

中华人民共和国国家标准

GB/T 32386—2015

电子工业用气体 六氟化钨

Gases for electronic industry—Tungsten hexafluoride

2015-12-31 发布

2016-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)提出并归口。

本标准起草单位:中国船舶重工集团公司第七一八研究所、厦门钨业股份有限公司、西南化工研究设计院有限公司、上海华爱色谱分析技术有限公司、上海仪盟电子科技有限公司。

本标准主要起草人:郑秋艳、江海风、王占卫、方兰兰、林竹光、王志信、方华、杨任、周鹏云。

电子工业用气体 六氟化钨

1 范围

本标准规定了六氟化钨的技术要求、试验方法、包装、标志、贮运和安全。

本标准适用于化学合成法制取并经精制纯化的六氟化钨。该产品主要用于电子工业中金属钨化学气相沉积工艺、钨材料的制备等。

分子式： WF_6 。

分子量：297.830 419 2(按 2009 年国际相对原子质量计算)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 190 危险货物包装标志

GB/T 3723 工业用化学产品采样安全通则

GB 5099 钢质无缝气瓶

GB/T 5275.10 气体分析 动态体积法制备校准用混合气体 第 10 部分：渗透法

GB 7144 气瓶颜色标志

GB 14193 液化气体气瓶充装规定

GB 15258 化学品安全标签编写规定

GB 16804 气瓶警示标签

GB/T 26571 特种气体储存期规范

GB/T 28726 气体分析 氦离子化气相色谱法

TJ 36-79 工业企业设计卫生标准

气瓶安全监察规程(2000 版)

危险化学品安全管理条例(2002 版)

特种设备安全监察条例(2009 版)

3 技术要求

六氟化钨的技术指标应符合表 1 要求。

表 1 技术指标

项 目 名 称	指 标				
六氟化钨(WF ₆)纯度(体积分数)/10 ⁻²	≥	99.9	99.999	99.999 5	99.999 9
四氟化碳(CF ₄) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	10	0.5	0.5	0.1
氮(N ₂)含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤	50	1	0.5	0.1

表 1 (续)

项 目 名 称			指 标			
(氧+氩) (O ₂ +Ar) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			50	0.5	0.5	0.1
二氧化碳(CO ₂) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			—	0.5	0.5	0.1
一氧化碳(CO) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			—	0.5	0.5	0.1
六氟化硫(SF ₆) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			10	0.5	0.5	0.1
四氟化硅(SiF ₄) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			10	0.5	0.5	0.1
氟化氢(HF) 含量(体积分数)/10 ⁻⁶ ≤			800	5	1	0.3
金属元素含量	钼(Mo) 含量/(μg/L) ≤	—	100	10	10	10
	铁(Fe) 含量/(μg/L) ≤	—	20	10	5	5
	钾(K) 含量/(μg/L) ≤	—	5	5	5	5
	钠(Na) 含量/(μg/L) ≤	—	5	5	5	5
	铬(Cr) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	钍(Th) 含量/(μg/L) ≤	—	0.1	0.1	0.1	0.1
	铀(U) 含量/(μg/L) ≤	—	0.05	0.05	0.05	0.05
	钴(Co) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	锰(Mn) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	铅(Pb) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	锌(Zn) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	钙(Ca) 含量/(μg/L) ≤	—	5	5	5	5
	镁(Mg) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	镍(Ni) 含量/(μg/L) ≤	—	20	20	10	10
	铜(Cu) 含量/(μg/L) ≤	—	5	5	5	5
	铝(Al) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	砷(As) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	硼(B) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	镉(Cd) 含量/(μg/L) ≤	—	2	2	2	2
	钛(Ti) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	锂(Li) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	硅(Si) 含量/(μg/L) ≤	—	10	10	5	5
	磷(P) 含量/(μg/L) ≤	—	2	2	2	2

4 试验方法

4.1 抽样、判定和复验

4.1.1 同一生产线连续稳定生产的六氟化钨气体构成一批,每批产品的质量不超过 500 kg。

4.1.2 纯度为 99.9×10^{-2} (体积分数) 的六氟化钨抽样瓶数按表 2 规定从每批产品中随机抽样。当检验结果有任何一项不符合表 1 要求时,应自该批产品中重新加倍抽样检验,若仍有一项指标不符合要求,则该批产品为不合格。

表 2 瓶装六氟化钨产品抽样表

每批产品瓶数	最少抽样瓶数
1	1
2~8	2
9~15	3
16~25	5

4.1.3 其余纯度的六氟化钨应逐一检验并验收。当检验结果有任何一项指标不符合本标准技术要求时,则判该产品不合格。

4.1.4 六氟化钨采样安全应符合 GB/T 3723 的相关规定。

4.2 六氟化钨纯度

4.2.1 纯度为 99.9×10^{-2} (体积分数) 的六氟化钨纯度按式(1)计算:

$$\Phi = 100 - (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6) \times 10^{-4} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Φ ——六氟化钨纯度,(体积分数), 10^{-2} ;

Φ_1 ——四氟化碳含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_2 ——(氧+氩)含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_3 ——氮含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_4 ——六氟化硫含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_5 ——四氟化硅含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_6 ——氟化氢含量(体积分数), 10^{-6} 。

4.2.2 其余纯度的六氟化钨纯度按式(2)计算:

$$\Phi = 100 - (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7 + \Phi_8) \times 10^{-4} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Φ ——六氟化钨纯度,(体积分数), 10^{-2} ;

Φ_1 ——四氟化碳含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_2 ——(氧+氩)含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_3 ——氮含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_4 ——二氧化碳含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_5 ——一氧化碳含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_6 ——六氟化硫含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_7 ——四氟化硅含量(体积分数), 10^{-6} ;

Φ_8 ——氟化氢含量(体积分数), 10^{-6} 。

4.3 四氟化碳、氧+氩、氮、二氧化碳、一氧化碳、四氟化硅、六氟化硫含量的测定

按 GB/T 28726 规定的切割进样的方法测定六氟化钨中的四氟化碳、氧+氩、氮、二氧化碳、一氧化

碳、四氟化硅、六氟化硫含量。

预分离柱:长约 4.0 m,内径 2 mm 的镍色谱柱,内装填径为 0.18 mm~0.25 mm 涂敷 10% 的 Kel F 的红色硅藻土填料。预分离柱使用温度为 60 °C。或采用其他等效色谱柱。

色谱柱 I:长约 3 m、内径约 2 mm 的不锈钢柱,内装粒径为 0.18 mm~0.25 mm 的 Haysep Q,或其他等效色谱柱。该柱用于分析四氟化碳、四氟化硅、二氧化碳、六氟化硫含量。

色谱柱 II:长约 2 m、内径约 2 mm 的不锈钢柱,内装粒径为 0.18 mm~0.25 mm 的 13X 分子筛,或采用其他等效色谱柱。该柱用于分析氧+氩、氮气、一氧化碳含量。

当所测定的六氟化钨的纯度为 99.9×10^{-2} (体积分数) 时,标准样品中组分含量应当与被测试样中所对应的含量相近,平衡气为氦气。

当所测定的六氟化钨的纯度大于 99.9×10^{-2} (体积分数) 时,标准样品中的体积分数为 $(1 \sim 5) \times 10^{-6}$,平衡气为氦。

参考的切割气路流程示意图参见附录 A。

典型谱图参见附录 B。

允许采用其他等效的方法测定六氟化钨中的氟化碳、氧+氩、氮、二氧化碳、一氧化碳、四氟化硅、六氟化硫。当以上测定结果有异议时,以本标准规定的方法为仲裁方法。

4.4 氟化氢含量的测定

4.4.1 仪器

采用配备相应气体池的傅立叶红外光谱仪测定六氟化钨中的氟化氢含量,分析管路连接示意图参见附录 C。

检测限: 0.1×10^{-6} (V/V)。

4.4.2 测定条件

4.4.2.1 参考的测定条件

窗片: BaF₂; HF 特征峰波数: $4\,038.2\text{ cm}^{-1}$; 分辨率: 2 cm^{-1} ; 气体池温度: 30 °C。

4.4.2.2 标准样品

按 GB/T 5275.10 规定的方法配制标准样品。

至少应有 3 种不同氟化氢含量的标准样品: 约 1×10^{-6} (体积分数)、约 5×10^{-6} (体积分数)、约 10×10^{-6} (体积分数),平衡气为氦。

4.4.2.3 其他测定条件

其他测定条件按照相应的仪器说明书执行。

4.4.3 测定步骤

4.4.3.1 启动仪器

按傅立叶红外光谱仪说明书开启仪器。调整仪器各部件达到测定条件,待仪器稳定后即可测定。

4.4.3.2 测定

4.4.3.2.1 标准曲线的绘制

用气体标准样品进样。记录标准样品中氟化氢在 $4\,038.2\text{ cm}^{-1}$ 处吸收峰的吸光度信号(峰面积或

峰高)。每种标准样品至少重复进样两次,直至两次平行测定的相对偏差不大于5%,取其平均值,制作以氟化氢吸光度(峰面积或峰高)为纵坐标,以氟化氢浓度为横坐标的标准曲线。

4.4.3.2.2 样品的测定

为防止气体池内残余的水分与六氟化钨样品发生反应,首先将气体池升温到110℃,然后利用氦气对气体池进行抽空/吹洗(≥ 3 次),抽空完毕后,将气体降温至30℃,待用。

将六氟化钨样气连接到仪器的进样系统,待仪器稳定后,以测定气体标准样品同样的测定条件进样,记录六氟化钨样品中氟化氢在 $4\,038.2\text{ cm}^{-1}$ 处吸收峰的吸光度信号(峰面积或峰高),重复进样至少两次,直至两次平行测定的相对偏差不大于5%,取平均值。

4.4.3.3 结果处理

用测得的六氟化钨中氟化氢在 $4\,038.2\text{ cm}^{-1}$ 处吸收峰的吸光度信号(峰面积或峰高)在相应的标准曲线上查出六氟化钨样品中氟化氢的含量。

4.4.3.4 其他方法

允许按其他等效的方法测定六氟化钨中的氟化氢含量,当测定结果有异议时,以4.4规定的方法为仲裁方法。

4.5 金属元素含量的测定

4.5.1 仪器

采用电感耦合等离子体质谱法(ICPMS)测定六氟化钨中的钼、铁、钾、钠、铬、钍、铀等金属元素的含量。参考的取样步骤参见附录D。

检测限:小于表1所列相应杂质指标的1/2。

4.5.2 测定条件

4.5.2.1 标准溶液

每种金属元素的检测至少需用三种不同含量的标准溶液标定,标准溶液中金属元素的含量应当与被测试样中所对应的含量相近,以钼为例,对于纯度为 99.999×10^{-2} (体积分数)的样品,可选择浓度大约为10 $\mu\text{g/L}$ 、50 $\mu\text{g/L}$ 、100 $\mu\text{g/L}$ 三种浓度的标准溶液。

4.5.2.2 参考的测定条件

等离子气流速:3 L/min;载气压力: $2.70 \times 10^5\text{ Pa}$;样品提升量:0.75 mL/min;采样深度:15 mm;分析时间:1 s;重复次数:3。

4.5.2.3 其他测定条件

其他测定条件按照相应的仪器说明书执行。

4.5.3 测定步骤

4.5.3.1 启动仪器

按电感耦合等离子体质谱仪(ICPMS)说明书开启仪器,调整仪器各部件达到测定条件,待仪器稳定后即可测定。

4.5.3.2 测定

4.5.3.2.1 标准曲线的绘制

用标准溶液进样。记录标准溶液中金属元素特征质谱峰的强度信号。每种标准溶液至少重复进样测定两次,直至两次平行测定值的相对偏差不大于5%,取平均值,绘制以金属元素的特征质谱峰强度信号为纵坐标,以金属元素的浓度为横坐标的标准曲线。

4.5.3.2.2 样品的测定

将六氟化钨试样连接到取样系统取样,取样操作步骤参见附录D,将空白样品和待测样品溶液依次以测定标准溶液同样的测定条件进样,记录不同金属元素特征质谱峰的强度信号,重复进样测定至少两次,直至两次平行测定值的相对偏差不大于5%,取平均值。

4.5.3.3 结果处理

用测得的样品溶液中金属元素特征质谱峰的强度信号在相应的金属元素标准曲线上查出样品溶液中金属元素的含量,按式(3)分别计算六氟化钨中相应金属元素的含量。

$$w_g = \frac{w_1 \times m_1}{m_2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

w_g ——六氟化钨中金属元素含量($\mu\text{g/L}$);

w_1 ——由标准曲线查得的吸收溶液中金属元素含量减去空白样品中金属元素含量的差值($\mu\text{g/L}$);

m_1 ——吸收溶液的质量,kg;

m_2 ——采样器中采集的六氟化钨的质量,kg。

4.5.3.4 其他方法

允许按其他等效的方法测定六氟化钨中的金属元素含量,当测定结果有异议时,以4.5规定的方法为仲裁方法。

5 标志、包装、贮运及安全

5.1 标志、包装及贮运

5.1.1 六氟化钨的包装、标志、贮运应符合国家《气瓶安全监察规程》《危险化学品安全管理条例》和《特种设备安全监察条例》的规定。

5.1.2 包装六氟化钨的气瓶应符合GB 5099的规定。

5.1.3 推荐使用进行内表面处理的气瓶,处理后的气瓶应满足本标准的要求。瓶阀出气口连接方式推荐使用CGA 638。

5.1.4 应防止瓶口被污染和泄漏。

5.1.5 六氟化钨的充装应符合GB 14193的相关规定。

5.1.6 六氟化钨的包装标志应符合GB 190的相关规定,颜色标志应符合GB 7144的规定,标签应符合GB 16804、GB 15258规定的要求。

5.1.7 包装容器上应标明“六氟化钨”字样。

5.1.8 瓶装六氟化钨的最大充装量按式(4)计算:

$$m = F_r \cdot V \dots\dots\dots (4)$$

式中：

m ——气瓶内六氟化钨的质量，单位为千克(kg)；

V ——气瓶标明的内容积，单位为升(L)；

F_r ——六氟化钨的充装系数，2.294 kg/L。

5.1.9 六氟化钨的充装量按实际称量的质量计。

5.1.10 六氟化钨的保存期限按 GB/T 26571 规定执行。

5.1.11 六氟化钨出厂时应附有质量合格证，其内容至少应包括：

- 产品名称，生产厂名称；
- 生产日期或批号，充装质量(kg)；
- 本标准号及技术指标，检验员号等。

5.1.12 六氟化钨产品应存放在阴凉、干燥、通风的库房内，严禁暴晒，远离热源。

5.2 安全警示

5.2.1 六氟化钨在室温下是一种无色，有强烈、刺鼻、窒息性、酸性气味的气体或淡黄色液体，是一种氟化物并具有毒性。对呼吸道、眼睛和皮肤有强烈的刺激和腐蚀作用

5.2.2 在空气中吸收水蒸气迅速生成三氧化钨和氟化氢，对皮肤可产生类似氟化氢的烧伤。使用时应有通风，防环境污染并对人体做好防护措施。

5.2.3 灭火方法：泡沫、二氧化碳、干粉。

5.2.4 泄漏应急处理：迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，应急处理人员应穿戴配备正压自给式呼吸器的化学防护服(完全隔离)。在确保安全情况下堵漏。喷水雾减慢挥发(或扩散)，但不要对泄漏物或泄漏点直接喷水。不应使水进入包装容器内，抽排(室内)或强力通风(室外)。漏气容器不能再用，且要经过技术处理以清除可能剩下的气体。

5.2.5 危险特性：能与许多物质发生化学反应。遇潮气、空气或水解，放出剧毒的腐蚀性氟化氢气体。腐蚀性很强，能侵蚀几乎所有的金属，能迅速腐蚀湿的玻璃。燃烧(分解)产物：氟化氢。

5.2.6 健康危害：侵入途径：吸入、食入。遇潮湿、空气或水分解，散发有剧毒和有腐蚀性的氟化氢烟雾。该品对眼睛、皮肤和粘膜能引起非常严重的烧伤。毒性：具有剧烈刺激性。

5.2.7 环境标准：

车间空气中有害物质的最高容许浓度 1 mg/m³，见 TJ 36-79。

居住区大气中有害物质的最高容许浓度(氟化物)0.02 mg/m³(一次值)，0.007 mg/m³(日均值)，见 TJ 36-79。

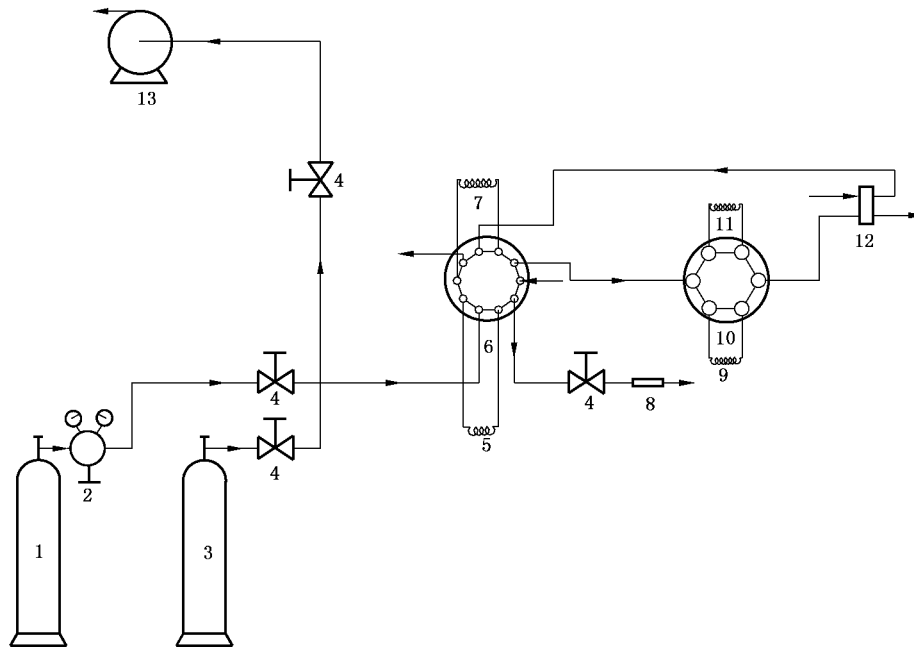
5.2.8 六氟化钨的化学性质和物理参数参见附录 E。

附 录 A

(资料性附录)

六氟化钨中四氟化碳、氧+氩、氮、二氧化碳、一氧化碳、四氟化硅、
六氟化硫含量测定气路切割装置流程示意图

六氟化钨中四氟化碳、氧+氩、氮、二氧化碳、一氧化碳、四氟化硅、六氟化硫含量测定气路切割装置
流程示意图如图 A.1 所示。



说明：

- 1——高纯氮载气钢瓶；
- 2——钢瓶减压器；
- 3——六氟化钨钢瓶；
- 4——调节阀；
- 5——样品环；
- 6——十通阀；
- 7——预分离柱；
- 8——六氟化钨吸收器；
- 9——氧、氮分析柱；
- 10——六通阀；
- 11——四氟化碳分析柱；
- 12——检测器；
- 13——真空泵。

图 A.1 参考的切割气路流程示意图

附 录 B
(资料性附录)
典型色谱图

典型色谱图见图 B.1。

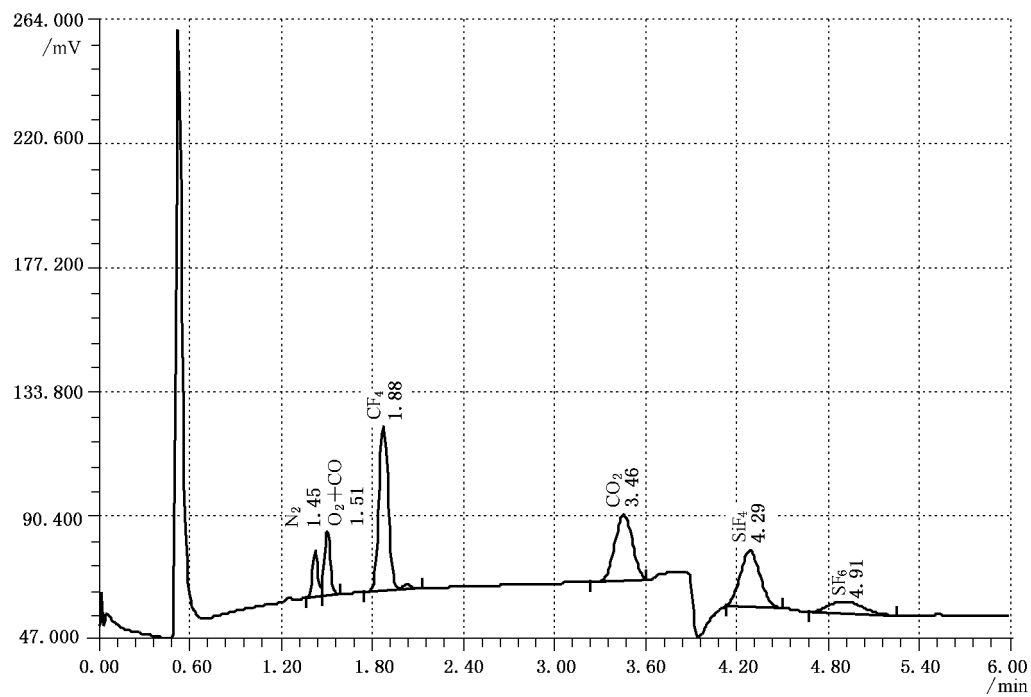
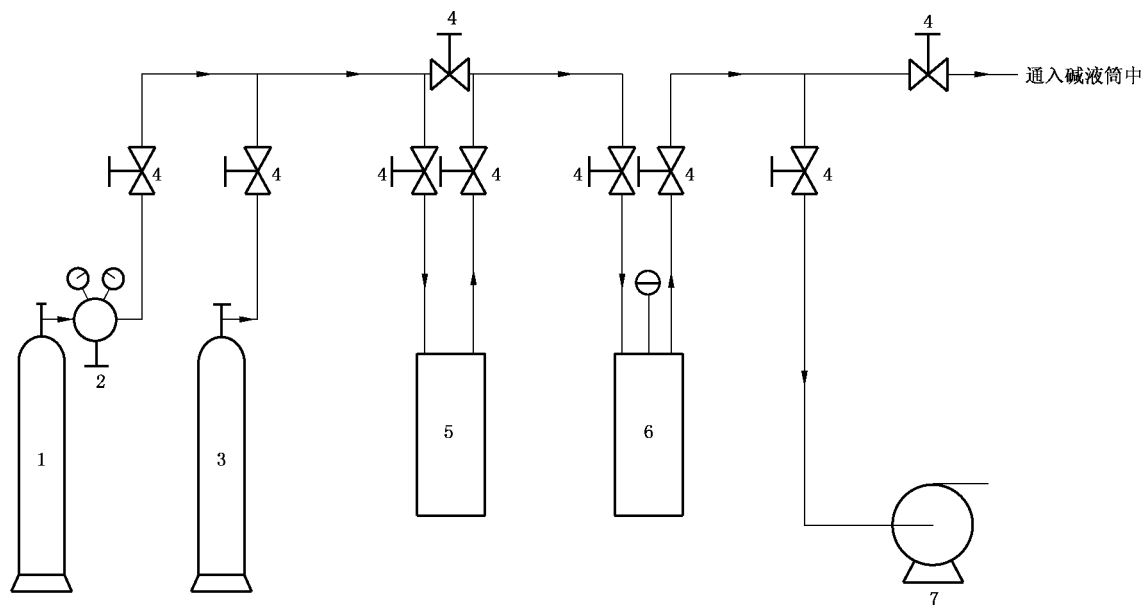


图 B.1 典型色谱图

附 录 C
(资料性附录)
氟化氢分析气路流程

六氟化钨中氟化氢测定的分析气路流程如图 C.1 所示。



说明:

- 1——高纯氢气钢瓶;
- 2——减压阀;
- 3——六氟化钨钢瓶;
- 4——调节阀;
- 5——红外分析气体池;
- 6——缓冲罐;
- 7——真空泵。

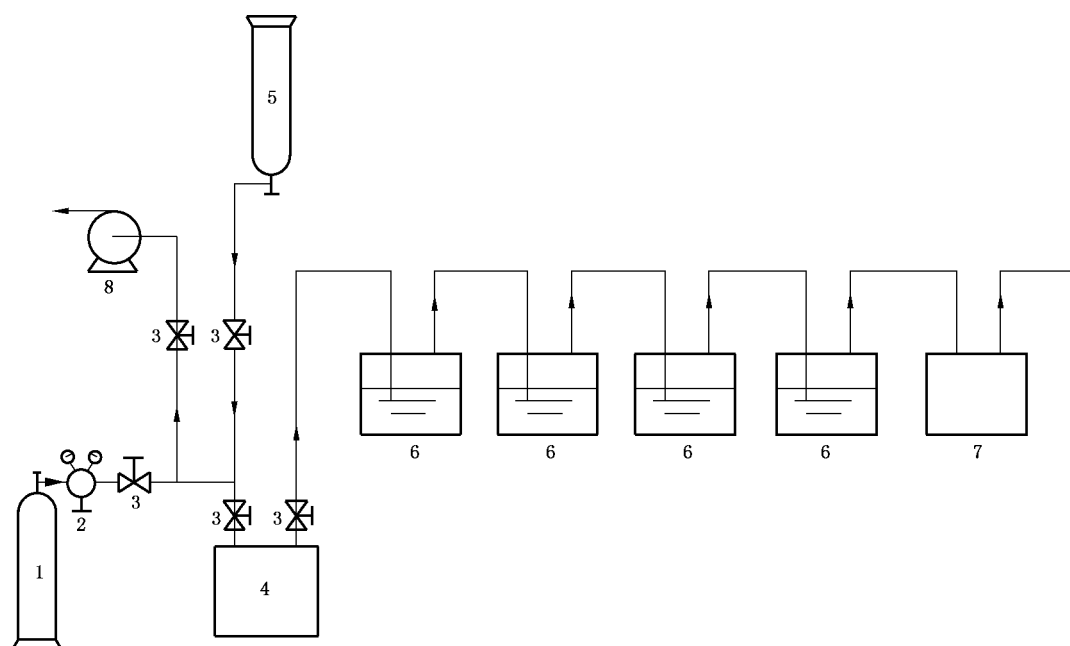
图 C.1 氟化氢的分析气路流程图

附录 D (资料性附录)

六氟化钨中金属元素的取样步骤

D.1 六氟化钨中金属元素测定的取样流程图

六氟化钨中金属元素测定的取样流程如图 D.1 所示。



说明：

- 1——高纯氮气钢瓶；
- 2——减压阀；
- 3——调节阀；
- 4——取样器；
- 5——六氟化钨钢瓶；
- 6——六氟化钨吸收瓶；
- 7——湿式流量计；
- 8——真空泵。

图 D.1 六氟化钨中金属元素取样示意图

D.2 取样步骤

D.2.1 取样器的处理

使用 1 mol/L 盐酸浸泡取样器(图 D.1 中 4)5 h,再使用高纯水洗净后,使用 1 mol/L 的硝酸浸泡内胆 5 h,去除取样器内表面的金属杂质,最后使用高纯水洗净内壁,放入烘箱,加热温度为 80 ℃,烘 3 h。

D.2.2 取样

D.2.2.1 将取样器从烘箱内取出,接入图 D.1 所示的取样流程中。

D.2.2.2 在六氟化钨吸收瓶中装入 1 mol/L 的 NaOH 溶液,称量吸收瓶和碱液的重量,然后按照图D.1 中的流程进行组装。

D.2.2.3 使用高纯氮气吹扫取样器、管路和六氟化钨吸收瓶 30 min,然后使用真空泵将取样器抽真空至 10 Pa 以下后并保持 30 min,再向取样器和管路中充入高纯氮气。重复上述操作 5 次,将系统抽真空至 10 Pa 以下。

D.2.2.4 打开取样阀门,使六氟化钨液体进入取样器,称量取样器的重量,进样约 200 g 后,关闭阀门。加热金属元素取样器至 40 ℃,使六氟化钨挥发并进入六氟化钨吸收瓶,被吸收瓶中的 NaOH 溶液吸收。

D.2.2.5 当金属元素取样器中无六氟化钨挥发后(吸收瓶无气泡出现),使用高纯氮气缓慢吹扫取样器 60 min,使取样器中的六氟化钨完全挥发后,关闭所有阀门。

D.2.2.6 称量吸收了六氟化钨的吸收瓶重量,减去吸收前的吸收瓶重量,即为金属元素取样器中六氟化钨的重量。

D.2.2.7 将取样器中的金属元素进行如下处理得到可用于 ICPMS 分析的溶液。

将金属元素取样器拆下。

向 100 mL 烧瓶中加入 20 mL 高纯水,向内胆中加入 5 mL 氨水,搅拌后倒入 100 mL 容量瓶中。

向内胆中加入 5 mL 1 mol/L 的硝酸溶液,搅拌后倒入 100 mL 烧瓶中。

向内胆中加入 5 mL 1 mol/L 的氢氟酸溶液,搅拌后倒入 100 mL 烧瓶中,使用高纯水将溶液稀释至 100 mL。

D.2.3 空白样品

取 100 mL 容量瓶,按照 D.2.2.7 的步骤,依次加入 20 mL 高纯水,5 mL 氨水,5 mL 的硝酸溶液,5 mL 的氢氟酸溶液,最后使用高纯水将溶液稀释至 100 mL。

D.2.4 样品检测

使用 ICPMS 对空白样品和待测样品进行分析,用待测样品的检测值减去空白样品的检测值即得到样品中不同元素的含量。

附 录 E (资料性附录)

六氟化钨的化学性质和物理参数

E.1 六氟化钨的化学性质

CAS 注册号:7783-82-6。

六氟化钨遇水会迅速水解生成三氧化钨和氟化氢,有时还有氧氟化物等中间产物生成,反应方程式如式(E.1):



由于六氟化钨遇水或水蒸气迅速水解,而水解生成的 HF 是六氟化钨纯化过程中很难去除的一种杂质,所以需要对六氟化钨的纯化系统采取良好的密封措施。

与氟化钠的反应:WF₆ 与 NaF 在 110 ℃ 的条件下发生反应生成络合物,反应方程式如式(E.2):



此外,WF₆ 还是一种强氟化剂,在室温下可使除金、铂、镍、不锈钢和蒙乃尔合金等以外的多种金属氟化。WF₆ 在高温下可被氢或其他还原性气体(如 GeH₄、SiH₂F₂ 和二乙基硅烷等)还原为金属钨(W)和 HF,该反应是它在 CVD 技术中应用的基础。

E.2 六氟化钨的物理参数

表 E.1 给出了六氟化钨的部分物理参数。

表 E.1 六氟化钨的物理参数表

序号	项 目	数 值
1	22.8 ℃时的密度(101.3 kPa), kg/m ³	12.9
2	沸点(101.3 kPa), ℃	17.3
3	熔点(101.3 kPa), ℃	2.3
4	三相点(101.3 kPa), ℃	2.0
5	临界温度, ℃	169.8
6	17 ℃下的蒸汽压, kPa	100.49
7	15 ℃时液体密度, g/cm ³	3.441
8	15 ℃时的摩尔气化热, kJ/mol	26.502
9	15 ℃时的摩尔熔融热, kJ/mol	1.758
10	15 ℃时的摩尔升华热, kJ/mol	32.448
11	15 ℃时的摩尔气化熵, J/(mol · K)	91.3
12	15 ℃时的摩尔熔化熵, J/(mol · K)	6.07
13	15 ℃时的摩尔转变熵, J/(mol · K)	22.11
14	25 ℃时的摩尔热容, J/(mol · K)	118.92