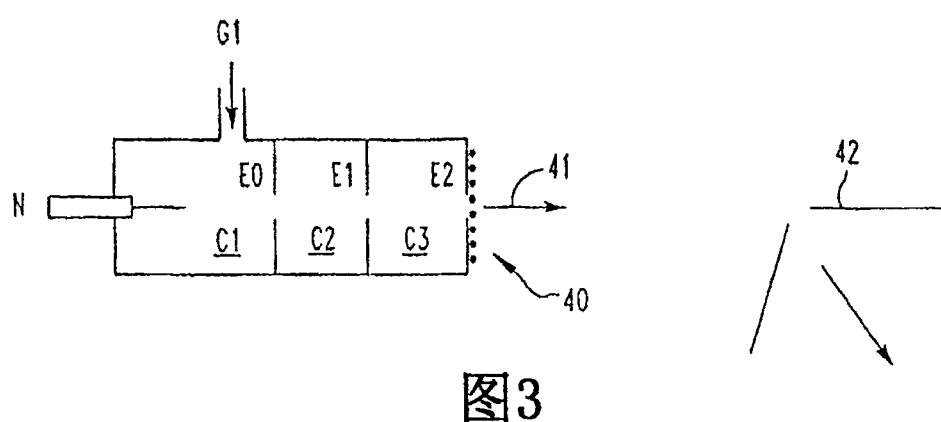


图3

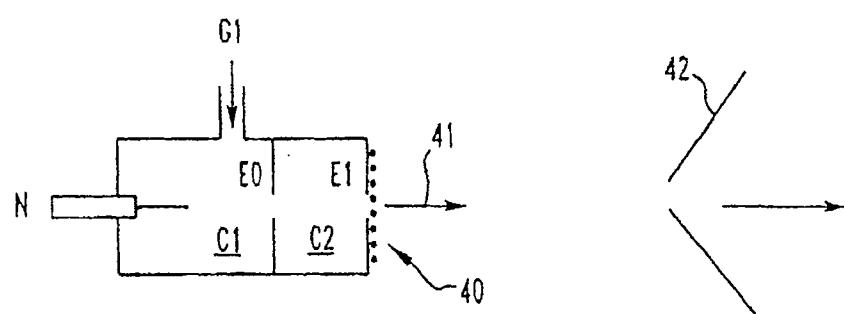


图4

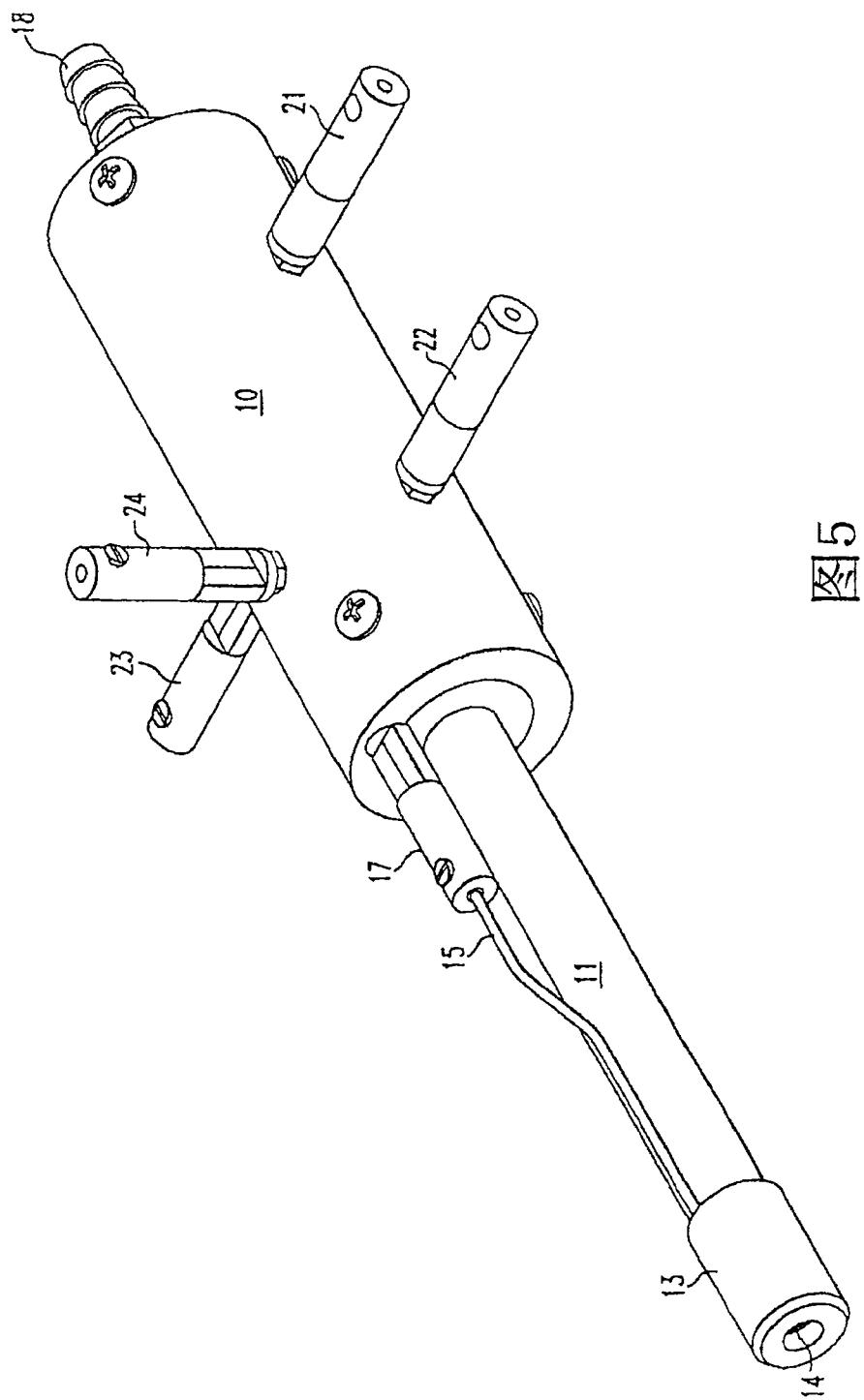
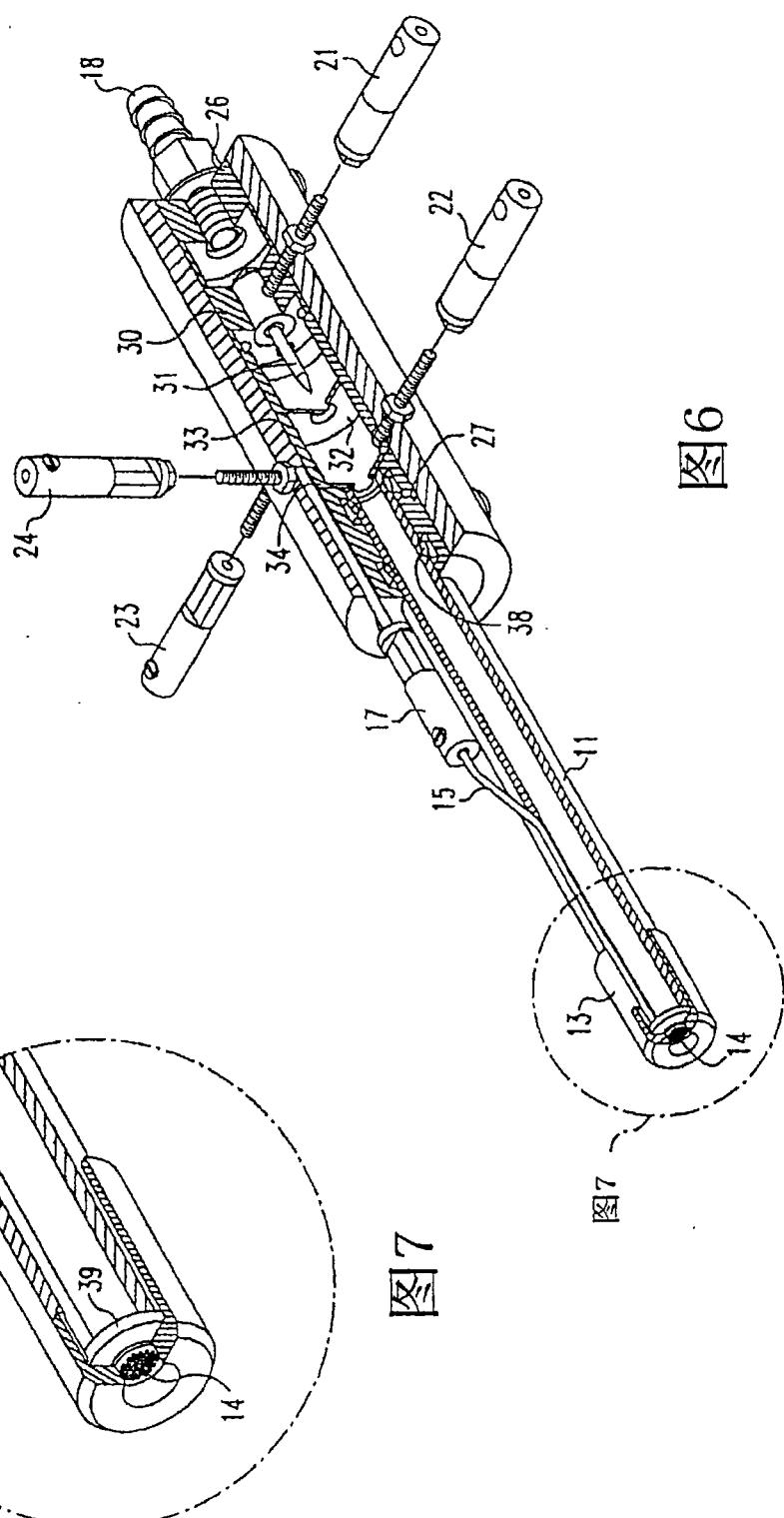


图5



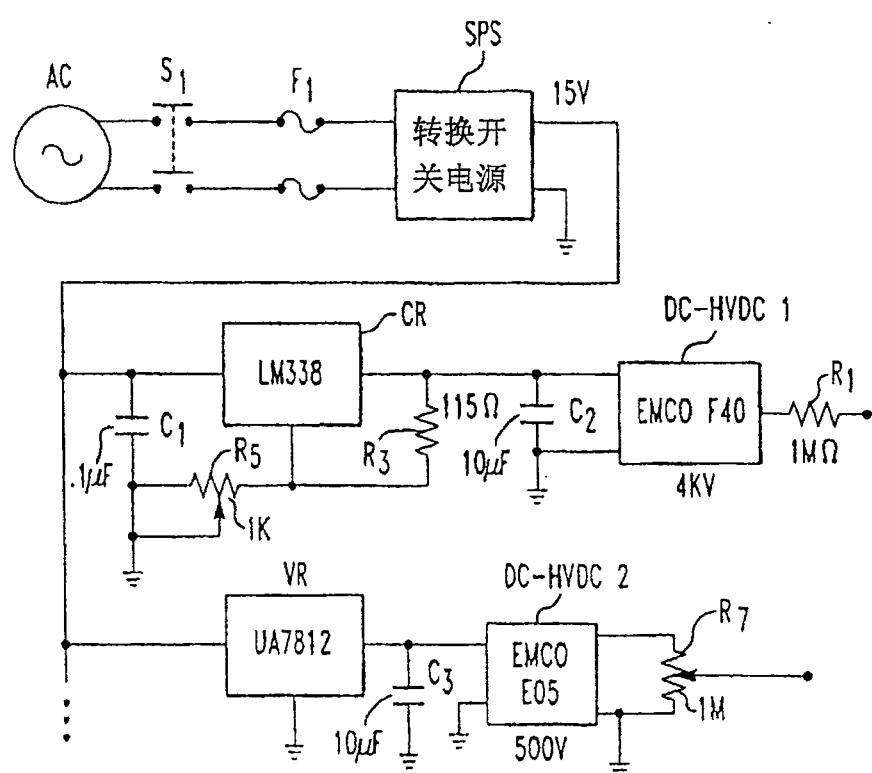


图8

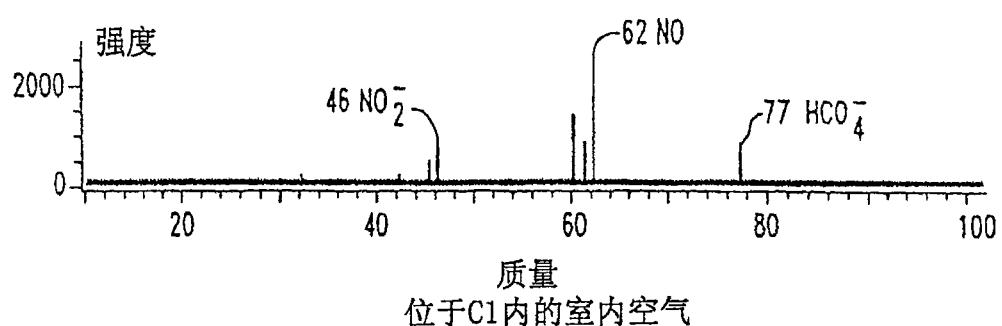


图10

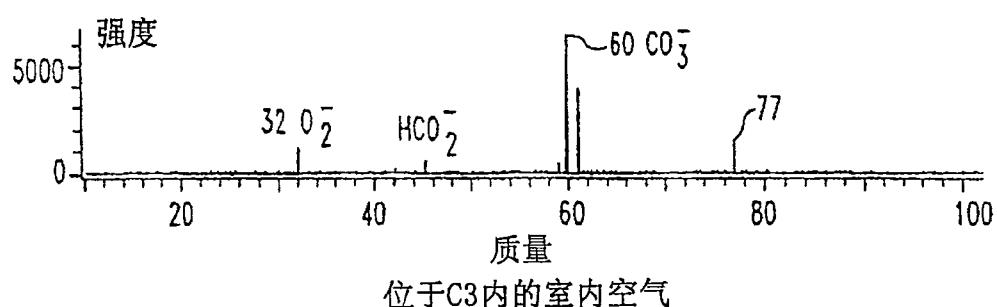


图11

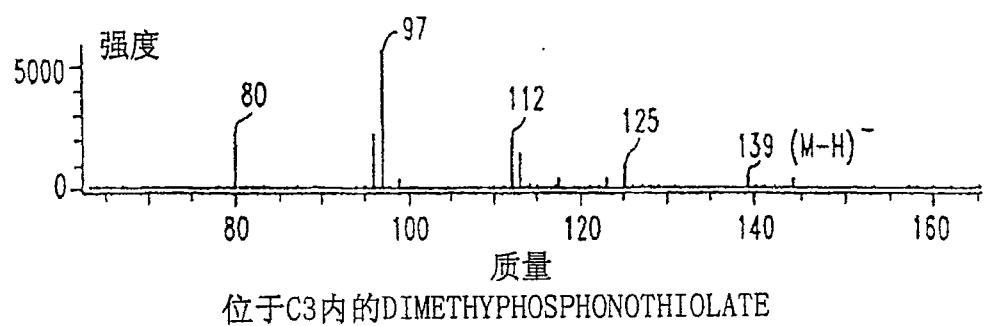


图12

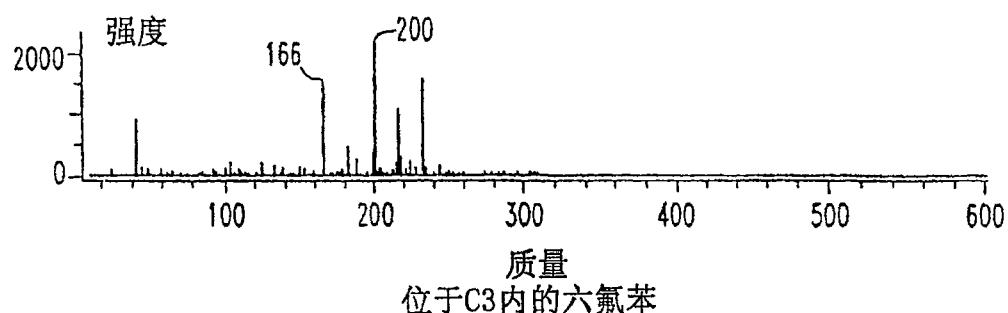


图13

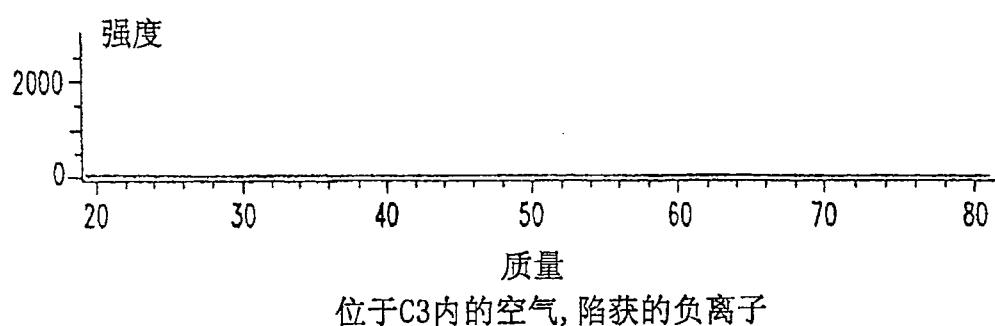


图14

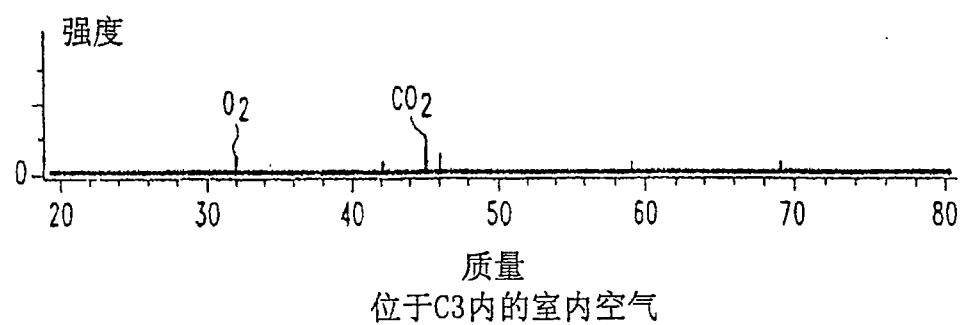


图15

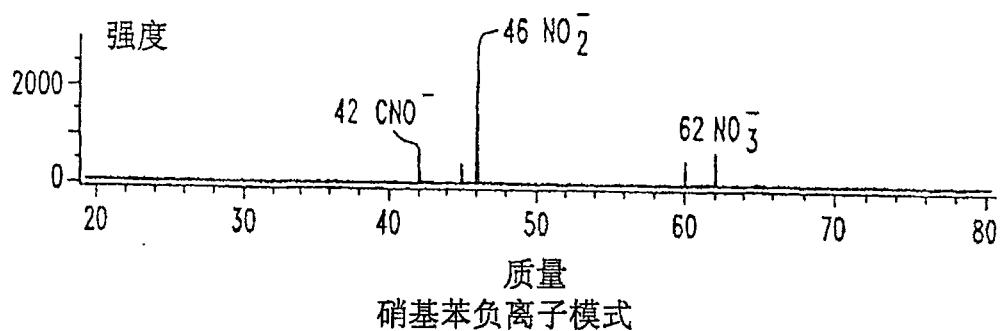


图16

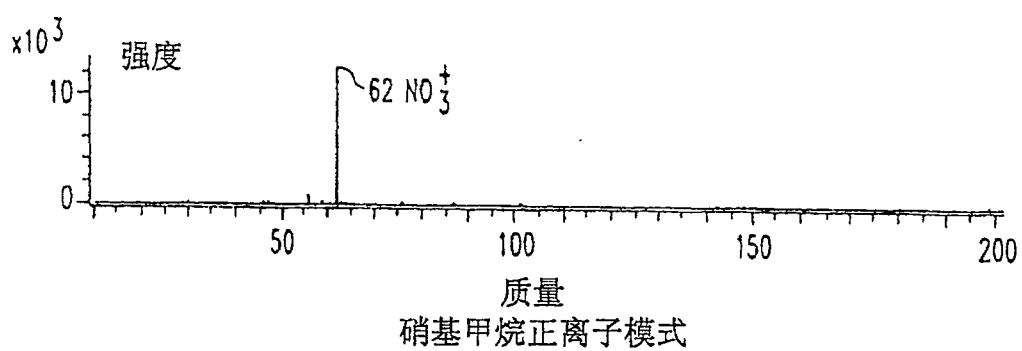


图17

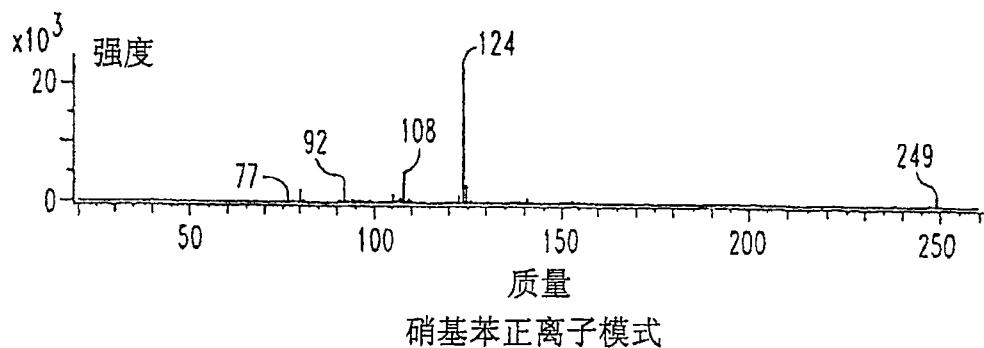


图18

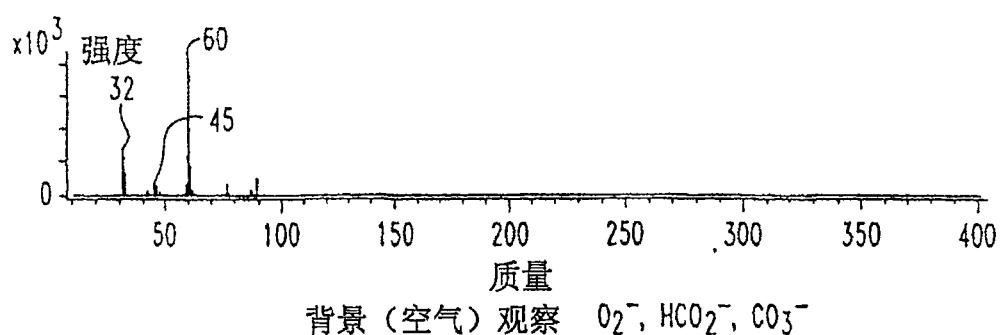


图19

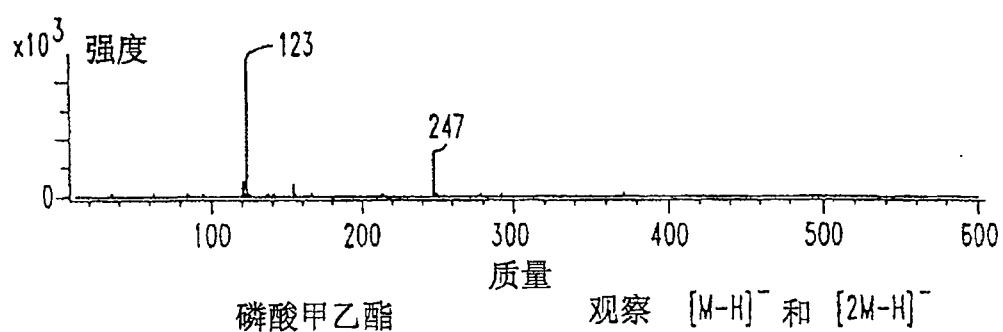


图20

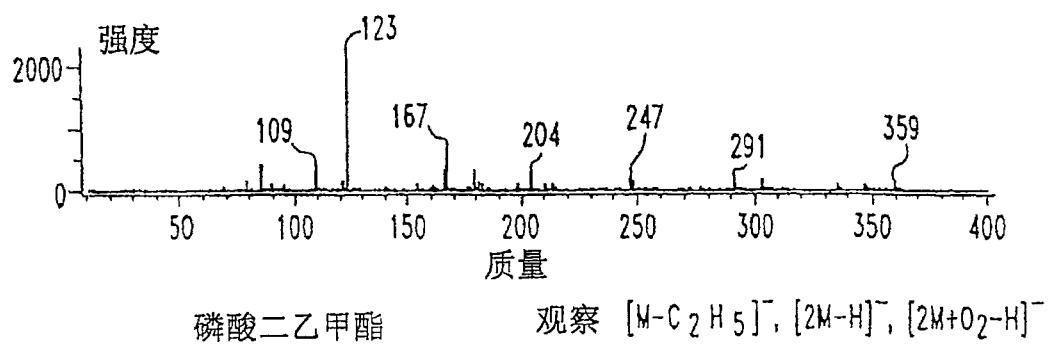


图21

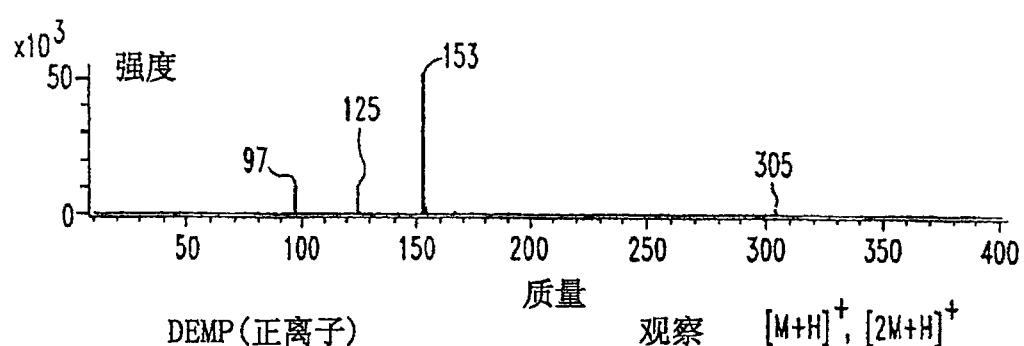


图22

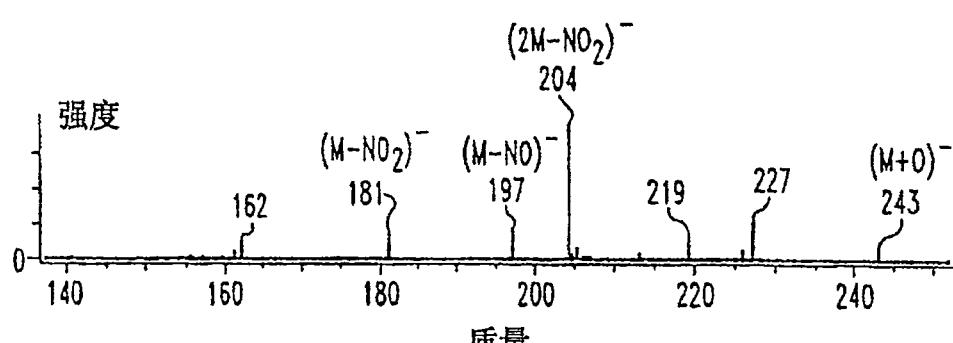


图23

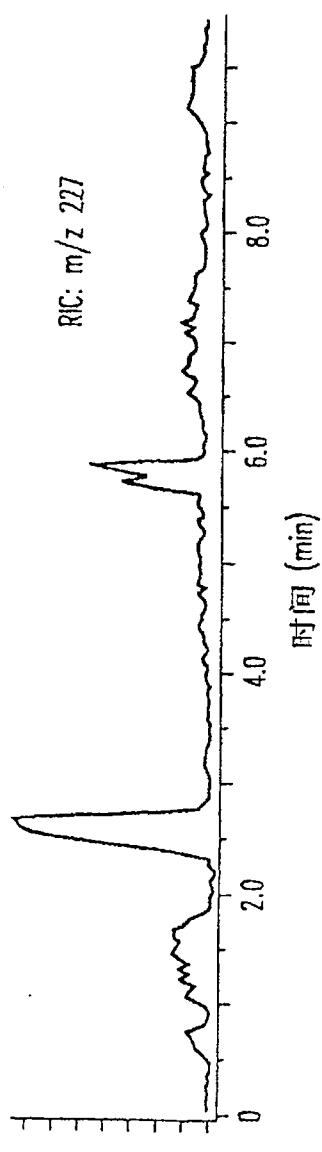


图24 (a)

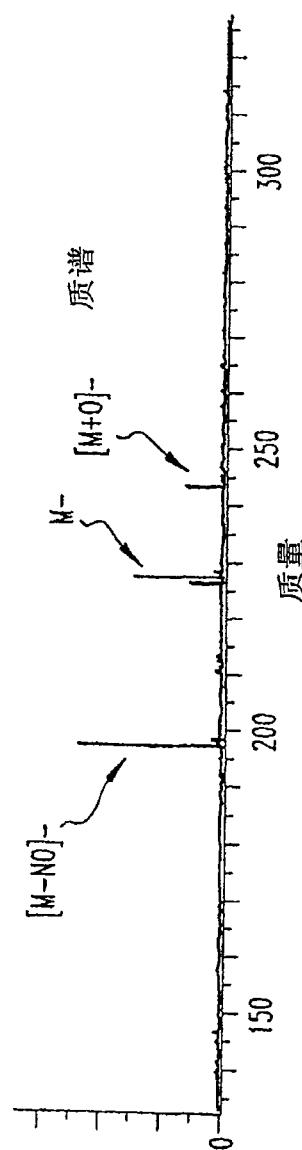


图24 (b)