

内容目录

第一章 前言	5
第二章 2023-2028 年半导体金属市场前景及趋势预测	6
第一节 半导体制造工艺中涉及金属的材料梳理	6
一、衬底&外延（前道制造）：三代半导体材料依次登场	7
（1）锗衬底：步入迟暮之年的半导体材料	8
（2）硅衬底：半导体的主流材料	8
（3）砷化镓衬底：崭露头角的第二代半导体之星	9
（4）磷化铟衬底：不可忽视的另一颗第二代半导体材料新星	10
（5）碳化硅衬底：正在崛起的第三代半导体材料	10
（6）碳化硅外延：碳化硅衬底功能发挥的关键	11
（7）氮化镓外延：氮化镓材料真正发光发热之处	12
（8）衬底&外延总量以及结构的变化	13
二、掩膜版（前道制造）：铬金属助力光刻技术	13
三、电子特气（前道制造）：钨金属化身六氟化钨	14
四、靶材（前道制造）：先进用铜钽，成熟用铝钛	14
五、其他前道制造材料：电镀液与高 K 材料	16
（1）电镀铜：大马士革工艺	16
（2）高 K 材料新贵：钌金属	17
六、键合丝（后道封装）：金、银、铜皆有应用	17
七、引线框架（后道封装）：铜基框架占主导地位	18
八、焊料（后道封装）：锡金属大展身手	18
九、其他后道封装材料：Low- α 材料	19
第二节 半导体金属品种汇总与用量测算	20
一、硅：最主流的半金属衬底材料	20
（1）上游工业硅情况介绍	20
（2）半导体用硅用量测算	21
二、镓金属：第二代半导体用量大，第三代半导体用量小	21
（1）上游镓金属市场情况	21
（2）镓金属用量测算	22
三、铜金属：半导体中用途最广泛的金属	23
（1）上游铜市场情况介绍	23
（2）大马士革工艺介绍	24
（3）前道制造铜金属用量测算	24
（4）后道封装用铜量测算	25
四、钽金属：高纯溅射钽靶，用于阻挡层沉积	26
（1）钽金属市场情况	26
（2）钽金属使用量测算	26
五、铬金属：掩膜版使用核心金属材料	26
（1）铬金属市场介绍	26
（2）铬金属用量测算	27

六、钨金属：六氟化钨电子特气	27
(1) 钨市场情况介绍	27
(2) 钨金属用量测算	28
七、钨金属：栅极用高 K 材料	28
(1) 钨金属市场情况	28
(2) 钨金属用量测算	29
八、贵金属：键合金丝、键合银丝	29
(1) 金、银市场情况介绍	29
(2) 金、银用量测算	29
九、锡金属：主要的后道封装焊料	29
(1) 锡金属市场情况	29
(2) 锡金属用量测算	30
十、关注先进封装技术，Low- α 材料用量有望增长	30
十一、其他金属：百花齐放	30
第三节 金属用量汇总与弹性测算	31
一、金属用量汇总	31
二、弹性测算	32
第四节 重点企业分析	33
一、东方钨业：国内唯一钨钼金属深加工龙头	33
二、壹石通：Low- α 球形氧化铝产线扩张	33
三、联瑞新材：Low- α 球形硅微粉国产化替代重要企业	33
四、锡业股份：锡、铟双龙头	34
五、兴业银锡：拥有雄厚矿产资源的有色金属采选与冶炼公司	34
六、中金岭南：拥有镓金属储量 760 吨	35
七、中国铝业：铝行业龙头，叠加镓金属生产	35
八、云南锗业：布局锗全产业链的锗龙头	35
第三章 半导体金属企业股权激励策略及建议	36
第一节 股权激励的必要性	36
一、激励作用	36
二、提高经营管理透明度	36
三、吸引并留住人才	36
四、提高预期效应	36
五、降低运营成本	37
六、约束作用	37
第二节 股权激励的模式	37
一、股票期权模式	37
二、限制性股票模式	37
三、股票增值权模式	38
四、虚拟股票模式	38
五、业绩股票模式	38
第三节 股权激励方案的设计需要考虑的要素	38
一、激励对象	38
二、授予数量	38
三、行权（授予）价格	39

四、激励期限	39
五、业绩条件	39
第四节 案例：员工持股计划对企业绩效的影响研究	39
一、我国员工持股计划的发展	39
二、三棵树涂料股份有限公司员工持股计划案例介绍	40
（一）三棵树涂料股份有限公司简介	40
（二）员工持股计划具体实施情况	40
三、三棵树员工持股计划实施效果分析	40
（一）对财务绩效的影响	40
（二）对非财务绩效的影响	41
四、结论及建议	41
（一）研究结论	41
（二）启示与建议	42
第五节 民营企业股权激励问题与策略	42
一、民营企业实施股权激励现状	43
（1）“搭便车”的行为盛行	43
（2）道德风险	43
（3）激励错位	43
（4）与公司战略相悖	44
二、民营企业股权激励存在的问题	44
（1）对股权激励缺乏正确认识	44
（2）业绩评价机制不够科学	44
（3）资本市场效率处于偏低水平	45
（4）股票期权计划会引发道德风险问题	45
（5）成本的控制问题	45
（6）员工思想落后	45
（7）过度依赖资本市场	46
（8）相应政策指导办法不完整	46
三、民营企业实施股权激励制度的建议	46
（1）深刻认识股权激励	46
（2）健全地制定业绩评价机制	46
（3）优化外部资本市场，同步将企业股票价格与业绩挂钩	47
（4）关注防范股权激励中涉及到的道德风险	47
（5）解决成本控制问题	47
（6）提高员工思想觉悟	47
（7）股票价格与业绩相挂钩	48
（8）完善相关规定	48
第六节 上市公司股权激励优化对策研究	49
一、上市公司股权激励现状和存在的问题	49
（1）资本市场有效性不高	49
（2）上市公司内部治理结构不完善	49
（3）股权激励计划实施缺乏有效监督控制	49
（4）股权激励对企业的长期发展作用性有限	50
（5）职业经理人市场不健全	50

(6) 股权激励计划绩效考核指标不全面	50
(7) 监督管理机制不健全	50
二、优化上市公司股权激励的对策建议	51
(1) 提高资本市场有效性	51
(2) 完善公司治理结构	51
(3) 加强对股权激励计划实施过程的监控	51
(4) 短期激励和长期激励相结合，促进企业长远发展	51
(5) 职业经理人市场的开拓	51
(6) 完善指标评价体系，形成科学的绩效考核体系	52
(7) 积极采取行之有效的措施，加强股权激励监管	52
第七节 中兴通讯股权激励案例分析	52
一、中兴通讯案例介绍	53
二、中兴通讯股权激励实施效果分析	53
(一) 中兴通讯的偿债能力	53
(二) 中兴通讯的营运能力	54
(三) 中兴通讯的盈利能力	54
(四) 中兴通讯的发展能力	54
三、结论及建议	54
第八节 华为公司股权激励制度研究	56
一、华为公司股权激励制度	56
(1) 创业时期	56
(2) 金融泡沫时期	56
(3) 非典时期	57
(4) 全球金融危机时期	57
(5) 成熟发展时期	57
二、华为股权激励效果分析	57
(1) 制衡股东关系	57
(2) 管控委托代理成本	58
(3) 解决外部融资困难问题	58
(4) 约束员工	58
(5) 激励作用	58
三、华为股权激励制度成功的原因	59
(1) 理论基础分析	59
(2) 实施模式分析	59
四、对国内其他企业发展股权激励的建议	59
(1) 重视人力资本	59
(2) 重视公平性	60
(3) 重视因时制宜	60
第四章 半导体金属企业《股权激励策略》制定手册	60
第一节 动员与组织	60
一、动员	61
二、组织	61
第二节 学习与研究	62
一、学习方案	62

二、研究方案	62
第三节 制定前准备	63
一、制定原则	63
二、注意事项	64
三、有效战略的关键点	65
第四节 战略组成与制定流程	68
一、战略结构组成	68
二、战略制定流程	68
第五节 具体方案制定	69
一、具体方案制定	69
二、配套方案制定	72
第五章 半导体金属企业《股权激励策略》实施手册	72
第一节 培训与实施准备	72
第二节 试运行与正式实施	73
一、试运行与正式实施	73
二、实施方案	73
第三节 构建执行与推进体系	74
第四节 增强实施保障能力	75
第五节 动态管理与完善	75
第六节 战略评估、考核与审计	76
第六章 总结：商业自是有胜算	76

第一章 前言

股权激励，本质上就是股东通过制定附加条件给予企业员工一定的股东权益，让员工的利益和企业直接挂钩，使其具有主人翁意识，在促进员工发展的同时，带动企业发展。是一种让员工和企业同生长，共存亡的激励方式。

股权激励计划只有合理实施，才能给企业带来预期的收益。股权激励实施的合理与否直接关系到激励作用的强弱。股权激励模式的选择要因企业而异，根据企业的自身特点而选择。

那么，企业如何制定股权激励策略？

下面，我们先从半导体金属行业市场进行分析，然后重点分析并解答以上问题。

相信通过本文全面深入的研究和解答，您对这些信息的了解与把控，将上升到一个新的台阶。这也将为您经营管理、战略部署、成功投资提供有力的决策参考价值，也为您抢占市场先机提供有力的保证。

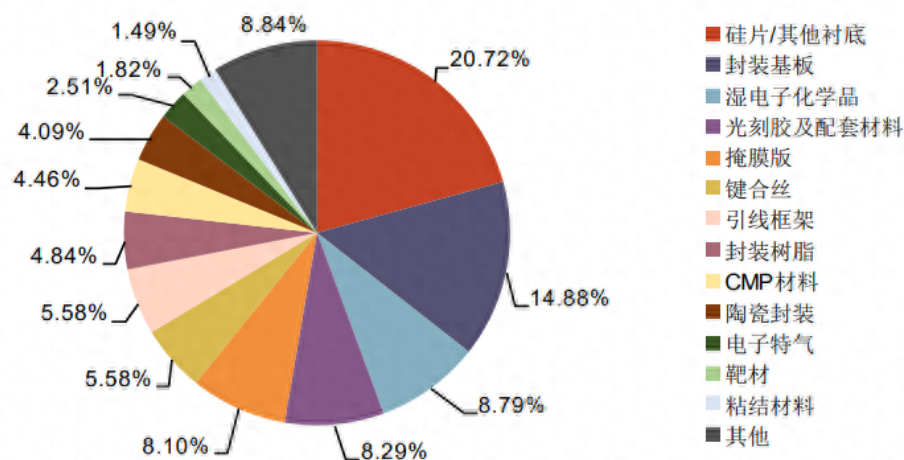
第二章 2023-2028 年半导体金属市场前景及趋势预测

第一节 半导体制造过程中涉及金属的材料梳理

半导体即在常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料，其在集成电路（最主要应用，即芯片）、消费电子、通信系统、光伏发电、照明应用、大功率电源转换等领域有着诸多应用。材料和设备是半导体产业的基石，一代技术依赖于代工艺，一代工艺依赖于代材料和设备来实现。半导体材料处于整个半导体产业链的上游环节，对半导体产业发展起着重要支撑作用，具有产业规模大、技术门槛高、研发投入大、研发周期长等特点。同时，半导体材料行业是半导体产业链中细分领域最多的产业链环节，根据 SEMI 的分类与数据，晶圆制造材料包括硅片、光掩膜、光刻胶及辅助材料、工艺化学品、电子特气、抛光液和抛光垫、靶材及其他材料，封装材料包括引线框架、封装基板、陶瓷基板、键合丝、包封材料、芯片粘结材料及其他封装材料，每一大类材料又包括几十种甚至上百种具体产品，细分子行业多达上百个。

根据 SEMI 的数据，2021 年半导体前道制造材料的成本占比为 62.8%，后道封装材料成本占比为 37.2%。进一步对前道制造材料成本以及后道封装材料成本进行拆分，其中成本占比最大的为硅片/其他衬底成本（20.72%）；其余材料成本占比从大至小排序分别为封装基板（14.88%）、湿电子化学品（8.79%）、光刻胶及配套材料（8.29%）、掩膜版（8.10%）、键合丝（5.58%）、引线框架（5.58%）、封装树脂（4.84%）、CMP 材料（4.46%）、陶瓷封装（4.09%）、电子特气（2.51%）、靶材（1.82%）、粘结材料（1.49%）、其他（8.84%）。

图 2：2021 年半导体材料成本拆分



资料来源：SEMI，付斌《从砂到芯：芯片的一生》，未来半导体网，光大证券研究所

硅片及其他衬底材料是半导体芯片的关键底层材料。从芯片的制造流程来看，需要的步骤包括生产晶圆、氧化、光刻、刻蚀、薄膜沉积、互连、测试、封装等。以硅片半导体为例，自然界中硅砂很多，但硅砂中包含的杂质太多，需要进行提炼后使用。将提炼后得到的高纯硅熔化成液体，再利用提拉法得到原子排列整齐的晶锭，再将其切割成一定厚度的薄片，切割后获得的薄片便是未经加工的“原料晶圆”。第二步即为氧化过程，其作用是在晶圆表面形成保护膜，保护晶圆不受化学杂质影响、避免漏电电流进入电路、预防离子植入过程中的扩散以及防止晶圆在刻蚀时滑脱；第三步为光刻，即使用光线将电路图案“印刷”到晶圆上。第四步为刻蚀，在晶圆上完成电路图的光刻后，用该工艺来去除任何多余的氧化膜且只留下半导体电路图；在刻蚀的同时，也需要进行第五步薄膜沉积/离子注入：通过不断沉积薄膜以及刻蚀去除掉器件中多余的部分，同时添加一些材料将不同的器件分离开来，每个晶体管或存储单元就是在这个过程中构建起来的；在上述过程完成后，需要将器件互连并进行测试，测试无误后才能进行最后的封装，得到最后的半导体芯片。由于半导体（集成电路）制造的过程十分复杂，涉及的金属材料品种包罗万象，本节中我们以 SEMI 对半导体材料的分类为脉络，逐个分析涉及金属的半导体材料，主要包括衬底及外延、掩膜版、电子特气、靶材、其他材料（高 K 材料及电镀液）、键合丝、引线框架、焊料，下文将分别对这些半导体材料涉及的金属做进一步阐述。

一、衬底&外延（前道制造）：三代半导体材料依次登场

衬底环节是金属材料在半导体器件中的关键环节，所谓衬底即是一种用于制造半导体器件的材料基底，常见的衬底包括硅、锗、碳化硅等。在生产半导体芯片的工艺流程中，晶圆生产通常为第一道工序，而晶圆便是由衬底材料切割而来。从半导体的发展历史看，半导体衬底材料经历了三代的更新迭代，并正在向着第四代材料稳步迈进。其中第一代半导体材料以锗（Ge）和硅（Si）为主，其中锗目前半导体应用较少，而硅仍是目前最主流的半导体衬底材料；第二代半导体材料以砷化镓（GaAs）、磷化铟（InP）、锑化铟（InSb）和硫化镉（CdS）等 I-V 族化合物材料为主，由于化合物半导体的宽禁带优势以及下游应用领域的进一步发展，砷化镓与磷化铟未来的使用量将提升；第三代半导体材料则是以碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）、氧化锌（ZnO）和氮化铝（AlN）等为代表的宽禁带（禁带宽度大于 2.2eV）半导体材料，其中碳化硅与氮化镓备受关注；而第四代半导体材料主要包括氮化铝（AlN）、金刚石、氧化镓（Ga₂O₃），它们被称为超宽禁带半导体材料，目前尚处于起步阶段。

从四代半导体的性能参数对比看，第一代半导体表现出较低的禁带宽度、介电常数以及击穿电场，其优势在于低廉的成本以及成熟的工艺，因此更加适应低压、低频、低温的工况。第二代半导体材料具有发光效率高、电子迁移率高、适于在较高温度和其它条件恶劣的环境中工作等特点，同时工艺较第三代半导体材料更为成熟，主要被用来制作发光电子、高频、高速以及大功率器件，在制作高性能微波、毫米波器件方面是绝佳的材料。第三代半导体材料随着智能时代的来临而备受青

睐，禁带宽度明显增加，击穿电压较高，抗辐射性强，电子饱和速率、热导率都很高。基于上述特性第三代半导体材料不仅能够高压、高频的条件下稳定运行，还可在较高的温度环境下保持良好的运行状态，并且电能消耗更少，运行效率更高。而第四代半导体材料显示出最大的优势便是其更宽的禁带宽度，因此其更适合应用于小尺寸、高功率密度的半导体器件。半导体代际区分的关键指标为“巴利加优值”，它以 IEEE 荣誉勋章获得者 B. 贾扬特·巴利加 (B. JayantBaliga) 的名字命名。本质上，它表示的是器件的输出在高电压下对输入信号细节的再现程度，优值越高，再现程度越完整。我们假设第一代半导体硅基材料的优值为 1，第二代半导体材料优值需要达到其 10 倍以上，第三代半导体材料优值需要达到其 100 倍以上，第四代半导体材料优值需要达到其 1000 倍以上。

(1) 锗衬底：步入迟暮之年的半导体材料

锗是世界上第一个晶体管以及第一块集成电路芯片所用的半导体材料，在半导体发展的早期，晶体管市场的主流是锗，硅晶体管销量不及它的零头。而由于成本、稳定性以及工况温度的问题，硅逐渐取代了锗，成为了半导体行业最主要的衬底材料。目前锗在电子/半导体领域的应用仅限于少数特殊的硅锗 (SiGe) 器件，尽管这种化合物的载流子迁移率能达到标准硅的两到三倍，但仍然不是主流工艺。目前仍然可以从部分供应商那里买到锗单晶的晶体管，但它们的量极少，远不是主流产品。锗现在的主要应用是光学系统，因为它对 8 至 14 微米热波段的红外光是相对透明的，这使得它很适合用于镜头系统和热成像系统中的光学窗口。根据 ExactitudeConsultancy 的数据，2022 年锗金属下游需求中，光纤领域和红外领域占比最大，分别达到 36% 与 24%。

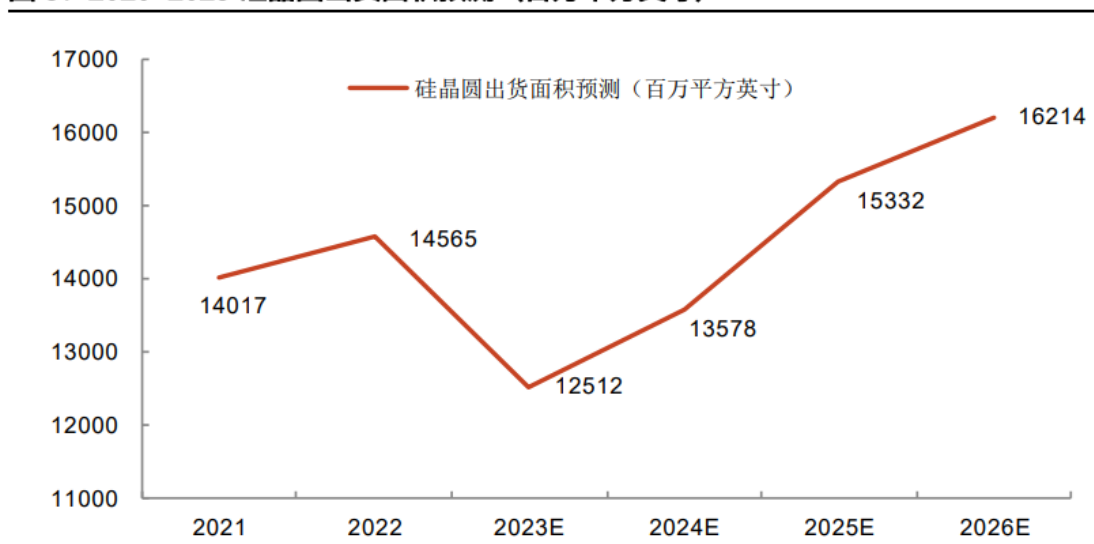
(2) 硅衬底：半导体的主流材料

与锗一样，单晶硅也是第一代半导体材料；不同于锗单晶的使用量逐年下降，硅可以说是半导体的中流砥柱，目前绝大部分的集成电路以及其他半导体器件都是以硅作为衬底材料制作的，这是由于硅具有以下优势：1) 安全无毒，对环境无害，属于清洁材料。2) 天然绝缘体，可通过加热形成二氧化硅绝缘层，防止半导体漏电现象，因此在晶圆制造时可以不用在器件表面沉积多层绝缘体，降低晶圆制造生产成本。3) 储量丰富，硅元素在地壳中占到 27.7%，价格低廉从而降低半导体的材料成本。4) 制作工艺成熟。经过长时间的发展，与其他半导体材料相比较，硅材料的应用技术更加成熟且更具有规模效益，在这样的条件下，硅材料显得“物美价廉”，这样的特质给予了硅材料不可替代的行业地位。据 Yole 预测，硅基材料器件未来仍将占据半导体市场的主导地位，预计未来市场渗透率仍超过 80% (此前长期超过 90%)。

根据国际半导体产业协会 (SEMI) 统计，2022 年全球半导体硅晶圆出货面积达 145.65 亿平方英寸，较 2021 年增长 3.9%，超过了 2021 年创下的记录；总营收达 137 亿美元，增长 9.6%，同样创下历史新高。随着汽车、工业、物联网以及 5G 建设的驱动下，半导体用硅在 2022 年需求均有增长。SEMI 于 2023 年 10 月最新预期，由于总体经济环境充满挑战，2023 年半导体硅晶圆出货面积将出现下滑，约 125 亿平方英寸，较 2022 年下降 14.10%。受通胀、升息等因素影响，个人电脑及

智能手机等市场需求疲软，产业链库存问题严重，台积电此前在 2022 年预期，2023 年全球半导体业产值或将面临衰退窘境。联电也于同一时间预期 2023 年晶圆代工工业产值将负增长。SEMI 预期，在 5G、汽车及工业应用对半导体的强劲需求驱动下，随后几年半导体硅晶圆出货面积将出现反弹，2024 年有望较 2023 年增加 8.52%，达 135.78 亿平方英寸，2025 年再增加 12.92%，达到 153.32 亿平方英寸。

图 8：2020~2025 硅晶圆出货面积预测（百万平方英寸）



资料来源：SEMI 统计及预测，光大证券研究所

（3）砷化镓衬底：崭露头角的第二代半导体之星

第二代半导体材料砷化镓是由金属镓与半金属砷按原子比 1:1 化合而成的化合物。砷化镓具有灰色的金属光泽，其晶体结构为闪锌矿型。砷化镓早在 1926 年就已经被合成出来了，1952 年确认了它的半导体性质。用砷化镓材料制作的器件频率响应好、速度快、工作温度高，能满足集成光电子的需要。砷化镓是目前最重要的光电子材料，也是继硅材料之后最重要的微电子材料，适合于制造高频、高速的器件和电路。在人工智能、元宇宙产业的驱动下，催化了以 Mini/MicroLED 为主的新型显示技术的快速发展，这也让 LED 用半导体型砷化镓的市场需求得到进一步拓展。新型 LED 显示屏所需的红黄光 LED 制作工艺极其复杂，难度极高，然而砷化镓衬底在用来生产红黄光 LED 方面具有天然的优势。目前，砷化镓红黄光 LED 主要用于室内及室外显示屏、汽车刹车灯、家用电器、交通指示灯、MiniLED 显示屏等，是照明市场上的主要衬底材料。得益于下游新兴市场的壮大，砷化镓的年需求量也逐渐增多。据 Yole 数据显示，2019 年全球砷化镓衬底市场销量（折合 2 英寸）约为 2000 万片，全球砷化镓衬底市场规模约为 2 亿美元；预计到 2025 年全球砷化镓衬底市场销量（折合 2 英寸）将超过 3500 万片，年复合增长率为 9.72%。届时全球砷化镓衬底市场规模将达到 3.48 亿美元。

（4）磷化铟衬底：不可忽视的另一颗第二代半导体材料新星

磷化铟是磷和铟的化合物，磷化铟作为半导体材料具有优良特性。使用磷化铟衬底制造的半导体器件，具备饱和电子漂移速度高、发光波长适宜光纤低损通信、抗辐射能力强、导热性好、光电转换效率高、禁带宽度较高等特性，因此磷化铟衬底被广泛应用于制造光模块器件、传感器件、高端射频器件等。20世纪90年代以来，磷化铟技术得以迅速发展，并逐渐成为主流半导体材料之一。由于下游市场需求有限以及成本较高，磷化铟衬底市场规模相对较小。未来，在数据中心、5G通信、可穿戴设备等新兴市场需求的带动下，磷化铟衬底市场规模将持续扩大，成本也将随着规模效应而降低，进一步促进下游应用领域的发展。根据 Yole 预测，2026 年全球磷化铟衬底（折合 2 英寸）预计销量为 128.19 万片，2019-2026 年复合增长率为 14.40%。

磷化铟衬底上游为铟金属，其大部分产量由我国提供。根据我们在 2023.9.12 外发的研报《铟银共振，铟待花开——光伏对金属材料需求测算报告》中的测算，2022 年铟的主要应用中，最大下游市场为 ITO 靶材，需求占比达到 72%；其次是焊料和合金、电子半导体领域，需求占比分别为 12%和 11%；光伏领域占比为 1%。我国是全球最大的消费电子生产国，全球平板显示器产能正在向国内转移，因此国内市场对铟的需求快速上升。

（5）碳化硅衬底：正在崛起的第三代半导体材料

以碳化硅为代表的第三代半导体大功率电力电子器件是目前在电力电子领域发展最快的功率半导体器件之一。碳化硅作为第三代半导体材料的典型代表，也是目前晶体生产技术和器件制造水平最成熟，应用最广泛的宽禁带半导体材料之一，目前已经形成了全球的材料、器件和应用产业链。碳化硅是高温、高频、抗辐射、大功率应用场合下极为理想的半导体材料。由于碳化硅功率器件可显著降低电子设备的能耗，因此碳化硅器件也被誉为带动“新能源革命”的“绿色能源器件”。另外，现在的宽禁带半导体器件几乎都做在外延层上，而碳化硅也是这些外延层生长的重要衬底。半导体照明领域：采用碳化硅作为衬底的 LED 器件亮度更高、能耗更低、寿命更长、单位芯片面积更小，在大功率 LED 方面具有非常大的优势。

各类电机系统：在 5 千伏以上的高压应用领域，半导体碳化硅功率器件在开关损耗与浪涌电压上均有应用，最大可减少 92%的开关损耗，半导体碳化硅功率器件功耗降低效果明显，设备的发热量大幅减少，使得设备的冷却结构进一步简化，设备体积小化，大大减少散热用金属材料的消耗。新能源汽车及不间断电源等电力电子领域：新能源汽车产业要求逆变器的半导体功率模块，在处理高强度电流时，具有远超出普通工业用途逆变器的可靠性；在大电流功率模块中，具有更好的散热性，高效、快速、耐高温、可靠性高的半导体碳化硅模块完全符合新能源汽车的要求。半导体碳化硅功率模块小型化的特点可大幅降低新能源汽车的电力损失，使其在 200℃高温下仍能正常工作。更轻、更小的设备重量减轻，从而减少汽车自身重量带来的能耗。半导体碳化硅材料除了在新新能源汽车中占有重要地位外，在高铁、太阳能光伏、风能、电力输送、UPS 不间断电源等电力电子

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/715211323032011213>