

作者:

Chung Ryu

Sooyoung Yoon

PerkinElmer 发现&amp;分析解决方案

韩国首尔, 邮编:08380

## 利用MRS和多重四级杆 电感耦合等离子体质谱仪 (NexION 5000)对49% 氢氟酸试样的直接分析

### 1. 前言

在半导体工艺中, 氢氟酸 (Hydrofluoric acid, HF) 是在晶片清洁和蚀刻工艺中所必需的化学品, 并且根据所采用的工艺特性, 需要所含的无机杂质含量低于ppt级别的超高纯度产品。目前国内半导体工艺中使用的氢氟酸产品的浓度为49%, 其无机成分杂质

含量级别约为1ppt。在这种超高纯无机成分分析中, 应用最普遍的是电感耦合质谱仪 (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS), 为了将高含量氢氟酸基质的物理影响最小化, 经过3倍至5倍的稀释过程后, 再进行分析。然而, 这种稀释等预处理过程的应用不可避免地带来了污染问题。为此, 需要配备昂贵的洁净室 (10级以下)、管理预处理设备及容器等, 但这会导致与控制污染相关的成本增加, 还可能成为分析结果错误的主要原因。因此, 为了得出稳定、可靠的分析结果, 最佳的方法是省略预处理等可能影响试样中杂质含量的所有污染过程, 直接分析 49% 的氢氟酸本身。然而, 直接分析49%原液状态的氢氟酸需要解决诸多问题, 例如, 将氢氟酸原液直接引入ICP-MS等离子体时, 目标分析元素的电离率低下的问题; 氢氟酸介质不分解所致的ICP-MS耐久度问题; 以及大量氟成分可能引起的化学干扰问题等。此时, 珀金埃尔默公司的NexION 5000, 多重四级杆 (Multi-Quadrupole, QQQQ) 电感耦合质谱仪的应用可能是最佳选择, 其采用基于选择性化学反应概念并消除干扰为目的的UCT技术 (通用池技术, 原DRC), 在所有目标分析元素的分析过程中允许使用热等离子体, 从而同时且根本上解决质量重叠所致的化学干扰 (多原子干扰) 及物理干扰问题。另外, 如果引入可选择性去除氢氟酸介质的附加装置, 即可使分析能力倍增。本应用中使用珀金埃尔默的QQQQ ICP-MS (NexION 5000) 和基质去除设备MRS (Matrix Removal System, MRS100), 将氢氟酸中所含的44种元素作为研究对象, 证明该仪器的分析能力。

2. 材料与方法

2-1 分析仪器

本实验使用了珀金埃尔默NexION 5000 QQQQ-ICP-MS, 其搭载了UCT技术(专门适用于热等离子体分析条件及消除化学干扰(质谱干扰))和多重四极杆(Multi-Quadrupole), 适用于半导体工业中超痕量无机分析。试样导入装置使用了珀金埃尔默公司的MRS(Matrix Removal System, MRS100), 能够选择性地只去除无机试样中的介质, 另外中心管(1.5mm)、采样锥、截取锥均使用了铂材质的标准品。

2-2 试剂和样品

用于检出限(DL, Detection Limit)和49%氢氟酸原液杂质含量计算的标准品的制备, 利用珀金埃尔默半导体实验室自制的18.27M Ω阻抗高纯度超纯水以及珀金埃尔默公司多元素校验标准液 3, 4, 5 (10ug/ml)产品, 最终稀释成5, 10, 20, 40 ppt(pg/g)。此时, 在最终浓度的标准曲线中, 一些元素在超纯水介质中可能以不稳定的状态存在, 因此使用前制备成1ppb的中间液(1%硝酸基体)作为标准使用液。所使用的氢氟酸(HF, 49%, Spec. <50ppt), 采购半导体级产品后, 在实验室内利用PFA(全氟烷氧基聚合物)材质的蒸馏装置进一步提纯使用。

2-3 分析条件

鉴于49%原液状态的氢氟酸试样的特点, 本实验在热等离子体条件下, 对所有目标分析元素进行分析, 从而使氢氟酸对个别目标分析元素的物理干扰最小化。同时, 使氢氟酸分子结构的分解最大化, 尽可能减轻对ICP-MS硬件的损害。即, 本应用技术的开发过程中, 优先考虑了尽可能将背景等效浓度降低至最小状态、且最大化热等离子体的应用优势的分析条件。为此, 通过初步引入MRS并优化运行条件, 使氢氟酸介质与目标分析元素进行分离, 最小化氢氟酸介质所带来的影响。另外, 射频功率设为1600W, 等离子气流量和辅助气流量分别设为最小流量, 即15L/min和 0.8L/min, 排除了氢氟酸介质所致的残余影响。并且, 仅在标准模式和NH3-DRC模式下完成所有分析。

下列表1是此时应用的NexION 5000 QQQQ-ICP-MS运行条件。

表1 ICP-MS 设备设置

ICP-MS仪器	NexION 5000
等离子体条件	
射频功率	1600 W
等离子体气体流量	16 L min <sup>-1</sup>
辅助气体流量	1.2 L min <sup>-1</sup>
雾化气体流量	0.65 mL min <sup>-1</sup>
稀释气体流量 (N2)	0 L min <sup>-1</sup>
质谱仪方法参数	
扫描方式	跳峰
驻留时间	50 ms
扫描次数	30
读数	1
重复次数	3
标准条件设定	
碰撞室入口电压 (Q3模式)	-9 V
碰撞室出口电压 (Q3模式)	-3 V
Q1轴向补偿交流电压(Q3 模式)	-24 V
Q1 轴向补偿电压(Q3 模式)	-11 V
反应池偏置电压 (CRO)	-35 V
Q3 轴向补偿交流电压	-11 V
Q3 轴向补偿电压	-5.5 V
动态反应池条件设定	
碰撞室入口电压 (MSMS模式)	-3 V
碰撞室出口电压 (MSMS模式)	-6 V
Q1轴向补偿交流电压(MSMS模式)	-3 V
Q1轴向补偿电压 (MSMS模式)	-2 V
反应池偏置电压 (CRO)	-4.5 V
Q3轴向补偿交流电压	-20.5 V
Q3轴向补偿电压	-19.5 V
常见条件设定	
超截取锥电压	5.75 V
OmniRing电压	-155 V
内透镜电压	1 V
外透镜电压	-22 V
偏转四级杆出口电压	-2.5 V
微分光圈电压	-2.5 V

利用四极杆型电感耦合等离子体质谱仪(Quadrupole ICP-MS)对半导体工艺中管理的氢氟酸内所含的超痕量级别44种元素时, 常见的干扰源来自于分析环境、试样及气体等, 例如, 氩气、碳、氧及氟为主要干扰源, 因此对于<sup>24</sup>Mg<sup>+</sup>, <sup>27</sup>Al<sup>+</sup>, <sup>39</sup>K<sup>+</sup>, <sup>40</sup>Ca<sup>+</sup>, <sup>48</sup>Ti<sup>+</sup>, <sup>51</sup>V<sup>+</sup>, <sup>52</sup>Cr<sup>+</sup>, <sup>55</sup>Mn<sup>+</sup>, <sup>56</sup>Fe<sup>+</sup>, <sup>59</sup>Co<sup>+</sup>, <sup>58</sup>Ni<sup>+</sup>, <sup>63</sup>Cu<sup>+</sup>, <sup>64</sup>Zn<sup>+</sup>, <sup>75</sup>As<sup>+</sup>, <sup>89</sup>Sr<sup>+</sup>必须应用DRC (动态反应池)。

下列表2是采用MRS技术和NH3-DRC技术的NexION 5000 ICP-MS的池运行条件, 以及个别元素的干扰离子。

表2 反应池条件

元素	同位素选择(Q1/Q3)	模式	气流量 (cc/min)	RPq	潜在干扰
Li	7 / 7	STD		0.25	
Be	/ 9	STD		0.25	
Na	23 / 23	STD		0.25	
Mg	24 / 24	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.5	<sup>12</sup> C <sub>2</sub> <sup>+</sup>
Al	27 / 27	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.45	<sup>12</sup> C <sup>15</sup> N <sup>+</sup> , <sup>13</sup> C <sup>14</sup> N <sup>+</sup> , <sup>14</sup> N <sub>2</sub> spread, <sup>1</sup> H <sup>12</sup> C <sup>14</sup> N <sup>+</sup>
K	39 / 39	NH <sub>3</sub> DRC	0.8	0.6	<sup>38</sup> ArH <sup>+</sup>
Ca	/ 40	NH <sub>3</sub> DRC	1.1	0.6	<sup>40</sup> Ar <sup>+</sup>
Ti	48 / 48	NH <sub>3</sub> DRC	0.3	0.5	<sup>14</sup> N <sup>16</sup> O <sup>18</sup> O <sup>+</sup> , <sup>14</sup> N <sup>17</sup> N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , <sup>12</sup> C <sub>4</sub> <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>12</sup> C <sup>+</sup> , <sup>29</sup> SiF <sup>+</sup> , <sup>28</sup> SiFH <sup>+</sup> , SiO <sup>+</sup>
V	51 / 51	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.45	<sup>38</sup> Ar <sup>13</sup> C <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>15</sup> N <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>14</sup> NH <sup>+</sup>
Cr	52 / 52	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.45	<sup>40</sup> Ar <sup>12</sup> C <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>16</sup> O <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>14</sup> N <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>15</sup> NH <sup>+</sup>
Mn	55 / 55	NH <sub>3</sub> DRC	0.8	0.75	<sup>40</sup> Ar <sup>14</sup> NH <sup>+</sup> , <sup>40</sup> Ar <sup>15</sup> N <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>17</sup> O <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>18</sup> OH <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>16</sup> OH <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>19</sup> F <sup>+</sup>
Fe	56 / 56	NH <sub>3</sub> DRC	0.8	0.6	<sup>40</sup> Ar <sup>16</sup> O <sup>+</sup> , <sup>40</sup> Ar <sup>15</sup> NH <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>18</sup> O <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>17</sup> OH <sup>+</sup>
Ni	58 / 58	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.8	<sup>40</sup> Ar <sup>18</sup> O <sup>+</sup> , <sup>29</sup> Si <sub>2</sub> <sup>+</sup> , <sup>40</sup> Ar <sup>17</sup> OH <sup>+</sup>
Co	59 / 59	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.5	<sup>40</sup> Ar <sup>18</sup> OH <sup>+</sup> , <sup>40</sup> Ar <sup>19</sup> F <sup>+</sup>
Cu	63 / 63	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.8	<sup>36</sup> Ar <sup>12</sup> C <sup>14</sup> NH <sup>+</sup> , <sup>30</sup> SiO <sub>2</sub> H <sup>+</sup> , <sup>28</sup> SiOF <sup>+</sup>
Zn	/ 64	NH <sub>3</sub> DRC	0.5	0.5	<sup>36</sup> Ar <sup>14</sup> N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , <sup>29</sup> SiOF <sup>+</sup> , <sup>28</sup> SiOFH <sup>+</sup> , SiO <sub>2</sub> H <sup>+</sup>
Ga	/ 69	NH <sub>3</sub> DRC	1.1	0.7	<sup>35</sup> Cl <sup>16</sup> O <sup>18</sup> O <sup>+</sup> , <sup>35</sup> Cl <sup>17</sup> O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , <sup>37</sup> Cl <sup>16</sup> O <sub>2</sub> <sup>+</sup>
Ge	74 / 74	NH <sub>3</sub> DRC	0.3	0.5	<sup>36</sup> Ar <sup>38</sup> Ar <sup>+</sup> , <sup>37</sup> Cl <sup>37</sup> Cl <sup>+</sup>
AsO	75 / 91	NH <sub>3</sub> DRC	1.2	0.25	<sup>40</sup> Ar <sup>35</sup> Cl <sup>+</sup> , <sup>36</sup> Ar <sup>38</sup> Ar <sup>1</sup> H <sup>+</sup> , <sup>38</sup> Ar <sup>37</sup> Cl <sup>+</sup>
Sr	/ 88	NH <sub>3</sub> DRC	1.1	0.7	<sup>19</sup> F <sup>+</sup> Spread
Zr	/ 90	STD		0.25	
Nb	93 / 93	STD		0.25	
Mo	98 / 98	NH <sub>3</sub> DRC	0.8	0.6	<sup>81</sup> Br <sup>17</sup> O <sup>+</sup>
Ru	/ 102	STD		0.25	
Rh	/ 103	NH <sub>3</sub> DRC		0.25	
Pd	/ 106	STD		0.25	
Ag	/ 107	STD		0.25	
Cd	/ 114	STD		0.25	
In	/ 115	STD		0.25	
Sn	118 / 118	NH <sub>3</sub> DRC	1.1	0.6	<sup>104</sup> Ru <sup>16</sup> O <sup>+</sup> , <sup>104</sup> Pd <sup>16</sup> O
Sb	/121	STD		0.25	
Te	/ 130	STD		0.25	
Cs	/ 133	STD		0.25	
Ba	/ 138	STD		0.25	
Ce	/ 140	STD		0.25	
Hf	/ 180	STD		0.25	
Ta	/181	STD		0.25	
W	/ 184	STD		0.25	
Pt	/ 195	STD		0.25	

元素	同位素选择(Q1/Q3)	模式	气流量 (cc/min)	RPq	潜在干扰
Au	/ 197	STD		0.25	
Tl	/ 205	STD		0.25	
Pb	/ 208	NH3 DRC	1.1	0.6	<sup>192</sup> Pt <sup>16</sup> O <sup>+</sup>
Bi	/ 209	STD		0.25	
U	/ 238	STD		0.25	

应用NH<sub>3</sub>-DRC的个别元素中,受氬气直接影响的钾(<sup>39</sup>K<sup>+</sup>, <sup>38</sup>ArH<sup>+</sup>)和钙(<sup>40</sup>Ca<sup>+</sup>, 40Ar<sup>+</sup>)、锰(<sup>55</sup>Mn<sup>+</sup>, <sup>35</sup>ArF<sup>+</sup>)及铁(<sup>56</sup>Fe<sup>+</sup>, <sup>40</sup>Ar<sup>16</sup>O<sup>+</sup>),相比其他元素应用了更高流量的氬气,易受氟和硅的影响的镍(<sup>58</sup>Ni<sup>+</sup>, <sup>29</sup>Si<sub>2</sub><sup>+</sup>)、铜(<sup>63</sup>Cu<sup>+</sup>, <sup>28</sup>SiOF<sup>+</sup>)、锰(<sup>55</sup>Mn<sup>+</sup>, <sup>35</sup>ArF<sup>+</sup>)及锶(<sup>88</sup>Sr<sup>+</sup>, <sup>19</sup>F<sup>+</sup>扩散),相比其他反应气体应用了更高的RPq值。

### 3. 结果

49%氢氟酸原液等高介质试样的分析中,应用冷等离子体等低能状态的等离子体技术时,可能引起诸多问题。适用于冷等离子体的元素一般有<sup>39</sup>K<sup>+</sup>, <sup>40</sup>Ca<sup>+</sup>, <sup>52</sup>Cr<sup>+</sup>, <sup>56</sup>Fe<sup>+</sup>等易受氬气干扰的金属,该技术通过较低的等离子体能量极度地控制氬气电离效率,从而避免来自氬气的干扰。此时,根据冷等离子体的特点,低等离子体能量同时抑制目标分析元素的离子化率,且冷等离子体的稳定时间较长,另外未分解的高介质试样会对锥、离子透镜及反应池设备迅速造成污染及腐蚀等,使分析的可信度急剧下降。为了解决这种问题,最直接的方法是在所有元素的分析过程中只使用热等离子体。然而,为了只使用热等离子体,干扰消除技术的支持是必不可少的。目前上市的四极杆型ICP-MS中,能够实现这一功能的只有珀金埃尔默公司搭载UCT的设备。同时,为了最小化直接分析49%氢氟酸原液时,可能发生的氢氟酸介质的影响,本实验中还采用了珀金埃尔默公司独家开发的MRS(基质去除系统),使ICP-MS的应用能力倍增。

下表3表示结合MRS与ICP-MS设备并最优化池气体条件后,检测了只应用热等离子体的个别元素的检出限值,以及49%氢氟酸中所含的杂质含量。

表3所示的结果,是在热等离子体条件下仅利用标准模式(无气体)和NH<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>-DRC模式进行同时分析所得的。和一些竞争公司不能使用UCT技术,而不得不使用动能歧视模式(碰撞模式KED)、冷等离子体无气体模式、反应模式、个别的质量转移模式等繁杂多样的分析模式相比,上述方式的优势明显。

本研究结果表明,搭载MRS及UCT(DRC)应用技术的NexION 5000,对49%原液状态的氢氟酸等高介质试样进行分析时,与其他竞争公司的产品不同,通过应用简单的分析条件,显著缩短试样分析时间的同时,还能实现更低水平的DL和BEC。

表3 结合了STD和DRC的MRS+NexION 5000 QQQQ-ICP-MS的检出限及回收率实验结果

元素	同位素选择(Q1/Q3)	模式	灵敏度(cps/ppt)	空白信号(cps)	标准差(δ)	检出限(ppt)	检出浓度(ppt)	5ppt加标回收率(%)
Li	7 / 7	STD	553	111	2.0	0.011	0.201	0.201
Be	/ 9	STD	158	3	0.4	0.008	0.018	0.018
Na	23 / 23	STD	1215	454	22.4	0.055	0.373	0.373
Mg	24 / 24	NH <sub>3</sub> DRC	554	133	9.2	0.050	0.239	0.239
Al	27 / 27	NH <sub>3</sub> DRC	826	324	9.9	0.036	0.392	0.392
K	39 / 39	NH <sub>3</sub> DRC	1099	677	21.2	0.058	0.616	0.616
Ca	/ 40	NH <sub>3</sub> DRC	7603	3508	165.0	0.065	0.461	0.461
Ti	48 / 48	NH <sub>3</sub> DRC	323	124	10.7	0.099	0.384	0.384
V	51 / 51	NH <sub>3</sub> DRC	1138	27	2.7	0.007	0.023	0.023
Cr	52 / 52	NH <sub>3</sub> DRC	1565	1109	43.4	0.083	0.709	0.709
Mn	55 / 55	NH <sub>3</sub> DRC	1670	117	4.1	0.007	0.070	0.070
Fe	56 / 56	NH <sub>3</sub> DRC	1534	1243	45.9	0.090	0.811	0.811
Ni	58 / 58	NH <sub>3</sub> DRC	555	754	18.3	0.099	1.359	1.359

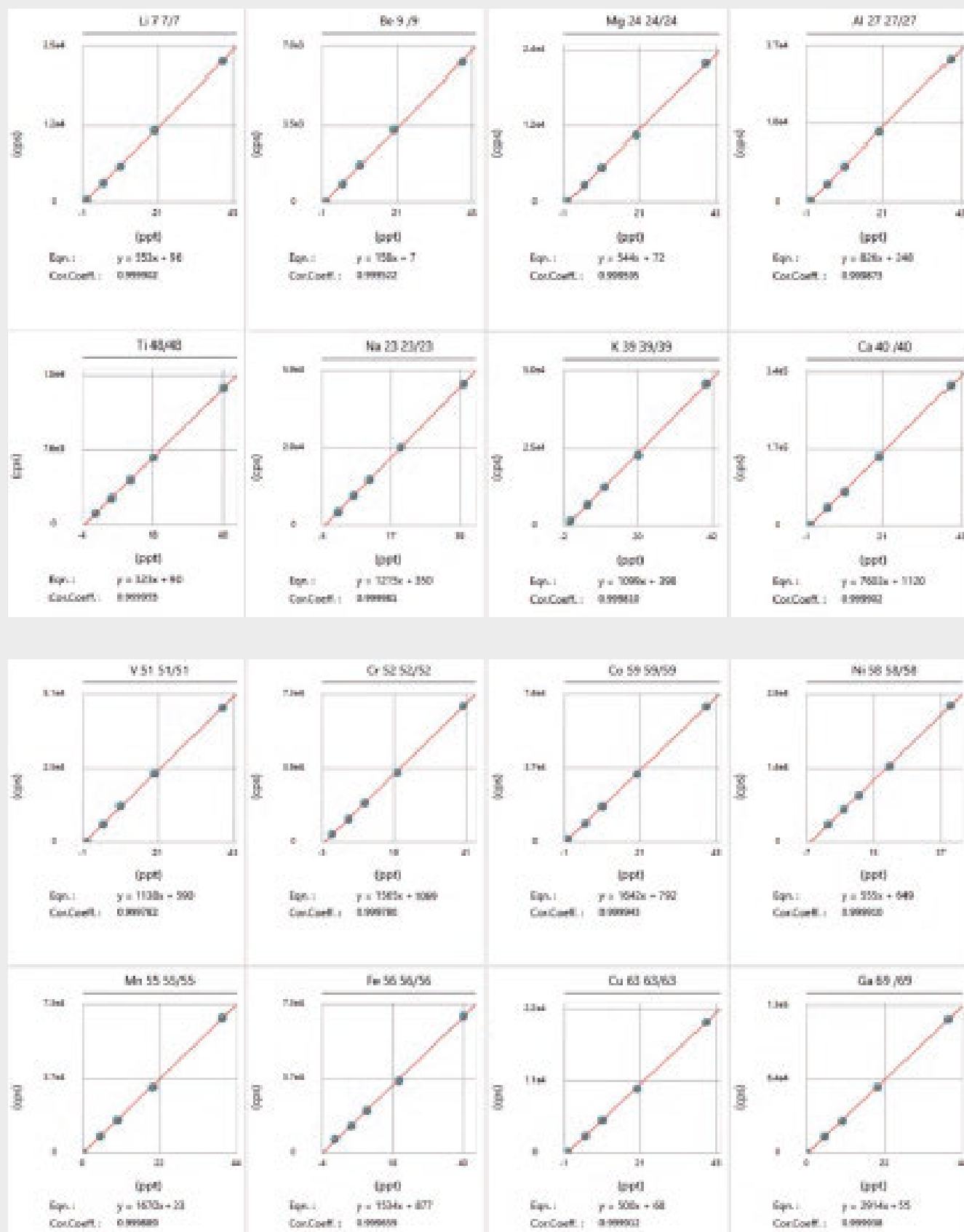
元素	同位素选择 (Q1/Q3)	模式	灵敏度 (cps/ppt)	空白信号 (cps)	标准差( $\delta$ )	检出限(ppt)	检出浓度 (ppt)	5ppt加标 回收率(%)
Co	59 / 59	NH <sub>3</sub> DRC	1642	735	27.2	0.050	0.448	93
Cu	63 / 63	NH <sub>3</sub> DRC	500	146	8.6	0.052	0.291	93
Zn	/ 64	NH <sub>3</sub> DRC	579	276	10.4	0.054	0.477	86
Ga	/ 69	NH <sub>3</sub> DRC	2914	30	7.0	0.007	0.010	95
Ge	74 / 74	NH <sub>3</sub> DRC	105	63	6.0	0.170	0.600	87
AsO	75 / 91	NH <sub>3</sub> DRC	16	15	2.9	0.547	0.953	87
Sr	/ 88	NH <sub>3</sub> DRC	3173	49	3.7	0.004	0.015	96
Zr	/ 90	STD	1705	27	3.2	0.006	0.016	93
Nb	93 / 93	STD	2951	77	2.5	0.003	0.026	94
Mo	98 / 98	NH <sub>3</sub> DRC	382	152	3.8	0.030	0.398	91
Ru	/102	STD	1049	9	1.9	0.005	0.008	93
Rh	/103	NH <sub>3</sub> DRC	2758	93	3.9	0.004	0.034	94
Pd	/106	STD	746	40	7.0	0.028	0.054	91
Ag	/107	STD	1132	23	2.2	0.006	0.020	93
Cd	/ 114	STD	778	4	0.9	0.003	0.006	90
In	/ 115	STD	3505	9	1.5	0.001	0.003	95
Sn	118 / 118	NH <sub>3</sub> DRC	450	30	2.2	0.015	0.067	90
Sb	/ 121	STD	956	35	3.9	0.012	0.037	91
Te	/130	STD	150	29	4.0	0.079	0.195	89
Cs	/133	STD	3104	116	7.2	0.007	0.037	95
Ba	/138	STD	2207	45	2.6	0.004	0.020	95
Ce	/140	STD	3105	10	1.5	0.001	0.003	94
Hf	/180	STD	1159	7	1.2	0.003	0.006	93
Ta	/ 181	STD	2576	141	19.0	0.022	0.055	92
W	/184	STD	682	269	15.0	0.066	0.395	90
Pt	/195	STD	367	74	2.9	0.024	0.202	93
Au	/197	STD	354	75	3.5	0.030	0.213	91
Tl	/ 205	STD	1548	143	11.2	0.022	0.092	94
Pb	/ 208	NH <sub>3</sub> DRC	2764	84	8.0	0.009	0.030	92
Bi	/ 209	STD	1728	8	1.6	0.003	0.005	93
U	/ 238	STD	1273	6	1.3	0.003	0.005	92

\* 背景等效浓度(BEC)值依赖于用于实验的超纯水、氢氟酸、过氧化氢的质量

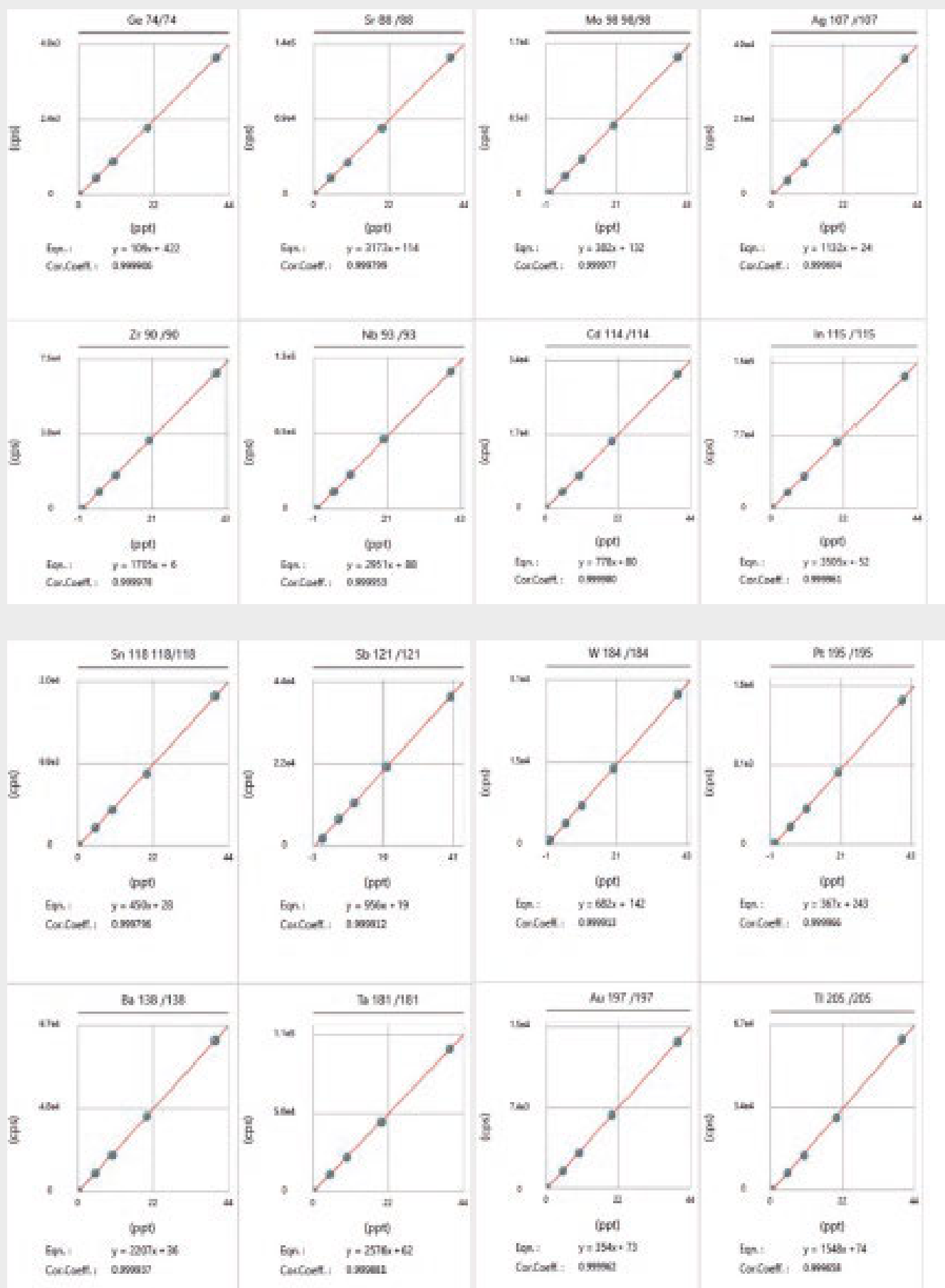
表3所示的结果采用3\* $\delta$ 方法计算得出, 该方法适用于计算ICP-MS的检出限(DL)。

如上所述, 校准系列用超纯水制备, 所制作的校准曲线和回收率实验结果表明, 线性系数为0.9995以上, 回收率为90%左右。其表明, 通过MRS的应用, 预先去除氢氟酸介质, 且应用热等离子体, 分别在标准品和49%氢氟酸试样介质中使目标分析元素的离子化率的差异最小化, 表示有效控制了物理干扰。

下列图片表示只利用标准模式+动态反应池模式在热等离子体条件下进行分析的各元素校准曲线。







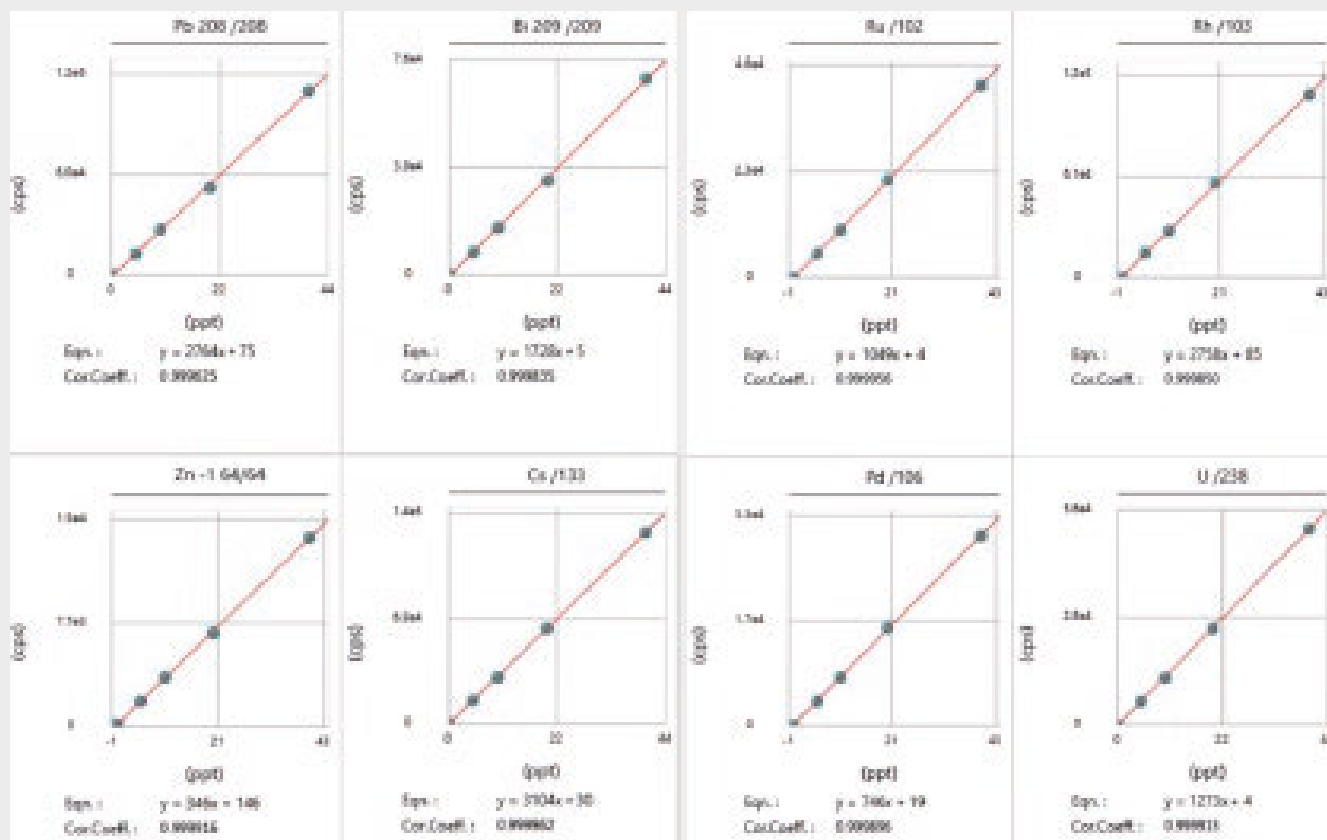


图1 利用标准模式+动态反应池模式的各元素校准曲线

结果显示,对于锗(Ge)和砷(As)等非金属元素,由于MRS原理及氢氟酸介质中的存在形式(氟化物),与其他普通金属元素相比,可能会发生损耗。同样地,对于铍(Be)和锌(Zn)等电离能较大的元素,由于物理干扰,回收率略微下降。

## 4. 结论

本研究的目的在于,通过使用搭载UCT(通用池技术)的珀金埃尔默公司的多重四极杆电感耦合质谱仪(NexION 5000),以及选择性去除无机试样中介质的设备-基质去除系统(MRS100),开发出针对49%氢氟酸原液(半导体硅晶片表面清洁和蚀刻工艺的代表性化学品之一)进行分析的条件。

另外,本实验仅使用热等离子体条件,以及无需反应气体的标准(无气体)模式和珀金埃尔默公司的独家技术动态反应池模式(该模式下可以回避各种干扰源)下,验证了其应用效果。同时,本实验的分析方法仅利用标准模式和动态反应池模式对44种目标分析元

素进行分析,验证了能够显著缩短分析时间,且确认了是否能解决因使用多种分析模式而影响分析可信度等问题。

针对49%氢氟酸原液进行分析时,为了确认基于基质去除系统技术以及热等离子体相结合的动态反应池技术的应用效果,本实验采用了传统的3\*σ方法计算检出限以及进行回收率实验,结果表明,对于可能源于氩(Ar)、氢(H<sub>2</sub>)、碳(C)、氧(O<sub>2</sub>)、氮(N<sub>2</sub>)、硅(Si)等的干扰源,可在90%以上的回收率水平上通常能够控制在低于0.05ppb的检出限(DL)水平。

珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司  
地址: 上海张江高科技园区张衡路1670号  
邮编: 201203  
电话: 021-60645888  
传真: 021-60645999  
[www.perkinelmer.com.cn](http://www.perkinelmer.com.cn)



要获取全球办事处的完整列表, 请访问[http:// www.perkinelmer.com.cn/AboutUs/ContactUs/ContactUs](http://www.perkinelmer.com.cn/AboutUs/ContactUs/ContactUs)

版权所有 ©2019, PerkinElmer, Inc. 保留所有权利。PerkinElmer® 是PerkinElmer, Inc. 的注册商标。其它所有商标均为其各自所有者或所有者的财产。