



锗的提取方法

雷霆 张玉林 王少龙 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

内 容 简 介

本书共 8 章,较系统地介绍了锆的性质和用途、锆的矿床地球化学与锆资源、锆提取的基本原理等内容,重点归纳总结了国内外从煤和有色金属冶炼副产品中提取锆的最新研究成果、制备回收和提取四氯化锆的方法以及净化四氯化锆的相关工艺。本书可供从事有色金属冶炼,尤其是从事锆金属冶炼和锆材料加工的科研单位、生产企业的工程技术人员参考,也可供大专院校相关专业的教师和学生阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

锆的提取方法/雷霆等编著. —北京:冶金工业出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-5024-4120-3

I. 锆… II. 雷… III. 锆—提取—生产工艺
IV. TQ134. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 140069 号

出 版 人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 杨盈园 谭学余 美术编辑 李 心

责任校对 卿文春 李文彦 责任印制 丁小晶

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 1 月第 1 版, 2007 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 7.875 印张; 211 千字; 243 页; 1—2000 册

30.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

锆属于稀有金属。目前，锆和其他稀有金属如镓、铟、铊、碲、铋等，已成为能源、军事、卫生、当代通讯、电子计算机、宇宙开发等领域不可缺少的重要金属。

锆除硅以外最重要的半导体材料。锆在半导体工业、航空航天工业，在高频超高频电子、光纤通讯、电子器件、红外光学、太阳能电池、化学催化剂、生物医学等领域都有广泛的应用。

世界可开采的锆资源比较贫乏，而我国锆资源相对较丰富。锆材料具备多方面的特殊性质，具有广泛而重要的用途，已成为一种极为重要的战略资源。随着我国信息化高技术产业等领域的发展以及军事装备水平的不断提高，国内对锆材料的需求必然日趋增长。因此，发展我国的锆产业具有十分重要的意义。

云南省锆资源储量居全国第一，并拥有从有色金属冶炼副产品中提取锆和从褐煤中提取锆的国内重要生产企业，锆产业链涵盖了锆的初级产品、中高级产品和锆器件，具备专门的锆研发机构、创新团队和锆红外光学技术研发基础。在发展锆产业上，云南省具有得天独厚的优势。

为完成云南省经济委员会关于“云南省锆产业发展研究”课题和云南省“十一五”重点科技攻关课题“光纤用四氯化锆产品开发”，课题组对我国尤其是云南省的锆资源进行了深入调研，查阅了大量中外文资料、翻译了国外近几十年来锆的专利并重点开展了试验研究工作，本书正是在以上工作的基础上撰写成的。

参加调研、翻译、试验工作的还有张家敏高级工程师、方树铭高级工程师、邹平高级工程师、刘志斌高级工程师、李云昌厂长、李浩工程师、冯林永博士、杨艳华硕士、周林高级工程师等课题组同仁。云南冶金集团总公司、昆明理工大学、云南省经委重工处、云南省科技厅工业及高新技术处、云南驰宏锌锆股份有限公司等单位的领导给予了大力支持，在此表示衷心感谢！

本书编写较为仓促，加之作者学识有限，书中如有不妥之处，恳请读者不吝赐教。

作 者

2006年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 锆的发展概况	1
1.2 锆的战略地位	5
1.3 我国发展锆产业的意义	10
2 锆的性质和用途	12
2.1 锆的性质	12
2.1.1 锆的物理化学性质	12
2.1.2 锆的硫化物	16
2.1.3 锆的氧化物	21
2.1.4 锆的卤化物	30
2.1.5 锆的氢化物	36
2.1.6 锆的硒、碲化合物	40
2.2 锆的用途	40
2.2.1 锆在电子工业领域中的应用	41
2.2.2 锆在红外光学领域中的应用	42
2.2.3 锆在光纤通讯领域中的应用	44
2.2.4 锆在化工、轻工领域的应用	45
2.2.5 锆在食品领域中的应用	46
2.2.6 锆用于制备锆系列合金	49
2.3 锆的生产情况	53
2.3.1 概述	53
2.3.2 国外生产概况	53
2.3.3 中国锆产业发展态势	55

2.3.4 国家的相关政策环境	59
3 锆的矿床地球化学与锆资源	66
3.1 锆的元素地球化学	66
3.1.1 锆的地球化学性质	66
3.1.2 天体和陨石中锆的丰度	71
3.1.3 不同地质体中锆的分布	71
3.2 锆资源	75
3.2.1 煤中锆资源	78
3.2.2 铅锌矿中的锆资源	92
4 锆提取的基本原理	97
4.1 概述	97
4.2 丹宁沉锆的机理	99
4.3 锆精矿的氯化浸出与蒸馏原理	99
4.3.1 简单蒸馏原理	100
4.3.2 锆精矿的氯化浸出	101
4.3.3 锆精矿的氯化浸出蒸馏	106
4.4 GeCl_4 的水解原理	110
4.5 GeO_2 的还原原理	113
4.6 锆的区域提纯原理	114
4.7 锆单晶生长机理	116
5 从煤中提取锆的方法	118
5.1 水冶法从煤中直接提取锆	118
5.2 火冶法提取煤中锆	119
5.2.1 合金法	119
5.2.2 再次挥锆法	119
5.2.3 碱熔—中和法	119
5.2.4 加氢氟酸浸出法	120

5.3 萃取法提取煤中锗	121
5.4 微生物浸出褐煤中的锗	121
5.5 干馏法提取煤中锗	122
5.5.1 含锗褐煤资源利用现状	122
5.5.2 含锗褐煤锗挥发试验	124
5.6 国外从煤或煤相关产品中回收锗的工艺	136
5.6.1 从煤焦油残渣中回收锗的工艺	136
5.6.2 煤中锗的回收	137
5.6.3 从煤中提取锗的方法	138
5.6.4 从碱性煤灰、烟尘以及类似褐煤 燃烧渣中回收锗	147
5.6.5 从含水煤气中回收锗的工艺	151
5.6.6 从煤的烟尘中回收锗和锗	153
6 从有色金属冶炼副产品中提取锗的方法	158
6.1 从锌矿提取锗	158
6.1.1 锌冶炼中回收锗	158
6.1.2 从锌矿中提取和纯化锗	159
6.1.3 从锌精矿富集的锗溶液中提取锗	174
6.2 从铜、铅、锌硫化矿中提取锗	180
6.3 从铜锌硫化矿中提取锗	184
6.4 从闪锌矿中提取锗	187
6.5 从铅锌矿中提取锗	190
6.6 从风化岩石和烟气中回收锗	192
6.7 从含锗废料中回收锗	193
6.7.1 从含锗废料中回收锗的方法	194
6.7.2 从锗生产过程产生的废料中回收锗	194
6.7.3 从锗半导体制造过程产生的废料中回收锗	195
6.7.4 从锗制剂医院排放含锗废水中回收锗	197
6.7.5 从生产光导纤维过程产生的废料中回收锗	198

6.7.6 从锗浸蚀废料中回收锗	199
7 制备、回收和提取四氯化锗的方法	201
7.1 四氯化锗的制备	201
7.2 从含锗的硫化矿中制备四氯化锗	202
7.3 用气态氯化氢从锗酸盐物料中提取 四氯化锗的方法	206
7.3.1 基本原理	206
7.3.2 工艺技术	207
8 净化四氯化锗及相关提纯工艺	218
8.1 为满足半导体器件质量要求的四氯化锗提纯工艺 ...	218
8.2 由粗 GeCl_4 中提纯 GeCl_4 的方法	221
8.3 用氢氧化铵纯化 GeCl_4 的方法	226
8.4 从光纤母体材料中去除—OH 杂质	228
8.4.1 发明背景	228
8.4.2 工艺技术	229
8.5 除掉溶解在 SiCl_4 或 GeCl_4 中氢化物的工艺	232
8.5.1 发明背景	232
8.5.2 工艺技术	233
8.6 制备超纯 SiCl_4 或 GeCl_4 的技术	235
参考文献	236

1 绪 论

1.1 锗的发展概况

锗 (Ge) 属于稀散金属。所谓稀散金属是指由镓 (Ga)、铟 (In)、铊 (Tl)、锗 (Ge)、硒 (Se)、碲 (Te)、铼 (Re) 等组成的一组元素。当然, 也有学者将铷 (Rb)、铪 (Hf)、钪 (Sc)、钒 (V)、镉 (Cd) 等包括在稀散金属的范围内。在镓 (Ga)、铟 (In)、铊 (Tl)、锗 (Ge)、硒 (Se)、碲 (Te)、铼 (Re) 七个元素组成的稀散金属中, 首先发现的是碲, 最后发现的是铼。它们的发现情况见表 1-1。

表 1-1 稀散金属的发现情况

发现情况	Ga	In	Tl	Ge
发现年代	1875 年	1863 年	1861 年	1886 年
发现者	Lecoq de Boisbaudran	F. Reich et al	William Crookes	C. A. Winkler
发现介质	闪锌矿	闪锌矿	酸 泥	硫银锗矿
命 名	Gallia	Indigo	Thallus	Germania
命名意义	法兰西	蓝 色	开发的绿核	日耳曼

发现情况	Se	Te	Re
发现年代	1817 年	1782 年	1925 年
发现者	J. J Berzeilius	F. Mueller Reichenstein	Walter Noddack et al
发现介质	黄铜矿	金 矿	铂族残渣
命 名	σεληνη	Tellus	Rhine
命名意义	月 亮	地 球	莱茵河

虽然锗是 1886 年, 由德国化学家温克萊尔 (C. A. Winkler) 在

分析由德国弗莱堡矿业学院教授温斯巴哈 (Albin Weisbach) 提供的含银矿石 (硫银锗矿) 中发现的。但实际上, 早在 1872 年, 俄国著名化学家 Д. И. 门捷列夫, 在研究他的元素周期表的特性时, 就预感到在硅与锡之间, 还应该存在一个“类硅”的元素。温克莱尔在从该含银矿石中分离出这一类似非金属的元素后, 敏捷地认为, 这个元素就是门捷列夫所预言的“类硅”, 为了纪念他的祖国——德国 (German), 温克莱尔将其取名为锗 (Germanium)。

温克莱尔发现了锗, 是科学发展过程中极为重要的事件, 在人类自然科学发展史上具有深远的意义和影响。因为锗的发现及其后续在各领域的广泛应用, 不但证明了锗对人类发展的重要性, 而且在当时, 锗的发现直接验证了门捷列夫提出的“类硅”元素的存在, 证明了元素周期表的准确性和可靠性。表 1-2 所列是门捷列夫预言的“类硅”性质、温克莱尔 1886 年报告的锗性质和现在的数据。

表 1-2 门捷列夫预言的“类硅”与锗的性质对比

性 质	门捷列夫预言的 “类硅” (1871 年)	温克莱尔 1886 年 的报告数据	现在的数据
相对原子质量	72	72.32	72.59
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	5.5	5.47	5.35
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	高		947
比热容 $/\text{J} \cdot (\text{g} \cdot \text{K})^{-1}$	0.305	0.318	0.310
摩尔体积 $/\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	13	13.22	13.5
颜 色	暗灰色	淡灰白	淡灰白
化合价	4	4	4
与酸碱的反应	稍受盐酸侵蚀, 能很好地耐碱 腐蚀	不溶于稀盐酸 和稀 NaOH, 但 溶于浓 NaOH	不溶于稀盐酸和 稀 NaOH, 但溶 于浓 NaOH

续表 1-2

性 质	门捷列夫预言的 “类硅” (1871 年)	温克萊尔 1886 年 的报告数据	现在的数 据
GeO ₂ 的密度 /g · cm ⁻³	4.7	4.703	4.228
GeCl ₄ 的密度 /g · cm ⁻³	1.9	1.887	1.8443
GeCl ₄ 的沸点/℃	100	86	84

1886 年以后, 由于硫银锗矿资源非常少且未发现新的锗资源, 严重限制了锗的发展和应用, 其研究工作几乎停止和瘫痪, 直到 1920 年, 在西南非洲的楚麦勃发现了一种含锗的新矿物——锗石 (含锗约 8%) 后, 锗的研究才得以顺利开展。

实际上, 锗金属的应用是随着半导体工业的发展而发展起来的, 1921 年, 制成了锗检波器。

1941 年, 第一家生产二氧化锗的工厂——伊格尔-皮切工业公司, 在美国的迈阿密建立, 该公司对从铅、锌冶炼过程中回收锗进行了系统的研究, 同年生产出纯度为 99.9% 的二氧化锗。

1948 年, 利用电阻率为 $10 \sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$ 的高纯金属锗, 制备出了世界上第一只非点接触的晶体管放大器——锗晶体管。

1950 年, 帝尔和理特用乔赫拉斯基法培育出了世界上第一根锗单晶。

1952 年, 美国人浦芳发明了区熔提纯技术, 并将该技术首先应用在锗的提纯上。

20 世纪 50 年代末至 60 年代末的十年间, 是锗的生产技术、产品质量、用量迅速发展的时期。例如, 在质量上: 1956 年, 还原锗的电阻率为 $7 \Omega \cdot \text{cm}$, 区熔锗为 $30 \sim 40 \Omega \cdot \text{cm}$, 到了 1958 年, 还原锗的电阻率在 $20 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, 区熔锗达到 $50 \Omega \cdot \text{cm}$, 高纯锗单晶的少数载流子寿命突破 $1500 \mu\text{s}$, 并且生长出了无位错锗单晶; 在产量上: 美国锗的消耗量, 从 1958 年的 11t 增加到 1965 年的 23t。

20 世纪 60 年代前后, 锗在半导体器件领域占主导地位, 但

20 世纪 70 年代以后, 锗的用量有所下降, 这主要是由于半导体硅生产技术的不断进步以及大规模集成电路的出现, 硅器件逐步代替了锗器件, 使锗器件从 20 世纪 60 年代占总用量的 90% 下降到 20 世纪 80 年代仅占总用量的 20% 左右。尽管如此, 在某些高频和大功率半导体器件中, 仍使用锗, 硅器件不可能完全取代锗器件。

锗是除硅以外最重要的半导体材料, 除半导体工业外, 锗在航空航天工业、高频超高频电子、光纤通讯、红外光学、电子器件、太阳能电池、化学催化剂、生物医学等领域都有广泛的应用, 是一种非常有前途的工业材料, 目前全世界锗的平均年增长率仍维持在 4%~6%, 随着锗在其他新领域的应用, 锗的市场将继续扩大, 锗工业前景光明。

长期以来, 锗的主要用途是制造半导体器件和红外光学元件, GeCl_4 则一直作为制备 GeO_2 的中间产品。1993 年至 1996 年世界锗产品用途分布见表 1-3。

表 1-3 世界锗产品用途分布 (折算为金属锗)

用 途	1993 年		1994 年		1995 年		1996 年	
	用量/t	比率/%	用量/t	比率/%	用量/t	比率/%	用量/t	比率/%
光 纤	20	26.7	21	27.6	23	28.6	27	31
树脂	17	22.7	19	25	21	26.3	22	25.3
光学	14	18.7	15	19.7	15	18.6	16	18.4
太阳能 电池	5	6.7	5	6.7	5	6.3	5	5.7
荧光体	6	8	6	7.9	6	7.5	6	6.9
医学	3	4	3	3.9	3	3.8	4	4.6
BGO	2	2.6	1.3	1	1.3	1.3	1	1.1
光学玻璃	2	2.6	2	2.6	2	2.5	2	2.3
γ -探 测器	1	1.3	1	1.3	1	1.3	1	1.1
其 他	5	6.7	3	3.9	3	3.8	3	3.4
合 计	75		76		80		87	

由表 1-3 可以看出, 1993 年至 1996 年世界锆的用量是逐年增加的。锆的供应量与消耗量基本持平。

2002 年, 世界锆供应 90t (金属锆, 下同), 比 2001 年减少 2%, 2003 年产量为 80t, 比 2002 年减少 11%, 其中比利时减少 17%, 加拿大减少 25%, 中国减少 11%, 2003 年锆需求量为 90t, 与 2002 年持平。近几年世界范围内锆的行业消费见表 1-4, 另外, 图 1-1 所示也为 2004 年世界锆的行业消费情况。目前, 锆的需求量平稳增长, 未来几年, 锆的供求将逐步趋于平衡, 预计年需求量约为 120~150t。

表 1-4 近几年世界范围内锆的行业消费

用途比例 年份	聚合催化物 /%	红外光学 /%	光 纤 /%	半导体 /%	其 他 /%
2001	25	15	50	5	5
2002	30	25	20	12	13
2003	35	25	20	12	8
2004	35	25	20	12	8

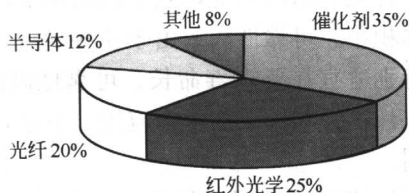


图 1-1 2004 年世界锆的行业消费

1.2 锆的战略地位

锆在被发现以后的半个世纪内, 始终未找到有什么重要的用途, 直到第二次世界大战期间, 由于军用雷达技术的发展需要, 人们多方寻找适用于超短波的半导体材料, 发现了锆有着优良的半导体性能, 才开始对锆进行应用研究。1942 年, 美国国防研

究委员会倡导对锗在军事应用上进行研究,经历6年艰辛,终于研制出了世界上第一只锗晶体管。为了表彰这项影响深远的重大成就,肖克莱、巴丁和布拉顿获得了1956年度诺贝尔奖。锗晶体管的诞生,实际上标志着电子技术革命的开始,为人类带来了电子学上的新纪元。锗晶体管的出现,大大拓宽了锗的应用范围。从这时开始,美国一方面正式把锗作为极重要的战略物资加以控制,另一方面则大力扩展生产规模,制造出大量的锗半导体器件。

第二次世界大战期间,锗的检波特性被发现后,即被英国军方用于雷达检波器和放大器,以增强防空预警和目标识别能力,大大改善了英国防空力量。在此之前,往往是夜袭敌机飞临头上时才手忙脚乱地打开探照灯搜索目标,目标还未找到,探照灯倒成了敌机打击目标。有了雷达装备后,使预警、目标识别和打击准备的工作形成一体,敌机一来就集中探照灯和高炮对付。自此之后,锗在半导体领域的应用成了热门。

锗在现代军事上的应用,最初是用于制造雷达的锗二极管,这是一种具有单向导电特性的两极器件,除去整流作用外,还具有检波、混频、开关和稳压功能,它消耗功率少,几乎没有热辐射,驱动快、体积小、可靠性高。由于这些优点,锗二极管获得了许多应用,特别适宜在要求寿命长、可靠性高的情况下使用,例如在电视机、计算机和微波技术中应用,不过,这种普通二极管没有放大作用。

日本科学家江崎于奈发明了隧道二极管,由此获得了1973年度诺贝尔奖。隧道二极管具有开关、振荡和放大作用。通信卫星上的微波放大器都采用锗隧道二极管,因为它结构简单、漏泄功耗小、线性好、可靠性高。锗晶体管在20世纪50年代至60年代获得了广泛应用,对提高和改善现代军事通信技术设备的性能,尤其对实现军事电子设备的小型化起到了十分重要的作用。然而到20世纪70年代,它受到了硅晶体管的挑战。因为锗晶体管的最高工作温度只能承受至 85°C ,而硅晶体管则可高达

200℃。所以硅晶体管逐渐排挤了锗晶体管的位置，但锗晶体管的载流子迁移率高于硅的 2.5 倍，在高频和超高频范围，锗晶体管的性能明显优于硅晶体管。在低频和中功率晶体管中，锗晶体管的低压性能良好，因此也适用于以电池为电源的装置中或要求不发热的微型电力装置中。

锗在红外光学系统的应用，是它在现代军事上最重要的应用之一。红外光学对锗的消耗量约占整个锗消费量的 20%~30%。当前世界各国的军械技术专家都在为利用红外线技术改善武器装备性能展开激烈的竞争。

红外线是一种波长从 $0.75\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ 的电磁频谱（可见光为 $0.4\sim 0.75\mu\text{m}$ ）。红外技术就是研究利用红外线的一门技术，在军事上可用于探测、跟踪、成像、夜视制导、定位等各个方面。在红外技术中最关键的是如何制造出能透过红外线的光学材料，这种材料不仅具有极优良的光学性能，而且有一定的机械强度，便于加工成形。锗晶体就是最佳材料之一，第一，锗在 $2.0\sim 11.5\mu\text{m}$ 波长范围内透射率极高，这个范围包括红外系统最感兴趣的两个大气窗口，即 $3\sim 5\mu\text{m}$ 窗口和 $8\sim 12\mu\text{m}$ 窗口；第二，锗不吸湿、不软化、不溶于水，没有毒性，其物理性质几乎达到“全优”；第三，锗有极好的光学性能、非常好的均匀性、高的折射率和反射率，具有极低的本能吸收；第四，比其他红外光学材料价格低。目前，已制成锗窗、锗棱镜、锗透镜用于红外系统，例如军事上使用的热成像器件等。

进入 20 世纪 70 年代以后，锗在红外光学上的应用更日趋重要，生产和消费量也显著增加，推动这一领域急速发展的动力是美国军事技术的需求，不仅有美国的陆军、空军、海军，还有美国的火箭、导弹、宇航部门和战略情报部门。

美国每年消耗锗约 10t，主要用于制造红外监视系统，特别是用在夜视红外系统中。夜视红外技术或热成像技术是一种十分理想的应视技术。它能将目标自身辐射的红外线变成视频信号，并在电视屏幕上显示出可见的图像。由于这种技术完全采用被动

的方式工作（即只接收目标自身的热辐射），具有很好的隐蔽性和抗干扰性。美军在 M16 步枪、坦克、飞机上都普遍安装有这种前夜视红外线系统。此外，英国、德国的陆军装备上也普遍安装了这一系统。以德国为例，它在“豹式”坦克、“山猫”侦察车、“黄鼠狼”装甲运兵车三种兵器上就安装了夜视红外系统 6700 多台。据美陆军夜视实验室估计，锆在红外光学系统上的应用，目前世界年需求量约在 80t 以上，在该技术领域，美国一直处于世界领先地位。

在海湾战争中，美军就是凭借各种各样先进的红外探测器材和技术，不仅掌握了对伊作战的制空权、制海权和地面作战主动权，还发现了伊方地面伪装的以及沙漠和地下掩蔽的武器装备和人员，并给以有选择的打击。在这场战争中，锆在红外技术方面的应用又一次大出风头。可以预料，未来锆在红外领域的应用趋势必将进一步扩大。

为应对大规模战争和突发事件的需要，美国早在 1984 年，便宣布将锆列为国防储备（National Defense Stockpile, NDS）资源，储备目标为 30t 锆单晶，1987 年调整为 146t。之后美国就进行大量进口，1990 年这一年仅锆单晶就进口了 49.8t。虽然于 1991 年，美国国防储备目标下调为 68t，并由国会授权可以从现有国防储备中以每年 4t（后增加到 8t）的数量出售（该出售计划直到 2005 年），但其进口（美国从未出口过）和国内消费的锆单晶仍然保持在每年分别 10~30t，而且其国内的锆库存（未纳入国防储备的）也已经达到 2004 年度的 540t 之多。

同样的，其他西方发达国家也在积极进行锆资源的战略储备。从美国地质调查局（USGS）的矿产年报资料中可以看到：日本是我国初级锆材料的第一大买主。日本每年仅进口的 GeO_2 材料就达到 40~50t，进口的锆单晶也达到 7t/a。此外，德、法、意、英等国对含锆的锌、铅、铜、煤等矿产原料几乎完全依赖进口。

锆在核辐射探测器方面也获得了重要应用。目前世界大国的

军队大量地装备着核动力和核武器。在核反应过程中，所发射的特征辐射，需要控制和监测，这就离不开核辐射探测器。目前使用最广的就是锗 γ -射线探测器，1962年世界上第一台 γ -射线探测器研制成功，其探测材料就是选用锗。因为锗有极好的探测特性，具有很高的载流子迁移率，所以探测器的分辨率高。由于使用的锗是经过锂漂移工艺处理的，所以常称这种探测器为锗（锂）探测器。这种探测器虽然直径只有4cm，体积只有50cm³大小，可售价却高达3万美元以上。由于在锗中锂原子室温下会自发移动，这种探测器必须在低温下使用和保存，于是，20世纪70年代以后，人们又开始研究高纯锗探测器，1977年11月，美国贝尔实验室和桑迪亚实验室已使用高纯锗探测器观测银河系的 γ -射线，并测定出行星表面上许多元素的浓度。

锗在非晶态半导体材料方面也显示出极好的应用前景。所谓非晶态，又称玻璃态，即材料内部原子处于无定形或无序状态。科学家发现非晶态材料的半导体效应是20世纪60年代科学上的最重大发现之一。它主要用于存储开关，制造逻辑电路中的开关型器件，很适合同计算机使用。锗非晶态半导体在现代军事上的应用价值极其可贵，它不仅有低廉的价格，能够实现军事装备的自动化、小型化，更重要的是它有抗核辐射的优异特性。

目前，国际上新式武器不断出现，美、西欧各国的陆、海、空三军迫于实战的需要，都在迅速更新装备，普遍采用以锗透镜为主要部件的前夜视红外系统。从步枪、坦克甚至飞机、导弹，都装上了这种前夜视红外系统。由此可知，锗在现代军事上的应用价值正与日俱增。

我国在红外器件方面的应用也有很大进展。华北光电技术研究所已将锗玻璃用于远望号测量船、西昌卫星发射中心和测量站，光学电影经纬仪已用于洲际导弹发射和我国第一颗通讯卫星发射的追踪、搜索和弹道测量。北京建筑材料研究院用高纯二氧化锗制造红外锗玻璃，用做导弹的导流罩。

目前，锗资源已经成为一种极为重要的战略资源，我国的