



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

有色金属

理论与技术前沿丛书
SERIES OF THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL FRONTIERS OF
NONFERROUS METALS

贵金属新材料

NEW MATERIALS OF PRECIOUS METALS

胡昌义 刘时杰 等编著
Hu Changyi Liu Shijie



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



中国有色集团



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

有色金属理论与技术前沿丛书

贵金属新材料

New Materials of Precious Metals

胡昌义 刘时杰 等编著

Hu Changyi Liu Shijie



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



中国有色集团

图书在版编目(CIP)数据

贵金属新材料/胡昌义,刘时杰等编著.

—长沙:中南大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5487-1920-5

I. 贵... II. ①胡... ②刘... III. 贵金属合金-金属材料

IV. TG146.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 219613 号

贵金属新材料

胡昌义 刘时杰 等编著

☐责任编辑 史海燕

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 湖南地图制印有限责任公司

☐开 本 720 × 1000 1/16 ☐印张 31 ☐字数 618 千字

☐版 次 2015 年 9 月第 1 版 ☐印次 2015 年 9 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1920-5

☐定 价 150.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

总序

Preface

当今有色金属已成为决定一个国家经济、科学技术、国防建设等发展的重要物质基础,是提升国家综合实力和保障国家安全的战略性战略资源。作为有色金属生产第一大国,我国在有色金属研究领域,特别是在复杂低品位有色金属资源的开发与利用上取得了长足进展。

我国有色金属工业近 30 年来发展迅速,产量连年来居世界首位,有色金属科技在国民经济建设和现代化国防建设中发挥着越来越重要的作用。与此同时,有色金属资源短缺与国民经济发展需求之间的矛盾也日益突出,对国外资源的依赖程度逐年增加,严重影响我国国民经济的健康发展。

随着经济的发展,已探明的优质矿产资源接近枯竭,不仅使我国面临有色金属材料总量供应严重短缺的危机,而且因为“难探、难采、难选、难冶”的复杂低品位矿石资源或二次资源逐步成为主体原料后,对传统的地质、采矿、选矿、冶金、材料、加工、环境等科学技术提出了巨大挑战。资源的低质化将会使我国有色金属工业及相关产业面临生存竞争的危机。我国有色金属工业的发展迫切需要适应我国资源特点的新理论、新技术。系统完整、水平领先和相互融合的金属科技图书的出版,对于提高我国有色金属工业的自主创新能力,促进高效、低耗、无污染、综合利用有色金属资源的新理论与新技术的应用,确保我国有色金属产业的可持续发展,具有重大的推动作用。

作为国家出版基金资助的国家重大出版项目,“有色金属理论与技术前沿丛书”计划出版 100 种图书,涵盖材料、冶金、矿业、地学和机电等学科。丛书的作者荟萃了有色金属研究领域的院士、国家重大科研计划项目的首席科学家、长江学者特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者、全国优秀博士论文奖获得者、国家重大人才计划入选者、有色金属大型研究院所及骨干企

业的顶尖专家。

国家出版基金由国家设立，用于鼓励和支持优秀公益性出版项目，代表我国学术出版的最高水平。“有色金属理论与技术前沿丛书”瞄准有色金属研究发展前沿，把握国内外有色金属学科的最新动态，全面、及时、准确地反映有色金属科学与工程方面的新理论、新技术和新应用，发掘与采集极富价值的研究成果，具有很高的学术价值。

中南大学出版社长期倾力服务有色金属的图书出版，在“有色金属理论与技术前沿丛书”的策划与出版过程中做了大量极富成效的工作，大力推动了我国有色金属行业优秀科技著作的出版，对高等院校、研究院所及大中型企业的有色金属学科人才培养具有直接而重大的促进作用。

王汝佐

2010年12月

前言

Foreword

材料科学是人类社会发展进程中起支撑作用的重要学科之一，研究、开发、制备新材料及拓展其新应用，也是人类社会持续发展及文明进步历程中永恒的研究课题。

贵金属包括金(Au)、银(Ag)、铂(Pt)、钯(Pd)、铑(Rh)、铱(Ir)、锇(Os)、钌(Ru)等8种金属。因具有长久的金融财富储备价值及许多优异和独特的物理化学性质，从古至今几乎与人类社会发展的所有方面都有密切的关系。金、银以饰品应用的历史始于人类文明的启蒙时代，后逐渐发展了其工业应用。铂、钯、铑、铱、锇、钌的发现及应用历史虽不过400年，但在现代工业和高新技术产业中的特殊应用使其具有更宝贵的价值。近代，以贵金属为基的功能材料在材料科学中占有非常重要的地位，贵金属新材料不仅在现代工业及高新技术中应用非常广泛，而且在许多重要的应用领域至今尚不能用其他材料取代，被称为“首要的高技术金属(First and Foremost High-technology Metals)”。可以说，没有贵金属功能材料支撑，很多现代工业将瘫痪，高新技术将失去发展后劲。

从20世纪60年代开始，中国自力更生地创建和发展了贵金属功能材料科学和应用技术，积累了丰富的科技知识和实践经验，很多材料已立足国内形成了产业。昆明贵金属研究所和贵研铂业股份有限公司是该科技和产业领域的先行者，经过半个多世纪的发展，已形成了专业配套齐全的研发和产业化配套体系，并具有较强的自主创新能力。与国内其他研发、生产单位取长补短、密切合作，开发的系列产品基本满足了中国现代工业和高新技术发展的需要。本书力争系统、全面地向读者介绍贵金属新材料的基础理论，各种贵金属功能材料的特点及应用领域，制备技

术及发展过程,新材料研发成就及热点,某些功能材料品种或性能与国外尚存的差距等方面的情况。这些功能材料主要包括精密合金材料、电接触材料、焊接材料、工业催化材料、环保材料、薄膜涂层材料、电子信息材料、粉体及纳米材料,以及为节约贵金属用量又能保持材料特性的各种复合材料。理论结合实践,尽力体现新世纪的时代要求。

各章作者都是昆明贵金属研究所和贵研铂业股份有限公司各相应专业研发和产业一线的中青年科技专家。本书共10章,各章节撰写人员分别是:第1、2、4章为胡昌义研究员;第3、7章及6.1节为张昆华研究员;第5章及6.2、6.3、6.4节为魏燕高工;第8章为许昆研究员;第9章为戴云生副研究员、刘锋博士;第10章为杨冬霞教授级高工、刘锋博士。胡昌义教授、刘时杰教授策划全书,刘时杰教授负责各章节的修改,补充调整内容或改写定稿。编著人感谢侯树谦、钱琳、朱绍武、普乐、陈家林等先生对编著本书给予的关心和支持,感谢中南大学出版社领导的支持及史海燕责任编辑的辛勤工作。

本书可供从事贵金属新材料研究和生产的科技人员和管理人员参考,也可供高校金属材料专业的师生作教学参考书。由于本书内容涉及的学科范围宽,编者及各章作者的知识结构和水平有限,书中错误与疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

目录

Contents

第1章 概述	1
1.1 基本情况	1
1.2 贵金属与人类文明	2
1.3 贵金属的性质	3
1.3.1 物理性质	3
1.3.2 化学性质	5
1.3.3 力学性能及机加工性能	11
1.3.4 热学性质	12
1.3.5 电学、磁学及光学性质	13
1.4 贵金属新材料在现代工业及高新技术中的主要应用	15
参考文献	16
第2章 贵金属合金材料	17
2.1 贵金属精密合金材料	17
2.1.1 精密电阻合金材料	17
2.1.2 电阻应变合金材料	19
2.1.3 弹性材料	24
2.1.4 磁性材料	26
2.2 贵金属测温材料	27
2.2.1 热电偶材料	27
2.2.2 电阻测温材料	30
2.3 贵金属高温及抗腐蚀材料	31
2.3.1 贵金属高温材料的强化	32
2.3.2 器皿材料	37
2.3.3 玻璃工业用贵金属材料	37

2.3.4	化纤工业用喷嘴材料	40
2.3.5	金属间化合物	40
2.4	贵金属非晶态材料	42
2.4.1	概述	42
2.4.2	贵金属非晶态材料的制备方法	44
2.4.3	贵金属非晶态材料的性质与应用	48
2.5	贵金属电极材料	51
2.5.1	电解电极	51
2.5.2	阴极保护电极	51
2.5.3	燃料电池电极	52
2.6	氢气净化材料	53
2.7	贵金属饰品材料	53
2.7.1	贵金属饰品材料特性	54
2.7.2	金及金合金饰品材料	54
2.7.3	银及银合金饰品材料	57
2.7.4	铂饰品材料	58
2.7.5	钯、铑饰品材料	59
	参考文献	60
第3章	贵金属复合材料	62
3.1	概述	62
3.2	贵金属复合材料的复合效应	63
3.2.1	界面结构	63
3.2.2	复合效应	64
3.2.3	强化效应	64
3.2.4	增强率	65
3.3	贵金属层状复合材料	66
3.3.1	贵金属层状复合材料的制备工艺	66
3.3.2	影响贵金属层状复合材料性能的因素	70
3.3.3	贵金属基层状复合材料的发展趋势	78
3.4	贵金属纤维复合材料	78
3.4.1	概述	78
3.4.2	贵金属纤维复合材料的制备工艺	80
3.4.3	影响贵金属纤维复合材料性能的因素	82
3.4.4	贵金属纤维复合材料的发展趋势	87

3.5 贵金属颗粒复合材料	88
3.5.1 概述	88
3.5.2 贵金属颗粒复合材料的制备工艺	90
3.5.3 影响贵金属颗粒复合材料性能的因素	93
3.5.4 贵金属颗粒复合材料的研究热点	100
3.6 贵金属包覆复合材料	100
3.6.1 概述	100
3.6.2 贵金属包覆复合材料的制备工艺	101
3.6.3 影响贵金属包覆复合材料性能的因素	101
3.6.4 贵金属包覆复合材料的研究热点	107
参考文献	107
第4章 贵金属薄膜涂镀层材料	113
4.1 概况	113
4.2 贵金属镀层材料	114
4.2.1 金及其合金镀层	114
4.2.2 银及其合金镀层	118
4.2.3 铑及其合金镀层	123
4.2.4 钯及其合金镀层	124
4.2.5 铂、钌、铱和铱镀层	126
4.3 CVD 制备的贵金属薄膜涂层材料	127
4.3.1 概述	127
4.3.2 Au 和 Ag 薄膜的 CVD 制备	130
4.3.3 Pt 和 Ir 的 CVD 制备	131
4.3.4 Rh、Pd、Ru 和 Os 的 CVD 制备	133
4.4 PVD 制备的薄膜涂层材料	134
4.4.1 概述	134
4.4.2 贵金属磁性薄膜材料	137
4.4.3 贵金属薄膜催化材料	138
4.4.4 光学薄膜材料	139
4.4.5 薄膜光电探测材料	140
4.4.6 薄膜传感材料	140
4.4.7 其他功能薄膜材料	141
4.4.8 含贵金属复合纳米颗粒膜材料	142
4.4.9 铂铝化合物涂层	142

4.5 溶胶-凝胶法制备贵金属薄膜材料	143
参考文献	144
第5章 贵金属粉末材料	147
5.1 贵金属粉末的主要制备方法及其特性	147
5.1.1 贵金属粉末的制备方法	147
5.1.2 贵金属粉末特性的表征	149
5.2 贵金属超细粉末	150
5.2.1 贵金属超细粉末的制备方法	152
5.2.2 贵金属超细粉末的研究进展	154
5.3 贵金属复合粉末材料	172
5.3.1 机械混合法制备贵金属复合粉末	172
5.3.2 化学共沉淀法制备贵金属复合粉末及其研究进展	172
5.4 贵金属预合金粉末材料	176
5.4.1 贵金属预合金粉末材料的制备	176
5.4.2 贵金属预合金粉末材料的研究进展	177
5.5 快速凝固法制备贵金属粉末材料	182
5.5.1 银粉末的制备	184
5.5.2 银/镍复合粉末的制备	185
5.5.3 细晶银稀土粉末的制备	185
5.5.4 银钨、银锡、银铜和银锌合金粉末的制备	186
5.5.5 银铜系、镍金系钎料粉末	186
5.5.6 铂、钨系金属玻璃制备	187
参考文献	187
第6章 贵金属电子信息材料	191
6.1 贵金属靶材	191
6.1.1 概述	191
6.1.2 贵金属靶材的制备工艺	192
6.1.3 影响贵金属靶材性能的因素	195
6.1.4 提高贵金属靶材质量的研究方向	199
6.2 贵金属布线与连接材料	201

6.2.1	半导体集成电路用贵金属布线与连接材料	201
6.2.2	集成电路用键合金丝材料	209
6.3	贵金属浆料	213
6.3.1	电子浆料概述	213
6.3.2	贵金属导体浆料	215
6.3.3	贵金属电阻浆料	221
6.3.4	贵金属电极浆料	225
6.3.5	贵金属低温浆料	228
6.3.6	贵金属新型浆料	229
6.4	贵金属磁性材料	235
6.4.1	概述	235
6.4.2	Pt-Co 合金	236
6.4.3	Fe-Pt 合金	241
	参考文献	245
第7章	贵金属电接触材料	251
7.1	贵金属电接触材料的特性	252
7.1.1	一般特性	252
7.1.2	贵金属电接触材料的接触电阻	253
7.1.3	熔焊与黏着现象	254
7.1.4	电弧侵蚀	255
7.1.5	材料转移	257
7.1.6	材料摩擦与磨损	258
7.2	贵金属电接触材料的种类和用途	260
7.2.1	贵金属电接触材料的组成与分类	260
7.2.2	贵金属断开接触材料	261
7.2.3	贵金属滑动接触材料	274
7.2.4	贵金属自润滑接触材料	276
7.3	贵金属电接触材料加工制备技术	277
7.3.1	贵金属合金电接触材料的制备	277
7.3.2	贵金属复合电接触材料的制备	279
7.4	典型贵金属复合电接触材料的电接触特性	279
7.4.1	Ag/SnO ₂ 电接触材料的制备方法和优缺点	280

7.4.2	反应合成 Ag/SnO ₂ 电接触材料的电接触特性	281
7.4.3	包覆挤压 Ag/Ni ₂₀ 电接触材料的电接触特性	287
7.5	贵金属电接触材料的发展趋势	295
	参考文献	296
第8章	贵金属钎焊材料	298
8.1	概 述	298
8.2	贵金属低温钎焊材料	299
8.2.1	贵金属低温钎料分类	299
8.2.2	低银无铅钎料	302
8.2.3	低温金基无铅钎料	305
8.3	贵金属中温钎焊材料	316
8.3.1	铜基低银中温钎料	317
8.3.2	银基中温钎料	322
8.3.3	金基中温钎料	355
8.4	贵金属高温钎焊材料	360
8.4.1	金基高温钎料	361
8.4.2	钼基高温钎料	364
8.4.3	其他贵金属高温钎料	367
	参考文献	368
第9章	现代工业催化材料	374
9.1	贵金属催化剂的应用及特点	374
9.2	贵金属催化剂的应用领域	378
9.2.1	无机化工	378
9.2.2	有机化工	389
9.2.3	医药化工	395
9.2.4	石油化工	398
9.3	贵金属催化剂的制备及应用性能	404
9.3.1	金属粒子的尺寸控制	404
9.3.2	金属迁移和聚集的控制	405
9.3.3	金属在催化剂上的分布形态及性质	405
9.3.4	催化剂掺杂修饰	407

参考文献	409
第 10 章 贵金属环保材料	413
10.1 环境治理材料	414
10.1.1 机动车废气治理	414
10.1.2 工业有机废气治理	428
10.1.3 固定源 NO_x 和 SO_2 治理	435
10.1.4 有机废水治理	437
10.1.5 居家用催化材料	440
10.2 环境监测及检测分析材料	442
10.2.1 贵金属气体传感器	442
10.2.2 光学纤维传感器	450
10.2.3 水污染探测器	451
10.2.4 贵金属薄膜或细丝传感器的其他应用	452
10.2.5 其他与环境监控相关的含贵金属敏感材料及配套材料	453
10.3 环境保护材料	454
10.3.1 温室气体 CH_4 和 CO_2 的重整催化材料	454
10.3.2 阴极保护防腐电极材料	456
10.4 环境协调材料	457
10.4.1 燃料电池概述	457
10.4.2 质子交换膜燃料电池(PEMFC)电催化剂	459
10.4.3 直接甲醇(DMFC)燃料电池催化剂	462
10.4.4 直接甲酸燃料电池(DFAFC)	465
参考文献	467

第1章 概 述

1.1 基本情况

元素周期表中金(Au)、银(Ag)、铂(Pt)、钯(Pd)、铱(Ir)、铑(Rh)、锇(Os)和钌(Ru)等八个过渡族元素统称为贵金属。其中金和银属于IB族,铂、钯、铱、铑、锇和钌属于VIII族,后六种元素统称铂族元素或稀贵金属。根据原子量及密度的大小,铂族金属又可分为轻铂族金属(钌、铑、钯)和重铂族金属(锇、铱、铂)两组。

贵金属具有优异的特性:如美丽诱人的金属色彩及贵重的价值;特殊的物理化学性能;独特的催化活性及使用中的综合稳定性。银在所有的金属中具有最好的导电性、导热性及对可见光的反射性;金具有极好的抗氧化性及延展性;铂具有优良的热稳定性、高温抗氧化性和耐腐蚀性;钯可吸收比自身体积大2800倍的氢;铱和铑具有很高的高温强度,并能抗多种熔融氧化物的侵蚀等。

地壳中稀贵金属资源很少,全世界探明的储量约8万t,远景储量约10万t。储量分布很不均匀,南非占80%、津巴布韦约占10%、俄罗斯占8%、美国和加拿大约占2%。世界总产量每年约450t,产地也主要集中在南非、俄罗斯、美国和加拿大等少数国家,其产量占世界总产量的98%以上。我国铂族金属矿产资源十分贫乏,探明储量约350t(其中甘肃金川硫化镍共生矿含铂族金属约200t,云南金宝山低品位铂钯矿含约46t),仅占世界探明储量的0.2%;矿产铂族金属年产量约3t,仅占世界产量的0.6%。铂族金属需求的不断增加和矿产资源的严重匮乏,使中国必须大量进口铂族金属,因此稀贵金属二次资源再生回收在保障中国的供需平衡中具有重要的战略地位。二次资源回收主要来自石油化工、汽车尾气净化、硝酸化肥工业、医药精细化工等行业使用的废旧催化剂以及含贵金属的废弃电子元器件等。数据显示,2008年全球消耗80万t催化剂,中国石油和化工催化剂的更换量超过10万t。二次资源再生回收量已占中国铂族金属用量的60%以上。稀贵金属矿产资源提取分离技术,特别是二次资源的再生回收技术,是我国稀贵金属产业发展中极其重要的组成部分。

贵金属由于具有特殊的电学、光学、热力学及催化特性,应用领域极广,其综合利用的应用基础研究、新技术新工艺及新产品的开发研究一直是应用科学研

究的重要课题。随着现代高新技术产业的发展, 贵金属的深加工技术、材料制备技术是支撑新材料技术、信息技术、新能源技术和环境技术发展的关键技术之一, 在尖端科学研究、高科技领域中发挥重要作用。在国民经济建设、国防与公共安全, 以及高新技术发展中已经形成必不可少的重要支撑体系。

1.2 贵金属与人类文明

贵金属对人类文明进程发挥了重要的作用, 依据贵金属以及材料科技的发展, 大致可以将其分为三个阶段: 第一阶段(公元前 4000 年至 19 世纪后半叶), 人们利用贵金属美丽的色彩、贵重的价值及优异的稳定性, 主要作为财富和权力的象征; 第二阶段(19 世纪后半叶至 20 世纪后期), 贵金属优异的物理化学性能逐渐被人们认识, 已成为现代工业和技术领域的维生素; 第三阶段(20 世纪后期至今), 贵金属继续作为财富象征及具有工业维生素的作用, 其独特的催化活性和综合稳定性使其成为人类社会可持续发展的关键材料。

黄金可能是人类认知和利用的第一种金属。史前即被用来作装饰、器皿及货币, 黄金的这种功能一直延续至今, 成为财富与地位的象征, 甚至成为被推崇的对象。在古代中国, 黄金的颜色被作为皇帝的专用颜色。在西方, 黄金的诱惑力是如此之大, 以至于众多的冒险家远涉重洋去寻找黄金, 并导致了美洲大陆在 15 世纪被发现。自公元 8 世纪或更早的时候开始, 众多的炼金术士前赴后继地探寻“点石为金”及“炼铅成金”的途径, 虽无一成功, 但却为科学技术的主要分支——实用化学的建立作了准备。人类绵延数千年的对黄金的追求与崇拜, 其实都源于黄金无比美丽的色彩、珍稀的价值以及“真金不变”的稳定性。

银也是一种古老的金属, 是人类继金和铜之后被认识及利用的第三种金属。由于美丽的银白色及稳定性, 在古代主要用作饰品和货币。在漫长的历史长河中, 黄金与白银的产量十分有限, 并大都囤积于帝王及富人手中, 或国家作为金融储备。

铂族金属的发现较晚。1550 年, 欧洲殖民主义者在进入中美洲寻找金银的过程中发现了铂。1804—1845 年间, 相继发现了钯、铑、铱、钌和铼。与金银相比, 铂更为稀少, 也更稳定, 自然也就作为财富收藏和装饰品, 如用作高级钻石的镶嵌等。

在贵金属发展的第二阶段, 近代及现代工业和科学技术中, 三件事标志了贵金属及材料的迅猛发展。第一件事是不少大型贵金属矿的发现及开采。1886 年在南非发现了至今仍久负盛名的 Witwatersland 金矿, 此后在俄罗斯、美国、澳大利亚和加拿大也发现了大型金矿。1924 年在南非约翰内斯堡附近发现了大型铂族金属矿脉。在加拿大和俄罗斯也发现了较大的铂矿。这些都为贵金属材料的

发展提供了基础；第二件事是贵金属许多优异的物理、化学性质被发现并使其进入工业应用，如1885年第一支Pt-10Rh/Pt热电偶的问世和1927年Pt-10Rh/Pt国际温标的确立，1871年溴化银感光干板的发明促使照相业银的大量工业应用；第三件事是许多世界大型贵金属公司的建立，如英国的Johnson Matthey Co.、德国的Heraeus和美国的Enghard等。此阶段，贵金属已逐渐成为工业中不可缺少的元器件及关键材料，广泛应用于电气、化学、玻璃、石油、齿科、照相、医药以及饰品与装饰领域。在这些应用领域中，贵金属表现出其少、小、精、广、贵的特点，即批量及数量少，单件物品或元器件体积小，技术要求高精，常用于元器件的关键核心部位，应用领域广以及价值昂贵。20世纪40年代，原子能、电子计算机和空间技术的出现，尤其是70年代以来，由于计算机的广泛应用及光纤的实用化，人类进入了信息时代，进一步推动了贵金属材料的发展。由于贵金属资源稀少，分布极不均衡，而在国民经济、军工宇航及传统工业上具有极大的重要性，世界各国都将它列为“战略物资”。在这一阶段，贵金属的产量及需求，特别是工业应用的需求有大幅度的增长，而黄金的货币作用则相对下降了。

贵金属发展的第三阶段大致始于20世纪后期，贵金属除继续发挥“财富象征”和“工业维生素”的作用外，其独特的催化活性与高的综合稳定性，使其在工业催化及环境保护领域发挥了重要作用，并将成为今后人类社会可持续发展的关键材料之一。

1.3 贵金属的性质

贵金属独特的理化性质与其外层电子结构有密切的关系。金、银与铂族金属的电子结构不同，金和银的d轨道被电子填满，外层s轨道有1个电子，显示出良好的导电性能；而铂族金属的d轨道未被完全填满，d电子和s电子均可参与反应，显示出与金、银不尽相同的化学特性。由于镧系元素收缩的影响，使得轻铂族金属与重铂族金属的原子或离子半径等相差不大，显示出类似的物理化学性能。

1.3.1 物理性质

贵金属的基本物理性质列于表1-1。Os和Ru为密排六方结构，其余6个元素均为面心立方结构，都具有很大的密度、较高的熔点和沸点。Ir、Os、Pt是地球上密度最大的一类金属，其密度均超过 20 g/cm^3 ，称为重铂族金属，其中Ir是已知密度最大的金属。Rh、Ru和Pd三种金属的密度也超过 10 g/cm^3 ，称为轻铂族金属，比铜、镍、铅等通常所谓的“重金属”密度还大。