

文章编号:1673-9981(2009)04-0216-07

稀散金属产业的观察与思考

陈少纯, 顾珩, 高远, 吴昊

(广州有色金属研究院, 广东 广州 510650)

摘 要:分析了近年来国内外稀散金属产业的生产、应用、资源与市场状况。铟锡氧化物靶材、砷化镓晶片、锗红外材料、铍高温合金和硒在电解锰及玻璃的应用等已成为稀散金属的主要应用领域。稀散金属的产量快速增长达到历史高位而导致了市场的失衡。以 $\text{GaInP}_2/\text{GaAs}/\text{Ge}$ 、CIGS 和 CdTe 为代表的非硅系太阳能电池是稀散金属的新兴应用领域, 将给稀散金属带来日益增长的需求。

关键词:铟; 镓; 铊; 锗; 硒; 碲; 铍; 生产; 应用; 资源

中图分类号: TF843

文献标识码: A

稀散金属铟、镓、铊、锗、硒、碲和铍, 是当代半导体、光电子、新材料、化工、军工等高新技术领域重要的支撑材料。稀散金属作为伴生金属从金属冶炼过程或煤中综合回收。我国是稀散金属最主要的生产国, 近年来稀散金属产业的发展迅速, 主要呈现如下特点:

(1) 产能快速放大, 主要稀散金属的产量达到了历史的最高位。我国 Ga 、 In 、 Ge 、 Te 的产量继续居世界首位, 从含锗煤中提取 Ge 的产量及 Se 和 Te 的产量也有明显的增长。

(2) 综合回收技术不断完善走向成熟。偕胺肟萃淋树脂在氧化铝系统回收铟, 以 P_{204} 萃取法为核心的湿法炼锌系统回收铟等技术的推广应用, 为提高我国铟、镓的回收水平发挥了关键的作用。

(3) 应用需求快速增长, 应用领域不断扩大。在 ITO 靶材、 GaAs 晶片、 Ge 红外光学材料、 Bi-Te 半导体制冷器件、电解锰、玻璃、 Re 高温合金等领域对稀散金属的需求持续增长。多结高效 Ge 衬底 ($\text{GaInP}_2/\text{GaAs}/\text{Ge}$) 太阳能电池、CIGS (Cu-In-Ga-Se) 薄膜电池和 CdTe 薄膜电池等非硅系太阳能电池的应用崭露头角, 是今后稀散金属应用的新领域。

(4) 2008 年市场需求从过热走向降温, 产能快速扩张和终端消费减缓均令 Ga 、 In 、 Ge 、 Se 的生产

步入下降阶段, 但由于 Te 和 Re 资源的增量有限, 供应仍偏紧。

(5) 我国除含 In 无汞电池锌粉、 Bi-Te 半导体制冷器件产业的发展较成熟外, 稀散金属的主流应用仍无重大突破, 初级资源出口仍是我国稀散金属产业的特征。

1 稀散金属的生产、应用与市场状况

1.1 铟

2007 年世界原生铟的年生产能力达到 180 t, 其中以中国增长最快, 新增生产能力估计有 45 t, 达到 100 t。据报道, 到 2011 年前, 哈萨克斯坦将新增产能 15 t, 俄罗斯新增 60 t^[1-2]。中国的铟生产厂主要是中铝集团属下的河南、山东、贵州、山西、广西等地的氧化铝厂和北京吉亚、河南平顶山、山西万荣等公司, 高纯铟的生产厂主要有南京金美铟业、峨嵋 739 厂、山东铝业和上海的日本住友及深圳的英国 MCP 等公司。南京金美铟业 7N 和 8N 高纯铟的批量生产标志着我国铟提纯技术的进步。

铟的应用领域分布为: 65%~70% 应用于 GaAs 晶片, 20% 应用于 LED 发光器件, 5% 应用于磁性材料及合金添加剂。移动通信对 GaAs 晶片的需求增长

收稿日期: 2009-03-16

作者简介: 陈少纯(1954—), 男, 广东韶关人, 教授级高工。

稳定,2007 年全球手机产量达 1.5~1.7 亿台,估计耗 Ga 约 40 t. LED 在绿色照明中扮演着重要的角色,给 Ga 的需求带来新的支持. 太阳能电池的发展值得关注,2008 年美国波音公司和 Solfocus 公司分别计划生产 11 MW 和 10 MW 的 GaAs 多结太阳能电池发电系统^[2]. 估计 10 MW 的 GaAs 太阳能电池耗用 Ga 达 40 t. Ga 的另一个应用领域是作为 Al-Mg 合金的添加剂,在含 8%Mg 的 Mg-Al 合金中添加 2% 的 Ga,可使合金的强度提高一倍以上.

Ga 主要是从生产氧化铝时回收. 采用偕胺肟萃淋树脂吸附法从氧化铝系统回收镓的技术在我国已走向成熟,为我国镓产业的扩大发挥了重要的作用. 我国年产氧化铝达 1000 万吨,带入的镓量估计有 200~300 t.

Ga 的市场价格走势如图 1 所示,2007 年镓价从前几年低谷期的 320 美元/kg 上升到 720 美元/kg. 进入 2008 年,Ga 价逐步走低,主要原因是 Ga 的产能增量远大于消费增量,这一趋势估计仍将持续一段时间.

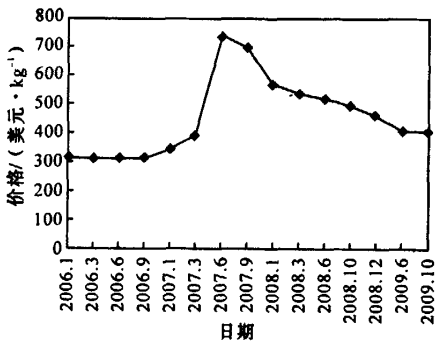


图 1 Ga 的价格走势

Fig. 1 Price tendency of Ga

1.2 铟

2006 和 2007 年全球铟产量分别为 1140 t 和 1275 t,其中再生铟分别为 562 t 和 730 t^[1-2],均超过了原生铟的产量. 2006~2008 年各国的铟产量列于表 1,由表 1 可见,近三年来中国的铟产量稳定,韩国已成为新的产铟大国. 中国主要的铟冶炼厂及其产能是:华锡(80 t)、株冶(50 t)、湘潭比坦(72 t)、株洲经化(40 t)、铟泰(30 t)和葫芦岛(25 t). 在再生铟方面,南京锗厂 2005 年产铟 142 t 位居全国第一. 国外主要的冶炼厂有:加拿大克明克(75 t)、韩国铟业

(50 t)、日本同河(50 t)和日本矿业(30 t).

表 1 世界各国的铟产量

Table 1 Indium output of the world			
	2006 年	2007 年	2008 年
比利时	30	30	30
加拿大	50	50	50
中国	350	285	330
日本	55	50	60
韩国	50	85	50
其它	30	30	48
原生铟合计	565	530	568
原生铟+再生铟	1142	1275	—

铟主要从锌冶炼中回收,在铜、铅和锡冶炼中也有少量回收. 原生铟产量的增加源于锌产量的增长和铟回收技术的进步. 近年来,中国的锌产量年增长率保持在 10% 以上,带入的铟原料较为充足. 上世纪八十年代研究成功的 P₂₀₄ 萃取铟的技术,提高了锌厂 In 的回收水平,目前,回收 In 的原料中铟的起点品位从万分之几降低到十万分之几. 再生铟的原料主要来自废 ITO 靶材. 2006~2007 年全世界 ITO 靶材耗 In 量分别为 846 t 和 1100 t,其中约有 70% 的铟形成废料返回再生,值得注意的是从 2007 年起我国已禁止铟废料的进口.

2007 年 83% 的铟消费在平板显示器的 ITO 靶材上^[2],由此可见,平板显示器件是今后 In 产业发展的主要动力. 铟在非 ITO 领域的应用也有较大的增长. 2007 年非 ITO 领域的用铟量为 225 t,比 2006 年增加了 64 t,其中化合物用铟 119 t、合金 66 t、半导体 40 t^[2]. 在太阳能电池方面铟的应用崭露头角,2007 年 CIGS(Cu-In-Ga-Se) 电池耗 In 达 21 t,有人预测,到 2010 年 CIGS 电池年用 In 量将达 110~130 t^[2]. 美国能源部规划到 2050 年,CIGS 电池的发电量达到 20 GW,估计累计耗 In 将达 400~600 t. 可以认为,In 的下一个应用增长点将是太阳能电池.

In 的价格走势如图 2 所示,由图 2 可见,除 2006 年上半年短暂上升到 1000 美元/kg 外,铟价总体呈下降趋势. 反映出 In 产能和再生铟原料库存充足. 进入 2008 年,由于世界经济衰退使 In 价继续走低. 虽然中国从 2006 年起取消了 In 的出口退税,2007 年又征收 15% 的出口税,并实行出口配额控制,但这些措施未能对提升 In 价产生作用.

我国保有 In 储量为 1.3 万吨,随选冶技术的进步,可回收铟的储量估计可提高到 2 万吨以上. 中国的铟资源主要分布在云南、广西、内蒙古、广东等地区,云南的都龙矿区有可能成为我国新的铟产地.

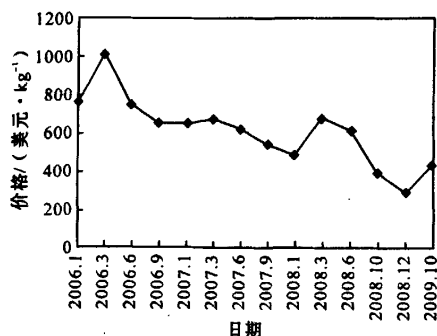


图2 In 的价格走势

Fig.2 Price tendency of In

1.3 铊

目前,铊的实际应用不多,一般仅限于科研方面,所取得的主要研究进展是 Tl 高温超导材料. Tl-Ba-Ca-Cu 氧化物超导带材的临界温度达到了 77 K, Hg-Tl-Ba-Ca-Cu 氧化物超导材料的临界温度为 132 K. 虽然达到这一临界温度的超导材料不少,但能加工成带材的不多, Tl 高温超导材料有可能成为铊的应用领域. 高纯铊的价格从 2005 年的 1900 美元/kg 上升到了 2007 年的 4560 美元/kg.

铊主要伴生在铅锌矿、铜矿及一些硫铁矿中,湿法炼锌的铜镉渣也是回收铊的原料. 冶炼时铊大部分进入烟尘和酸泥. 由于在冶炼中基本不回收铊,使得分布在各种废渣中且有不同程度富集的铊在常年堆存中会对环境造成污染. 美国环保机构 EPA 制定了饮用水含铊量不超过十亿分之一的规限^[2],可作为矿山和冶炼外排废水含铊量的控制参考指标.

1.4 锗

从 2006 年开始,锗的应用结构发生了明显的变化,在红外材料的应用增加最多,各领域用锗份额如图 3 所示. 美国是最大的锗消费国,2006 和 2007 年分别进口了 50 t 和 52 t 锗,均比 2005 年的 23.5 t 提高了一倍以上^[1-2],红外材料用锗的比例从 23% 提高到 50%,估计与在军工用途的增长和红外器件在民用方面的需求扩大有关. 光纤用 Ge 量的稳步增长,与光纤

入户工程的扩大相对应. 锗在 PET 催化剂应用方面继续减少,日本是主要用户,2008 年以来日本大量减少了 GeO₂ 的进口量. 近年来,太阳能电池的用锗量持续增长,预计今后十年这一增长态势仍将保持^[3]. 由于产业化的锗衬底太阳能电池的光电转换效率高达 28%~32%,比传统的硅基电池高 1 倍,在减少电池重量和体积方面有明显的优势,因此,多结高效 Ge 衬底太阳能电池将是今后锗应用的增长点. 据报道,2008 年美国 AXT 公司生产了约 6 万片锗基片(420 万美元),为全球锗基片年产量的 20%,比 2007 年增长了 91%. 我国南京锗厂也建成了年产 5 万片太阳能电池用锗基片的生产线^[3].

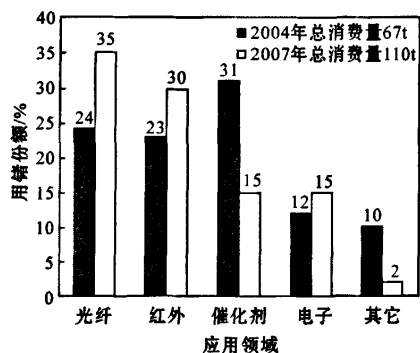


图3 2004 年与 2007 年各领域的用锗份额

Fig.3 Ge consumption shares of different fields in 2004 and 2007

2007 和 2008 年 Ge 的世界年供应量约为 120~140 t,其中主要生产国中国的供锗量占 50%~60%,比利时占 23%,加拿大占 15%. 2008 年,中国出口 Ge 48 t,估计全年的 Ge 产量为 70~80 t. 中国的原生锗约 60%产自锗煤,约 40%产自锌冶炼,生产厂主要有云南驰宏、广东韶冶、云南临沧鑫园、内蒙通力等. 全球再生锗约占锗产量的 30%,南京锗厂是最大的再生 Ge 和精炼 Ge 生产企业,2007 年和 2008 年分别产锗 32 t 和 39.5 t,约占中国锗产量的 50%. 美、日两国的锗消费量占世界的 80%,近年 Ge 市场的基本状况^[4]列于表 2,价格走势如图 4 所示.

由图 4 可见,Ge 价从 2006 年的 600 美元/kg 一路稳步上升到 2008 年 10 月的 1600 美元/kg,主要原因首先是 Ge 资源未有大的增量,市场担忧供应偏紧;其次是主产国人民币升值和取消了出口退税. 2008 年下半年受世界经济衰退,消费下降

的影响,Ge 价有所回落。

表 2 世界 Ge 市场状况
Table 2 Ge of the world market situation

	2006 年	2007 年	2008 年
日本进口 Ge 量/t	32	35	35.3(1~11 月份)
美国进口 Ge 量/t	50	52	65.5
中国出口 Ge 量/t	45	54	48
世界 Ge 供应量/t	103	109	120~140

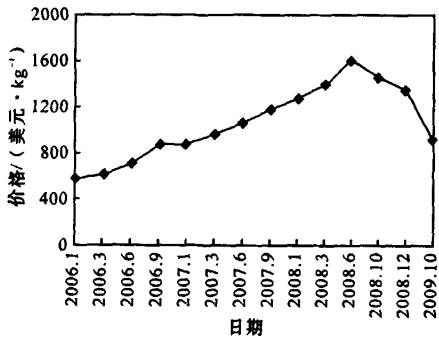


图 4 锗价格走势
Fig.4 Price tendency of Ge

据文献报道^[4-5],世界锗资源的储量分布大致是:美国 3900 t、加拿大 900 t、欧洲 1400 t、非洲 2400 t、中国约 10000 t,我国内蒙古锡林浩特锗煤田新探明的锗储量是 3300 t,平均品位 $w(\text{Ge})=0.024\%$,是目前发现的规模最大、开采条件最好的锗资源^[6]。

1.5 硒

2006~2007 年,世界 Se 年产量达到了 2200~2500 t。硒主要是从铜火法冶炼中回收,少量在镍、钴冶炼时回收,但总体上可回收的资源增量不大。世界硒储量约 82000 t,智利和我国各占 16000 t^[4],但可回收的硒资源仅能按铜矿的含硒量来估计。因此,我国可回收的硒资源并不多。另外,由于湿法炼铜的比例在增加,而这部分铜矿中伴生的硒是不能回收的。因此,应加强对从有色金属矿和硫铁矿的含硒烟尘、酸泥中回收硒的方法的研究。

硒的主要生产国是:比利时、日本、中国和韩国。中国年产硒 300~350 t,主要生产企业是江西铜业、云南铜业、金川公司及大冶、铜陵等。

中美两国近年进口的硒量占全球产量的

85%^[4],由此可见硒的消费明显受中美两国的消费所左右。

在中国,电解锰是硒的主要消费领域。2007 年中国电解锰产量达 100 万吨,估计年耗硒达 1200 t。中国其他行业每年的耗硒量约为:陶瓷 200~250 t,涂料 150 t,玻璃 100 t,其他 50 t。由此估计中国每年耗硒达 1700 t 以上,是最大的硒消费国。在美国,硒的消费领域是玻璃、涂料、合金这些传统的应用领域,需求稳定。另外,硒还作为补硒原料添加到缺硒的土壤中。近年来硒在 ZnSe 红外材料、CIGS 太阳能电池中的应用也有所增加。

硒价从 2005 年的 110 美元/kg 高峰下降后,在 2006~2008 年期间的大部分时间里维持在 500~700 元/kg 的价位内,反应了需求与供给的基本平衡。2008 年以来硒的价格持续向下,主要原因是中国的电解锰产量下降,且陶瓷、玻璃的消费减少,造成对硒的需求减少。近年来硒价的走势如图 5 所示。

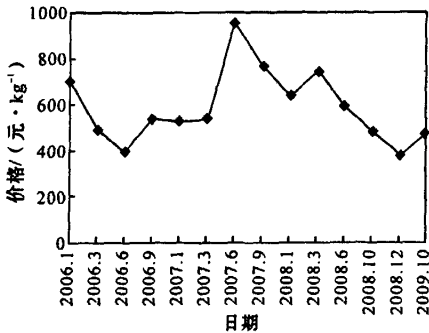


图 5 硒价格走势
Fig.5 Price tendency of Se

1.6 碲

据江西铜业公司的报告,2005~2007 年全球碲的年产量维持在 340~350 t,无明显的增加。USGS 统计了 2007 年加拿大、日本、秘鲁三国的碲产量为 135 t,我国 2007 年产碲约 120 t,其中江西铜业产碲 60 t,是最大的碲生产厂。

碲主要应用在热电材料领域。我国近十年来发展起来的 Bi-Te 系半导体致冷器件产业,目前年耗碲 150 t,估计这一行业今后几年仍将有 5% 的增长。碲在高导电、高导热的电工触头材料、易切削黄铜合金等合金领域也占有 30%~35% 的消费份额;而在化工、橡胶的应用未见太多的报导。美国是碲的消费大

国,2005~2007年期间,每年进口碲量均在45~60 t。

碲在太阳能电池的应用已经凸显,Te-Cd太阳能电池的光电转换效率达20%,且成本较低。2005年全球Te-Cd电池产量达30 MW,2009年美国在马来西亚的Te-Cd电池厂将投产,估计每年耗碲60 t^[1-2]。预计今后Te-Cd电池每年耗碲将达120 t,Te资源不足有可能成为Te-Cd电池发展的障碍。今后Te在HgCdTe红外材料、Pb-Te高温热电材料的应用也将会有一定的发展。

世界碲储量有47000 t,中国占16000 t^[4],但可回收的碲资源仍是以铜冶炼的副产物为主。对于含Te, Bi只有千分之几到万分之几的低品位资源,其单独回收仍有技术和经济上的障碍。至于陕西秦岭及辽宁、山东金矿的伴生碲资源,没有单独回收的价值。

碲的价格走势如图6所示,由图6可见,进入2007年后碲价开始上升,未来碲太阳能电池的增长与资源供给不足是影响碲价的主要因素,从长期来看碲将面临供不应求的局面。

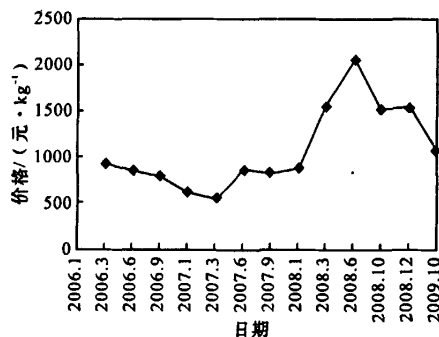


图6 碲的价格走势

Fig.6 Price tendency of Te

1.7 铼

2006~2008年期间,对铼的需求旺盛、价格飙升,使铼进入了贵金属之列。铼在军工用途的持续增加,更凸显了这种战略资源的稀缺。

80%的铼用于高温合金, $w(\text{Re})$ 为3%~7%的镍基单晶超级合金在1000℃的高温下仍能保持足够的强度,可用于制造新一代飞机发动机高温区的部件。美国是最大的铼消费国,占全球消费的70%,近年来美国的铼消费量持续增长(图7),估计与用于制造新一代飞机发动机有关。

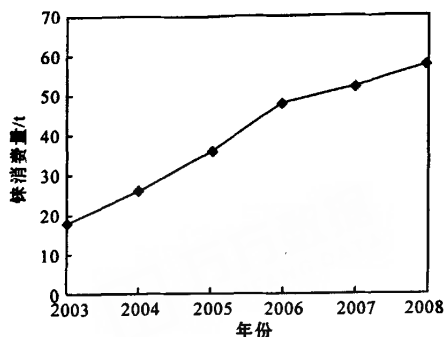


图7 美国的铼消费量

Fig.7 Rhenium consumption in U.S.A

铼主要用于飞机发动机。据USGS称,美国新一代战斗机计划中需要生产新发动机7400台^[2],另有报道2005年美国飞机发动机制造商通用公司耗铼15 t,惠特尼公司6 t^[2]。铼的另一应用是用于石油重整的Pt-Re催化剂,受铂价高涨的影响,以铼代铂会有更多的需求,如汽车尾气净化器、铂热电偶等用铂的场合均有可能用铼代替部分铂。

铼的全球储量为1万吨左右,其中美国约占45%。可用于回收的铼不足1500 t,主要是从钼矿和铜矿的焙烧烟尘及钼矿的压煮液中回收。最近有报道俄罗斯在南千叶群岛(择足岛)发现了储量丰富的铼矿藏^[2]。我国的铼资源主要有金堆城钼矿(100 t),栾川钼矿(139 t)^[5],江西铜业和湖南宝山铜矿也有可供回收的铼资源。

目前,我国只有江西铜业公司进行工业规模的铼回收,年产量仅1~2 t。2008年世界铼产量约60 t,其中原生铼50 t^[1],再生铼10 t。近年铼的价格走势如图8所示,原生铼的主要生产国及产量^[1-2]列于表3。

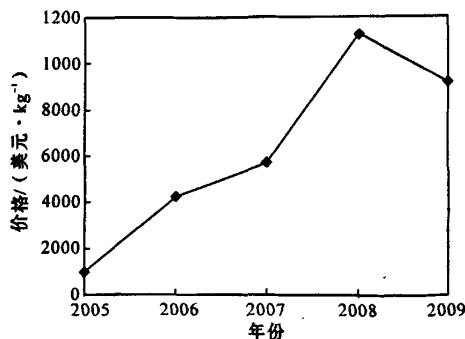


图8 铼价走势

Fig.8 Price tendency of Re

表3 世界原生铼产量及生产国

Table 3 World output of primary Re and its production countries

生产国	产量/t		
	2006年	2007年	2008年
智利	19.8	22.9	27.6
美国	8.1	7.3	7.7
哈萨克斯坦	8	8	8
秘鲁	5	5	5
加拿大	1.7	1.7	1.7
中国	1	1	1
其它	4.6	4.6	6.7
合计	48.2	50.5	57.7

美国已将铼列入战略储备物资,我国也面临铼的供应问题。因此,迫切需要加强对可回收的铼资源的普查和回收技术的研究,就现有的资源状况来看,将我国的铼年产量提高到3~5 t是有可能的。

2 未来的关注点

2.1 非硅系太阳能电池的发展

2007年我国的太阳能电池产量1000 MW,是太阳能电池的主要制造国。硅材料价格的暴涨和非硅电池制造技术的进步,给非硅电池一个良好的发展机遇。非硅电池主要有多结高效Ge衬底太阳能电池、CIGS(Cu-In-Ga-Se)薄膜电池和CdTe薄膜电池三大类型,尤其是以锗为衬底的多结太阳能电池将有飞速的发展。据台湾英得利公司预测,以锗为衬底的太阳能多结电池每年将以130%的速度增长。非硅太阳能电池未来将占太阳能电池20%~30%的份额,所用的稀散金属是Ga, In, Ge, Se和Te。原来存在的非硅电池原材料价格高的障碍已基本消除,如1 g硅所产生的同等电力对于GaAs电池只需用0.6 g 镓,薄膜电池的耗材就更少,如CdTe薄膜电池仅耗0.014 g 碲,各类太阳能电池的材料成本列于表4。由表4可见,非硅太阳能电池的转换效率比硅太阳能电池的高而材料成本却比硅太阳能电池的低。

我国有丰富的Ga, In和Ge资源,战略上应重点发展CIGS电池和多结高效Ge衬底太阳能电池,这是利用我国的资源优势,打造稀散金属产业链,改变资源利用落后局面的一个很好的切入点。

表4 各类太阳能电池的材料成本

Table 4 Cost of materials of solar photo voltaics

电池类别	光电转换效率/%	材料成本/(美元·W ⁻¹)
单晶硅	24.7	5.8
GaAs 多结	34.7	6.5
GaAs 薄膜	37.3	1.2
CIGS	19.5	0.99
Te-Cd	16.5	0.30

2.2 大尺寸ITO靶材的制备技术

目前,ITO靶材制备技术已从第一代的热压、热等静压烧结,第二代的高氧压烧结发展到了第三代的常压烧结,靶材尺寸可达1150 mm×980 mm,相对密度达到99.5%。从有关单位的研究成果来看,我国ITO靶材的制备技术已进入了第三代的常压烧结制备阶段,这是我国将铟资源用于高端产品的一项关键技术,值得关注。

2.3 高纯稀散金属的制备技术

我国制备6N级以上高纯产品的技术较薄弱,而用于半导体、光电子材料的稀散金属的纯度必须在6N级以上。因此,需要加强对提纯分离技术的研究,争取在稀散金属高端产品占有一席之地,此外还需大力解决光纤级GeCl₄产业化的关键技术问题。

2.4 萃淋树脂在酸性体系中提取稀散金属的技术

萃淋树脂在碱性体系中提取Ga已取得很大成功,萃淋树脂用于钼碱煮液提取Re也将有技术上的突破。而在酸性体系,特别是在硫酸体系中则会面临不同的问题,主要是萃取条件与主金属提取工艺条件的矛盾。如酸度问题、反萃体系等。对于大多数以使用硫酸为主的有色金属湿法冶金工艺而言,用萃淋树脂法提取低含量的稀散金属,是很有价值的研究。

3 结语

2008年后的稀散金属已步入急剧降温的衰退期。面对这种状况,积极应对和调整发展战略是非常必要的,目前,应采取以下措施:(1)抑制产能的释放,减少供给量;(2)整合资源产业,控制原料资源的外流,淘汰落后产能;(3)加快应用开发的力度,特别是加快非硅系太阳能电池的开发应用研究,促进上下游产业结合,延长资源的产业链,用内需拉动需求

的增长;建立战略物资的储备制度,稳定稀散金属的生产,减少资源的流失。

参考文献:

- [1] BROWN R D, BLOSSOM J W, SMITH G R. Mineral Commodity Summaries (Gallium, Germanium, Indium, Rhenium, Selenium, Tellurium, and Thallium)[G]//U S Geological Survey, 2008: 64-171.
- [2] BROWN R D, BLOSSOM J W, SMITH G R. Minerals Yearbook (Gallium, Germanium, Indium, Rhenium, Selenium, and Tellurium)[G]//U S Geological, 2006.
- [3] GUBERMAN D E. Minerals Yearbook (Germanium) [G]//US Geological, 2008.
- [4] 亚洲金属网. 统计数据[EB/OL]. 北京: [2008-11-13]. http://www.asianmetal.cn/stat/stat_index3.asp.
- [5] 中国有色金属协会. 有色金属进展(1996-2005)第五卷[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2007.
- [6] 于宏, 刘源. 锡盟胜利煤田含锗煤矿开发利用现状及发展设想[C]//第十一届全国稀散金属会议论文集, 郑州: [出版者不详], 2008.

Survey and reflections on rare and scattered metals

CHEN Shao-chun, GU Heng, GAO Yuan, WU Hao

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: This paper reviews the production, application, resources and market situation of the rare and scattered metals at home and abroad in 2006-2008. During this period, there was an increasing demand for the rare and scattered metals in some fields such as ITO target material, GaAs wafer, Ge infrared optical material, Bi-Te semiconductor cooling device, Re high temperature alloy and some Se consumption industries including electrolytic manganese and glass, thus rapidly leading to improve the resource productivity. And it made the production volumes of major metals were up to the highest in the history and resulted in an unbalanced market. A proposal about the further research and the future application of rare and scattered metals on some non-silicon solar cells such as GaInP₂/GaAs/Ge, CIGS and CdTe was presented.

Key words: Ga; In; Tl; Ge; Se; Te; Re; production; application; resources