

文章编号: 1003-7837(2006)02-0092-08

超纯镓的研制和产业化

范家骅

(南京金美镓业有限公司, 江苏南京 211165)

摘要:实现超纯镓生产的产业化,存在着产品质量的可靠性和稳定性两大问题.提出了对超纯镓纯度的定义,指出用GDMS分析方法,结合SI-GaAs或MBE GaAs膜的迁移率作依据,来确定超纯镓的纯度.在加强质保体系的同时,研究了先进的生产工艺,建成了年产15 t超纯镓的生产线,产品质量达到了法国GEO Gallium公司的水平.

关键词:镓;超纯;产业化

中图分类号: TF123.7; TF843.1 **文献标识码:** A

随着微电子工业和光电子工业的迅速发展,金属镓越来越被人们所重视,对其纯度和纯度的稳定性要求也越来越高.以往对“高纯金属”的纯度,只提五个“9”(5N)、六个“9”(6N),个别提到七个“9”(7N).这种分级法很不严谨,不仅分析的杂质元素少(如7N镓只分析八个杂质元素),且分析方法不能满足要求.

以前高纯镓都是在实验室中制备的,其工艺只适用于实验室,并且产量低,工艺条件不易稳定,影响因素不易控制,质量不稳定.

经过两年多的研制,成功地制备出了除C, N, O和Ta(发射源)外,69个杂质元素全部低于GDMS(辉光放电质谱)检出极限的超纯镓,并建成了年产15 t超纯镓的生产线.试产一年多来,产品质量非常稳定.经国内外科研院所和晶片公司的试用,认为本公司生产的超纯镓质量好,同法国GEO Gallium公司的产品相当,可满足制备SI-GaAs和作为MBE(分子束外延)源的要求.

1 纯度

目前,国内外对高纯材料纯度的看法很不统一,

给应用者带来很多不便,甚至影响了下游产业的发展.在镓的纯度这个问题上,尤其突出.例如,在国标GB/T 10118-1988《高纯镓》中,对6N镓只要求分析10个杂质元素,对7N镓分析8个杂质元素,且“化学成分的分析方法按供方现行分析方法进行”.这样不严格和低水平的要求,不利于提高我国高纯镓的质量.

1.1 纯度的表示法

纯度一般以主体物质的含量来表示,但当主体物质的含量达到99.9%以上时,采用100%减杂质总含量的“减差法”来表示.这种表示法,除了包含每种杂质的分析误差外,还存在着分析多少种杂质的问题.当纯度不超过5N时,这二个问题还不突出.但是,当要求6N以上的纯度时,杂质的总含量必须在 $10^{-4}\%$, $10^{-5}\%$ 或 $10^{-6}\%$ 以下,即每种杂质的含量都必须在 $10^{-5}\%$, $10^{-6}\%$ 或 $10^{-7}\%$ 以下.这样,不仅分析的杂质数量(个数)不能少,而且对分析仪器和方法的要求更高.

目前,系统分析杂质元素灵敏度最高的是质谱分析,由于不受分析环境和辅助材料的影响,GDMS的分析结果最可靠.

收稿日期: 2005-01-26

作者简介: 范家骅(1938-),男,浙江桐乡人,教授高工,博士.

1.2 影响表征高纯物质纯度的因素

首先,高纯物质本身是否纯净,杂质含量是不是确实很少.其次,检测杂质含量的手段是否精确可靠,包括仪器的精度、使用环境的洁净度、辅助材料的纯度、分析样品的制备和人员的操作水平等.

在已有的系统分析(不是单一杂质)方法中,以质谱分析的检出灵敏度最高,很多元素的检出极限达到了 $10^{-5}\%$ 甚至 $5\times 10^{-9}\%$,但仍有元素的检出限在 $5\times 10^{-7}\%$ (K, Ca, Br, Se, Hg), $10^{-6}\%$ (Au, Ce), $3\times 10^{-6}\%$ (Ge),甚至 $5\times 10^{-6}\%$ (Ag).如果认为低于检出极限就可以当作“没有”,那么似乎可以把杂质含量全部低于检出极限的物质当作“极纯”物质.但“小于”或“不大于”具有不确定性,如Ag含量小于 $5\times 10^{-6}\%$ 不等于Ag不存在,何况C, N, O的含量都可达到 $n\times 10^{-6}\%$ 甚至 $n\times 10^{-5}\%$,对于超纯镓而言,谈8N是无意义的.

1.3 金属镓品质的分档

当金属镓的纯度在5N以下时,仍沿用原来的称呼,如2N, 4N, 5N.当纯度达到5N以上时,以其主要的用途来定级.如6N镓主要用于掺杂的GaAs, GaP, GaSb等半导体晶体.不仅要求镓的纯度达到99.9999%,还对主要有害杂质Cu, Zn, Fe, Si等的含量有严格的要求,建议称其为“电子级”高纯镓(E-Ga);用于制作IC衬底的半绝缘砷化镓的“7N”镓,要求合成的半绝缘砷化镓晶体,在室温下电子迁移率大于 $6500\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$,用GDMS分析镓中的杂质,除C, N, O和Ta外,主要有害杂质的含量必须在 $5\times 10^{-7}\%$ 以下,其余杂质的含量都必须低于检测极限,建议称之为“电路级”超纯镓(IC-Ga);用作分子束外延(MBE)源的镓,要求除C, N, O和Ta外,所有杂质的含量都应低于GDMS分析的检测极限,建议称之为“分子束外延级”超纯镓(MBE-Ga).

纯物质或高纯物质,不以纯度而以用途定级命名早已有先例,如原子能级石墨、电容器级钽粉、电子级或MOS级化学试剂等.在某些特定的范围内,以用途定级更为方便、实用,更能体现产业链中上下游产业的关系.

2 超纯镓中杂质的分析方法

2.1 原子发射光谱

原子发射光谱是一种广谱性的分析方法,非常

适合于工业生产,但灵敏度较低,很多元素的检出极限在 $10^{-4}\%$ 上下,而且因为标准样品的制备易引入杂质,可靠性较差.用化学方法“浓缩”样品后的所谓“化学光谱”曾流行一时,认为可提高检测灵敏度一个数量级.但对于多数纯元素的分析,“浓缩”样品会使一些杂质元素有不同程度的损失,使分析结果出现偏差.在镓的分析中,曾用乙醚或乙酸丁酯在盐酸体系中先萃取镓,以达到“浓缩”杂质的目的,但是由于没有高纯的萃取剂,因而会带入杂质,并且铁、砷等杂质元素也会和镓一起共萃,所以原子发射光谱不适用于分析超纯镓.

2.2 质谱分析

以往的质谱分析,多数元素的检出灵敏度只有 $10^{-4}\%$,对于高纯金属的分析也只能分析到5N.引入等离子体激发源后,由于激发温度大大提高,使检出极限大大降低,有些元素的检出极限甚至可以降低到 $10^{-6}\%$,这就是“电感耦合等离子质谱”(ICP-MS).但是,由于ICP-MS分析所用的样品必须做成溶液,其分析结果的准确性严重依赖于分析试剂的纯度和环境的洁净度.所以用ICP-MS做超纯分析不可靠.

把样品当作靶的GDMS,为提高质谱分析的精度和可靠性开辟了新的途径.固体样品表面的“污染层”在辉光放电初期被迅速清除,“露出”样品的纯净部分供分析.这样,不仅没有辅助试剂纯度的影响,对分析操作环境的要求也不再那么苛刻.

目前,国际上采用GDMS分析超纯金属,本公司也采用GDMS分析的结果作为产品品质的依据.

表1为同一电子级镓样品(JM-600)的ICP-MS和GDMS分析结果的对比.从表1中可以看出,采用CP-MSI分析Mg, Si, Ca, Fe, Ni, Zn的含量比采用GDMS分析的结果要高一个数量级,而这种差异一般都理解为是环境因素和辅助试剂不纯所造成的.

2.3 操作技巧和技术水平

先进的仪器装备固然是超纯分析的主要条件,但操作技巧和技术水平对分析结果的影响也是不可忽视的.

取同一样品由Shiva分析公司和中科院上海硅酸盐研究所分别重复进行GDMS分析,结果如图1所示.由图1可以看出,Shiva公司的分析结果重复性相当好,只有Si一次为 $7\times 10^{-8}\%$,另一次在检出

限 $5 \times 10^{-8} \%$ 以下; Zn 一次为 $2.8 \times 10^{-7} \%$, 另一次小于检出限 $10^{-7} \%$, 而在硅酸盐所的 4 次分析结果中, 只有 Hg 和 Pb 每次的测试结果差别较小, 其余

12 个元素的测试结果差别很大, 即重复性很差, 并且检出极限比 Shiva 公司高 10~50 倍, 即灵敏度差。

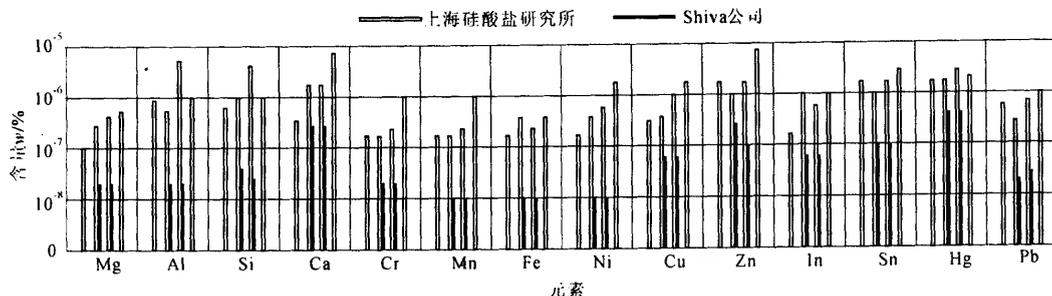


图 1 不同单位采用 GDMS 对同一样品分析结果的对比

Fig. 1 Comparison for GDMS results on the same sample

表 1 用二种方法分析一样品的结果

Table 1 The results is same sample by two analysis methods

元素	含量 w/%	
	ICP-MS 法	GDMS 法
Mg	7×10^{-5}	$< 3 \times 10^{-7}$
Al	$< 10^{-6}$	4×10^{-6}
Si	$< 2 \times 10^{-5}$	4×10^{-6}
Ca	$< 2 \times 10^{-5}$	4×10^{-6}
Cr	$< 10^{-7}$	$< 2 \times 10^{-7}$
Mn	$< 10^{-7}$	$< 10^{-7}$
Fe	$< 10^{-5}$	2×10^{-6}
Ni	$< 10^{-6}$	$< 3 \times 10^{-7}$
Cu	$< 10^{-6}$	3×10^{-6}
Zn	$< 10^{-6}$	$< 8 \times 10^{-7}$
In	$< 10^{-7}$	3×10^{-7}
Sn	$< 10^{-7}$	$< 2 \times 10^{-6}$
Hg	$< 10^{-6}$	$< 2 \times 10^{-6}$
Pb	$< 10^{-7}$	$< 3 \times 10^{-7}$

目前, 国内只有一台 GDMS 分析仪, 对于超纯镓的分析, 尚只能检测 14 个元素, 经本公司和检测方一年多来的合作和探讨, 现在对高纯镓分析的可靠性有了很大的改善。不久前, 一批样品的分析结果显示, 除 Mg, Al, Si, Fe 外, 其余 10 个元素的分析结果和 Shiva 公司的测试结果相当接近(见图 2)。

3 镓的提纯方法

3.1 间接提纯法

3.1.1 三氯化镓法

将金属镓制成三氯化镓, 先用定向结晶或区域熔炼法对三氯化镓进行提纯, 然后电解纯净的三氯化镓水溶液, 制得高纯金属镓。

3.1.2 有机化合物热分解法

金属性强的元素不易生成有机化合物, 镓是两性元素, 可以生成一系列有机化合物。制成镓的有机化合物, 就可先除去大部分金属杂质, 然后再根据镓的有机化合物和可能存在的其他元素的有机化合物性质的差异, 将镓的有机化合物和其他元素的有机化合物分离, 最后在无污染的环境中将镓的有机化合物热分解, 制得纯度极高的金属镓。目前, 实用的镓的有机化合物是三甲基镓(trimethyl gallium)。该方法虽然可以制得纯度极高的镓, 但是三甲基镓热分解的速度慢, 效率低, 不适用于大批量生产超纯镓。由于该法在提纯方面的独特优点, 目前已被广泛地用于制造含镓化合物的半导体薄膜。

3.2 直接提纯法

镓的提纯一般都采用直接提纯法, 最普遍采用的是化学萃取法、电解精炼和重结晶法。

3.2.1 化学萃取法

化学萃取法是一种用酸溶液将溶于镓中的杂质元素溶解出来的方法。在进行化学萃取时, 金属镓呈液态, 根据化学势的原理, 溶解在液体中的物质, 其

活度比单质的大,所以溶解在液态镓中的杂质元素,更容易和萃取酸反应。

浓度、温度及萃取方式的关系极为密切。

因该法用酸作萃取液,金属镓也必然会有少量

化学萃取法除去杂质元素的效果,同酸的种类、

溶解,若用其他办法可以除去杂质,最好不用此法。

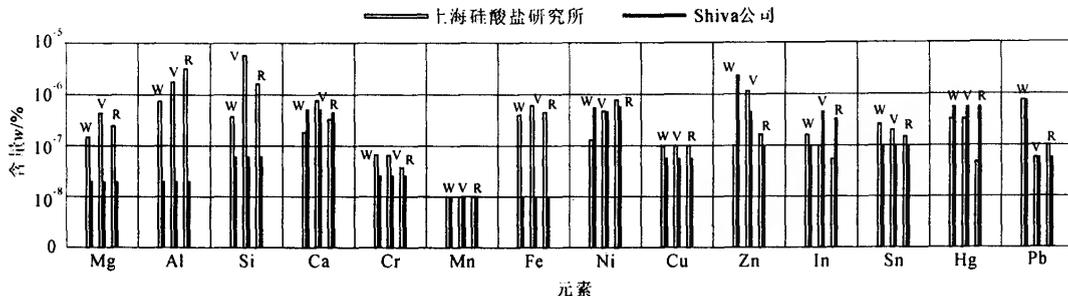


图 2 采用 GDMS 分析三种样品的结果对比

Fig. 2 Comparison for GDMS results on three samples

3.2.2 电解精炼法

电解精炼是提纯金属行之有效的方法,应用非常普遍.镓的电解精炼,可以在酸性也可以在碱性溶液中进行.由于在碱性溶液中电解更方便、有效,所以在实际生产中都用 NaGaO₂ 作电解质在 NaOH 水溶液中电解。

镓的电解精炼和其他金属的电解精炼相比有三个显著的差别,(1)在碱性电解液中电解,镓以 GaO₂⁻ 状态存在于电解液中,GaO₂⁻ 在阴极上极化放电;(2)阴极和阳极都是液态金属(镓);(3)电解质 NaGaO₂ 在水溶液中的电离度比较低,为避免污染和使操作简单,需添加 NaOH 以降低电解液的电阻,提高电解效率.随着电解的进行,电解液的电阻会逐渐增加,电流密度逐渐减小,必须不断补充 NaOH。

3.2.3 重结晶法

重结晶法是提纯物质常用的方法.通过若干次的重结晶,最终使主体物质中的杂质含量大大降低.主体物质液相逐渐凝固的方法,又称“部分凝固法”或“部分结晶法”.某一时刻凝固的固相中的杂质浓度 C,可由式(1)计算。

$$C = KC_0(1-g)^{K-1} \quad (1)$$

式(1)中:C₀为杂质的起始浓度;K为分凝系数,是某种杂质在所在体系主体物质固体中的浓度 C,与在液体中的浓度 C_L之比,即 $K = \frac{C_s}{C_L}$;g 为已凝固的物质中所含有的杂质占杂质总量的比例。

不同杂质的 K 值是不同的,大部分杂质的 K 值都小于 1. K 值越小,经过部分凝固后,杂质的偏析

越明显.图 3 是不同 K 值的杂质经部分凝固后浓度分布的计算值。

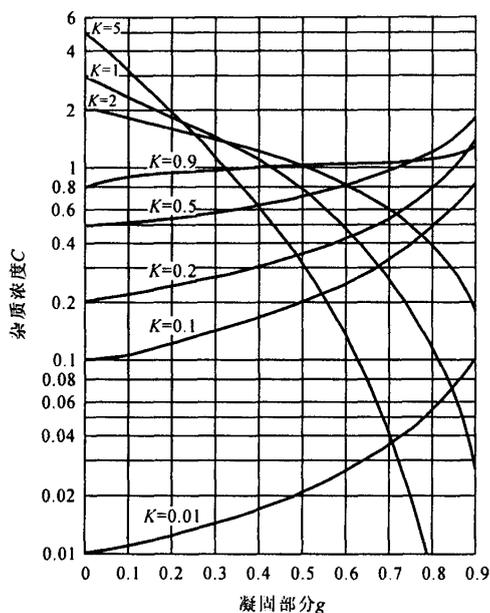


图 3 不同 K 值的杂质经部分凝固后的浓度分布

Fig. 3 Distribution of impurities with different K after solidification

对金属镓中杂质的分凝系数的报道较少,表 2 列出了 6 种杂质在镓中的分凝系数,以供参考。

重结晶法是提纯金属镓常用的方法,此法的优

点是设备简单,操作简便,效果明显.缺点是凝固的量及每批产品质量的一致性难以控制.

定向结晶法,也是部分凝固法.该法装置的传动机构简单或者没有传动机构,为规模化的应用带来了方便.

表 2 一些杂质在镓中的分凝系数
Table 2 The segregation coefficients of several impurities in gallium

元素	分凝系数 K	元素	分凝系数 K
Cu	0.025	Pb	0.011
Hg	0.014	Sn	0.049
Zn	0.145	Ag	0.044

4 超纯镓的生产

4.1 生产工艺

在充分考虑提纯效果和生产效率的前提下,建立了如图 4 所示的生产工艺流程.采用这一流程,已稳定地生产了 3 t 多优质超纯镓,几个典型样品的 GDMS 分析结果列于表 3.

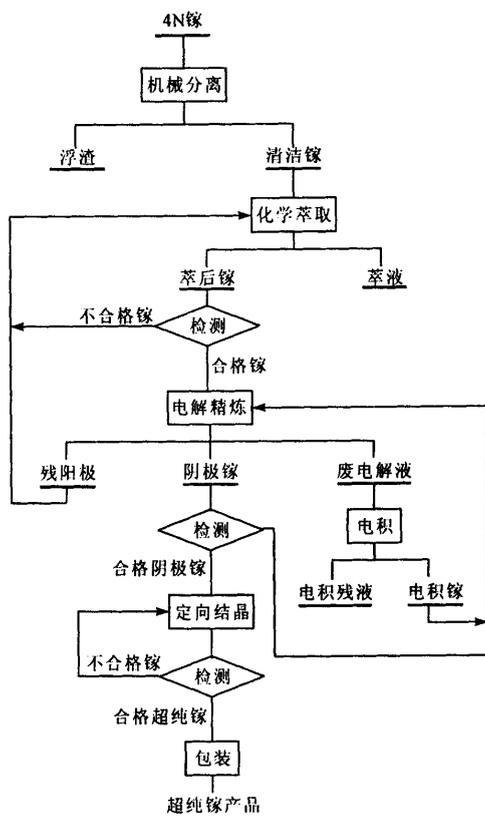


图 4 超纯镓的生产工艺流程图
Fig. 4 The chart of technological process of super-pure gallium

用本公司生产的超纯镓和法国 GEO Gallium 公司生产的 MBE 级镓,在 VICO 型 MBE 设备上做调制掺杂二维电子气的对比试验,结果列于表 4. 两

种样品的 X 射线衍射强度如图 5 所示. 从表 4 和图 5 可知,本公司生产的超纯镓的纯度已和世界先进水平的法国 GEO Gallium 公司的 MBE 级镓相当.

表 3 典型样品的 GDMS 分析结果
Table 3 Results of GDMS analysis of typical sample

元素	含量 w/%				元素	含量 w/%			
	JM-0202	JM-0203	JM-0307	JM-0405		JM-0202	JM-0203	JM-0307	JM-0405
Li	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Pd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Be	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Ag	<50	<50	<50	<50
B	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
C	55	50	80	80	In	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
N	150	150	150	150	Sn	<1	<1	<1	<1
O	60	50	70	80	Sb	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
F	<1	<1	<1	<1	Te	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Na	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	I	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Mg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Cs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Al	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Ba	<1	<1	<1	<1
Si	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	La	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
P	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Ce	<10	<10	<10	<10
S	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	Pr	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Cl	2	<0.5	<0.5	<0.5	Nd	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
K	<5	<5	<5	<5	Sm	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ca	<5	<5	<5	<5	Eu	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sc	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	Gd	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ti	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	Tb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
V	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Dy	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cr	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Ho	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Mn	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Er	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fe	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Tm	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Co	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Yb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ni	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Lu	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Cu	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	Hf	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Zn	2.8	<1	<1	<1	Ta	发射源			
Ga	基体				W	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ge	<30	<30	<30	<30	Re	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
As	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	Os	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	<5	<5	<5	<5	Ir	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Br	<5	<5	<5	<5	Pt	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Rb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Au	<10	<10	<10	<10
Sr	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Hg	<5	<5	<5	<5
Y	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	Pb	0.4	<0.5	<0.5	<0.5
Nb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Mo	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	Th	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ru	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	U	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Rh	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2					

表 4 调制掺杂二维电子气的试验结果
Table 4 Measurement results of two-dimensional electron-gas modulat-doped

镓来源	迁移率 $\mu / (\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$		面密度 n_s / cm^{-2}	
	室温	770K	室温	770K
本公司	5338	110300	6.30×10^{11}	6.60×10^{11}
法国 GEO	5322	103500	6.77×10^{11}	6.09×10^{11}

4.2 讨论

4.2.1 环境

制造高纯材料,环境的洁净是至关重要的.对于科学研究,也许局部环境洁净,就可以制得高纯度的样品,但对于规模化生产,生产环境的洁净,应作为生产高纯产品的前提,生产超纯镓的环境洁净度不应低于10000级.

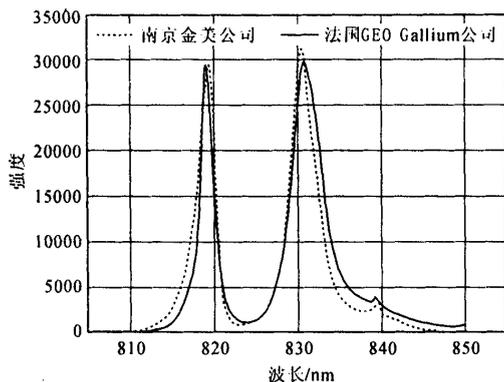


图5 两种样品的X射线衍射强度
Fig.5 X-ray diffraction intensity on two samples

4.2.2 辅助材料和设施

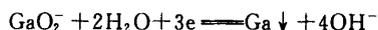
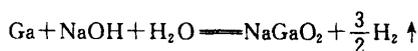
如果超纯镓用于微电子和光电子工业,那么其辅助材料和设施也应与之相适应.如化学试剂应是电子级的,高纯水应是动态16 MΩ,管道、容器和模具应是无污染的塑料制品,内包装应是免清洗(Epi-ready)的铝塑复合袋或PE,PP瓶,防护手套应是无粉尘乳胶手套,防护服应是防静电整体防护服.

4.2.3 化学萃取

因为酸和金属镓的密度相差很大,用一般的萃取器萃取效果很差,如何设计高效萃取器成了镓中除Zn等杂质的关键.

4.2.4 电解精炼

镓在碱性溶液中电解时,因GaO₂⁻带负电荷,在阴极表面受到排斥,使极化放电发生困难:



根据弗留姆金(A. H. Фрумкин)的理论,GaO₂⁻在阴极上极化放电的速度V_d为:

$$V_d = K C_{\text{exp}} \frac{(1 + \alpha) F \Psi_1 - \alpha F \Phi}{RT} \quad (2)$$

式(2)中:K为反应速度常数,Φ为电极电位,Ψ₁为距阴极表面等于离子半径处的电位,C为溶液中镓酸根离子的浓度.

在较高的负电极电位下,V_d基本上取决于exp[-αFΦ/RT],即Φ越负,极化放电的速度越快,但在Ψ₁负电位下,阴离子穿过双电层移向阴极表面就困难,向电解液中加入NaOH,可使Ψ₁的绝对值减小,阴离子就容易穿过双电层,并在阴极上极化放电.在GaO₂⁻溶液中,当Na⁺过剩时,由于Ψ₁的负电位而引起的[GaO₂⁻]在双电层中的下降效应可以忽略不计,镓在阴极上的析出速度,基本上取决于GaO₂⁻向阴极的扩散.

电解时,阴极的镓表面会发生氧化生成氧化膜,使局部电流密度升高,这时电位较正的杂质就有可能进入溶液,最后在阴极上沉积.为了使在阳极表面逐渐富集的杂质尽快向阳极内部扩散,液态镓作为阳极是很有利的.因此,电解液的温度需要高一些,以确保镓呈液态.

较低的电流密度,可以防止正电位的杂质溶解入电解液中.在电极电压稳定的情况下,电流密度是由电解液的碱度和温度所决定的.

电解液的搅拌,无论是对于GaO₂⁻向阴极扩散,还是消除阳极表面的氧化,都是很重要的.

市供的电子级NaOH不能满足电解精炼超纯镓的要求,NaOH中所含的正电位杂质在电解时会优先进入阴极.因此,在用于电解精炼前,必须先用电解的方法对其进行预净化.

对用不锈钢、镍、铬、钼、铂等材料作电极引线的研究,发现均有污染.污染来源于阳极的微电化学腐蚀和镓的微合金化,通过严密的保护层可以防止微电化学腐蚀,而镓的微合金化尚无合适的办法避免.不过其污染的程度尚不能从现有的GDMS分析中察觉,仅能从长期使用的引线重量的变化和外形微小变化中察觉.

4.2.5 定向结晶

定向结晶法可以控制结晶的速度和结晶的比例.由于结晶时使用了籽晶,可以生长成单晶体或晶粒较大的多晶体,减少了晶粒间界可能包络的杂质.定向结晶法的关键在于热场的设计和容器材料的选择.

4.2.6 包装

包装是产品生产的最后一道工序,往往容易被人们忽视.我们认为,干燥镓锭用真空封装比较好,真空封装用的免清洗铝塑复合袋,可防止镓与水汽、

空气的接触,长期保存镓锭表面无氧化。

5 结 论

(1)为了实现超纯镓生产的产业化,必须解决“超纯”这一质量概念的定义。如果用于合成半绝缘砷化镓的金属镓(IC-Ga)和用作分子束外延源的金属镓(MBE-Ga),那么可用 GDMS 作为分析主要杂质含量的方法,结合下道工序(合成半绝缘砷化镓和分子束外延 GaAs 膜)即成品的迁移率,作为评判镓

的纯度依据比较合适。

(2)为了实现超纯镓生产的产业化,一套严格可靠的质量管理和保证体系是必不可少的。

(3)实现超纯镓生产的产业化,先进、可靠的生产工艺是根本,同时也应重视从环境、辅材、提纯到成型、包装一整套工艺。

本单位采用化学萃取—电解精炼—定向结晶的工艺,建成了年产 15 t MBE 级和 IC 级超纯镓的生产线。

Research and industrialization of super-pure gallium

FAN Jia-hua

(Nanjing Jinmei Gallium, Ltd., Nanjing 211165, China)

Abstract: There exist two problems that are reliability and of the quality of products, if we want to realize industrialization of super-pure gallium. The definition of super-pure gallium is proposed. Author consider that is available using the result of CDMS analysis and the mobility of SI-GaAs or MBE GaAs film as basis for determinations of quality of super-pure gallium. At the proceeding of improving quality assurance, we have researched advanced technologies, and established a workline that annual output is 15 tons super-pure gallium. The quality of products reached the level of GEO Gallium in France.

Key words: gallium; super-pure; industrialization