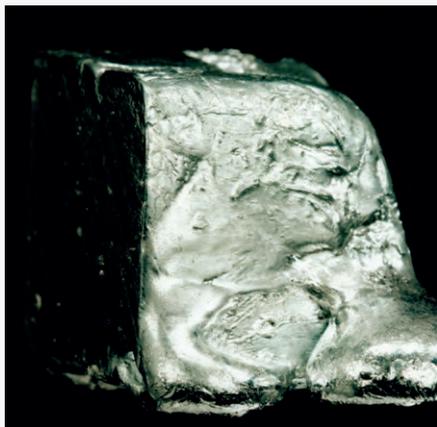


镓

——一种新兴的战略矿产资源

□ 文图 / 李德先 王 锦

第一作者简介 李德先，正高级工程师，从事稀散元素及矿山环境研究。



> 镓金属

镓，是由法国化学家布瓦博德朗于1875年在闪锌矿中发现的。当时门捷列夫根据已发现的63种元素的规律性变化编制了第一个元素周期表，并为未知元素预留了空位，镓是第一个填补了化学元素周期表空位的新元素。

镓，位于元素周期表中第Ⅳ周期第Ⅲ主族，原子序数为31，元素符号为Ga。在自然界中，镓有2个稳定同位素——镓69和镓71。镓的熔点仅为29.78℃，放在手中就会熔化，沸点却高达2403℃，是自然界中液

相温区最大的金属元素。镓具有过冷现象（即熔化后不易凝固），可过冷到-120℃。镓由液态变成固态时，体积要膨胀3%，因此镓常被保存在富有弹性的塑料袋或橡胶袋里。固态镓质软，有淡蓝色光泽，液态镓则呈银白色。镓的化学性质不活泼，常温下表面易生成一层薄的氧化膜以阻止其进一步被氧化；但在高温条件下，镓能与很多金属或非金属发生化学反应，形成化合物。镓属于两性金属，既可溶于硝酸、高氯酸、盐酸中，也可溶于浓的强碱溶液中，并可生成镓酸盐。

镓在地壳中的含量为 15×10^{-6} ，在许多矿物和岩石中分散存在，很难形成独立矿物，因而是典型的稀散元素。目前发现的富镓矿物只有4个，分别为硫镓铜矿、羟镓石、羟氧镓石和砷镓铅矾。在我国青海锡铁山、吉林郭家岭和广东凡口等铅锌矿床中，已发现硫镓铜矿和羟镓石2个镓的独立矿物。

巨大的资源潜力

镓作为典型的稀散元素，很难像铁、铜、铅锌等常规金属一样大规模成矿，但可以与煤和铝土矿一起形成超大型伴生镓矿床，如内蒙古准格尔的镓矿实际上是伴生在煤矿中的。因此，镓主要是从铝土矿加工的副产品和锌加工的残渣中回收。

目前镓的世界总储量约23万吨，中国的镓金属储量居世界第一，约占世界总储量的80%~85%；国外金属镓的储量约为4~5万吨。全球镓资源潜力巨大，据美国地质调查局资料，世界铝土矿中镓的资源量超过100万吨。全球铝土矿资源量约为55亿~750亿吨，其中镓的含量一般为 20×10^{-6} ~ 200×10^{-6} 。在现有的技术条件下，只有不到10%的镓可以成为潜在资源。锌矿中也含有相当数

量的镓，目前世界上已查明的锌资源量约为19亿吨，还有许多未发现的锌资源，闪锌矿中镓的含量为0.01%~0.02%。随着镓回收技术的提高，全球镓资源潜力也将大幅度提高。

重要的战略地位

镓早在第二次世界大战期间就被认为是一种战略性和关键金属，因为它是制造原子弹的主要原料 Ga-Po 合金的必要组成部分。在现代社会中，镓的应用越来越广泛。

砷化镓 (GaAs) 作为第二代半导体材料的代表，在高频、高速、高温及抗辐照等微电子器件研制中占有主要地位。半绝缘砷化镓材料主要用于雷达、卫星电视广播、微波及毫米波通信、无线通信 (以手机为代表) 及光纤通信等领域；半导体砷化镓材料主要应用于光通信有源器件 (LD)、半导体发光二极管 (LED)、可见光激光器、近红外激光器、量子阱大功率激光器和高效太阳能电池等光电子领域；砷化镓 (GaAs) 聚光太阳能电池，具有良好的耐热、耐辐射等特性，被应用在航天工业和军工领域，多聚光砷化镓太阳能多用于大规模发电站。

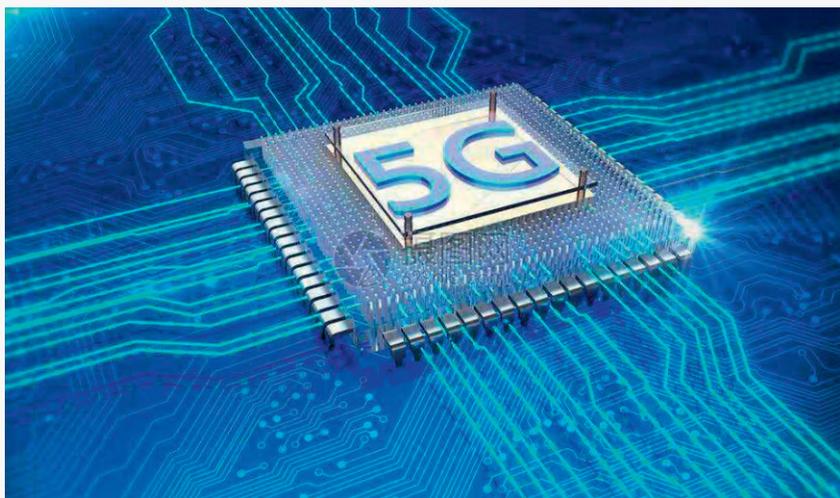
氮化镓 (GaN) 作为典型的第三代半导体材料，是目前世界上最先进的半导体材料，是新兴半导体光电产业的核心材料和基础器件，在手机快充、5G通信、电源、新能源汽车、LED 以及雷达等方面具有远大的应用前景。当前，军事和航天领域占据了 GaN 器件总市场的40%，最大应用市场是雷达和电子战系统。

铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜电池以其成本低、性能稳定、轻柔便携、透光性好等特点，适用于边远山区独立电站、小型户用屋顶组件、大型商用屋顶轻质组件、太阳能电站组件、建筑材料一体化应用、超大规模太阳能应用项目等多个领域。

镓的一系列化合物 GaAs、GaSb、GaP、GaAsP、GaAlP、GaAlIn 和 GaAlAs 等



> 半导体二极管



> 氮化镓 5G 半导体材料

可作为半导体材料，用于发光二极管、电视和电脑的显示器件。GaN 蓝光 LED 的发明让基于白光 LED 和全色显示成为可能，成就了我们的多姿多彩的今天。该发现也因此获得了2014年诺贝尔物理学奖。

镓在医学领域也有重要作用。镓是继铂之后第二种治疗癌症的有效元素，并可抑制骨的再吸收，进而提高骨钙含量。利用镓的放射性同位素 (镓 67) 可以对淋巴瘤组织进行显像，为临床诊断、治疗、预后判断提供可靠的影像学依据。GaAlAs 半导体激光与药物脱敏治疗牙本质过敏症可取得较好的疗效。“有机镓胶囊”对成人大骨节病治疗效果显著。镓铂和镓钢等是良好的镶牙材料。

镓是理想的高温温度计材料。镓与不同元素组合，可得到不同的低熔点合金材料，各种低熔点合金多用于自动



> 蓝光 LED



> 铜铟镓硒太阳能电池

化、电子工业及信号系统、过真空的密封(液封)涂润金属改善性能和自动防火装置等方面。镓可用作金属与陶瓷间的冷焊剂,其卤化物可用于聚合和脱水等工艺中。镓液态金属合金可用于通信、情报、监视与侦察。此外,镓还可用于照相纸制版、半导体光刻、印刷电路板、散热器、3D 打印、整理器、真空泵和紫外线灯等。

未来任重道远

未来,镓的主要应用仍是半导体领域。砷化镓是镓的最大消费领域,占镓全球消费量的 80%;其次是氮化镓,占全球镓消费量的 7%;CIGS 薄膜电池作为镓的新用途,约占镓消费量的 5%。砷化镓在雷达、卫星电视广播、通

信、源器件、LED、可见光激光器等领域有广泛的用途。普通照明和汽车应用中基于砷化镓的 LED 的使用,以及光纤通信、军事雷达等领域的使用,使得砷化镓在镓的整个消费领域中仍占有重大比例。氮化镓未来在手机快充、5G 通信、电源、新能源汽车、LED 以及雷达等方面也具有远大的应用前景,特别是随着 5G 手机的到来,其消费量也会增加。在节能环保的大环境下,必然带动 CIGS 高效太阳能电池的广泛使用,未来对镓的需求也将呈现增长趋势。

中国镓资源丰富,占世界镓资源量的 30% 左右,但中国镓产业一直处于出口初级产品,进口核心技术深加工产品的尴尬境地。中国是金属镓的最大生产国,主要供应美国、欧盟、日本和韩国等发达经济体,初级产业在全球占有较大市场份额,初级产品过剩仍然是当前行业面临的主要问题。值得关注的是,日本是镓的主要消费国,同时也是镓回收产业发展最好的国家,目前日本镓资源的一半供应来自于本国的回收产业,正在逐步摆脱对中国的依赖。最大消费领域的砷化镓电池,由于生产设备被国外垄断,中国只能购买国外的设备来进行生产。CIGS 的生产缺乏核心技术。集成电路等元器件产业在技术和全球市场占有率上仍处于劣势地位,落后于美国、日本、韩国等发达国家。

此外,随着镓在电子领域的广泛使用,势必产生大量的电子垃圾。欧盟预测,在今后 20 年内,来自光伏的废物每年可能达到 300 万吨。这些光伏废物目前大都采用填埋处理,而填埋过程中可能会浸出有毒金属,从而引起土壤污染甚至地下水污染,需要警惕。

未来任重道远,我们砥砺前行。■

本文由中国地质调查局“大兴安岭中南段有色金属基地综合地质调查(编号:DD20190815)”和“京津冀重要矿产资源集中区资源综合利用与评价(编号:DD20190182)”项目联合资助。

第一作者单位/中国地质科学院矿产资源研究所

第二作者单位/中国地质大学(北京)

地球科学与资源学院

(本文编辑:王依卓)