

内容目录

第一章 前言	4
第二章 2023-2028 年半导体金属市场前景及趋势预测	4
第一节 半导体制造工艺中涉及金属的材料梳理	4
一、衬底&外延（前道制造）：三代半导体材料依次登场	5
（1）锗衬底：步入迟暮之年的半导体材料	6
（2）硅衬底：半导体的主流材料	7
（3）砷化镓衬底：崭露头角的第二代半导体之星	8
（4）磷化铟衬底：不可忽视的另一颗第二代半导体材料新星	8
（5）碳化硅衬底：正在崛起的第三代半导体材料	8
（6）碳化硅外延：碳化硅衬底功能发挥的关键	9
（7）氮化镓外延：氮化镓材料真正发光发热之处	10
（8）衬底&外延总量以及结构的变化	11
二、掩膜版（前道制造）：铬金属助力光刻技术	12
三、电子特气（前道制造）：钨金属化身六氟化钨	12
四、靶材（前道制造）：先进用铜钽，成熟用铝钛	13
五、其他前道制造材料：电镀液与高 K 材料	14
（1）电镀铜：大马士革工艺	14
（2）高 K 材料新贵：钌金属	15
六、键合丝（后道封装）：金、银、铜皆有应用	15
七、引线框架（后道封装）：铜基框架占主导地位	16
八、焊料（后道封装）：锡金属大展身手	16
九、其他后道封装材料：Low- α 材料	17
第二节 半导体金属品种汇总与用量测算	18
一、硅：最主流的半金属衬底材料	18
（1）上游工业硅情况介绍	18
（2）半导体用硅用量测算	19
二、镓金属：第二代半导体用量大，第三代半导体用量小	19
（1）上游镓金属市场情况	19
（2）镓金属用量测算	20
三、铜金属：半导体中用途最广泛的金属	21
（1）上游铜市场情况介绍	21
（2）大马士革工艺介绍	22
（3）前道制造铜金属用量测算	22
（4）后道封装用铜量测算	23
四、钽金属：高纯溅射钽靶，用于阻挡层沉积	24
（1）钽金属市场情况	24
（2）钽金属使用量测算	24
五、铬金属：掩膜版使用核心金属材料	24
（1）铬金属市场介绍	24
（2）铬金属用量测算	25

六、钨金属：六氟化钨电子特气	25
(1) 钨市场情况介绍	25
(2) 钨金属用量测算	26
七、钨金属：栅极用高 K 材料	26
(1) 钨金属市场情况	26
(2) 钨金属用量测算	27
八、贵金属：键合金丝、键合银丝	27
(1) 金、银市场情况介绍	27
(2) 金、银用量测算	27
九、锡金属：主要的后道封装焊料	27
(1) 锡金属市场情况	27
(2) 锡金属用量测算	28
十、关注先进封装技术，Low- α 材料用量有望增长	28
十一、其他金属：百花齐放	28
第三节 金属用量汇总与弹性测算	29
一、金属用量汇总	29
二、弹性测算	30
第四节 重点企业分析	31
一、东方钨业：国内唯一钨钼金属深加工龙头	31
二、壹石通：Low- α 球形氧化铝产线扩张	31
三、联瑞新材：Low- α 球形硅微粉国产化替代重要企业	31
四、锡业股份：锡、铟双龙头	32
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	32
六、中金岭南：拥有镓金属储量 760 吨	33
七、中国铝业：铝行业龙头，叠加镓金属生产	33
八、云南锗业：布局锗全产业链的锗龙头	33
第三章 半导体金属企业开展口碑营销的价值	34
第一节 口碑营销的含义	34
第二节 口碑营销的优势和价值	34
一、具有准确的针对性	34
二、用户更信赖口碑传播的信息	34
三、具有团体性	35
四、营销成本低	35
第四章 半导体金属企业开展口碑营销策略	35
第一节 开展口碑营销策略步骤	35
一、企业开展口碑营销前的工作流程	35
二、口碑营销模式：抓住口碑就抓住了流量	36
三、口碑营销需要从每一位顾客做起	37
四、要抓住每一个机会做口碑营销	37
五、可信度是口碑营销的基础	38
六、口碑营销让顾客成为您的“准员工”	39
七、“消费领袖”是口碑营销的关键	39
八、口碑营销的工作原则	40
第二节 口碑营销十大策略方法以及案例	40

一、产品特色挖掘	40
二、打造个性服务	41
三、创作简单广告	41
四、建立品牌故事	42
五、利用偶像效应	42
六、制造旺盛人气	42
七、参与公益事业	43
八、培育消费领袖	44
九、巧用突发事件	44
十、倡导体验消费	44
第三节 口碑营销其他引流策略	45
一、通过权威媒体、名人进行“背书”	45
二、通过搜索营销的优化	45
三、通过软文（新闻），以第三方的角度诠释品牌，增强权威性	46
四、通过“话题事件”的形式进行病毒式传播	46
第四章 半导体金属企业《口碑营销引流策略》制定手册	46
第一节 动员与组织	46
一、动员	46
二、组织	47
第二节 学习与研究	48
一、学习方案	48
二、研究方案	48
第三节 制定前准备	49
一、制定原则	49
二、注意事项	50
三、有效战略的关键点	51
第四节 战略组成与制定流程	54
一、战略结构组成	54
二、战略制定流程	54
第五节 具体方案制定	55
一、具体方案制定	55
二、配套方案制定	57
第五章 半导体金属企业《口碑营销引流策略》实施手册	58
第一节 培训与实施准备	58
第二节 试运行与正式实施	58
一、试运行与正式实施	59
二、实施方案	59
第三节 构建执行与推进体系	60
第四节 增强实施保障能力	61
第五节 动态管理与完善	61
第六节 战略评估、考核与审计	62
第六章 总结：商业自是有胜算	62

第一章 前言

有句老话说的好，金杯银杯不如老百姓的口碑。确实，一家企业的口碑好坏决定着企业产品的销量等很多问题，而事实上，越来越多的品牌重视品质和服务，也就会自然而然地重视口碑营销流量是企业赖以生存的根本，它不仅仅是一个简单的数字，而是数字背后活生生的人。所以，承认消费者拥有的发言权，坚持以人为本的口碑营销才是当下获得流量的明智之举。

那么，口碑营销如何做？策略步骤有哪些？有什么方法和案例？

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。这将为您的经营管理、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。

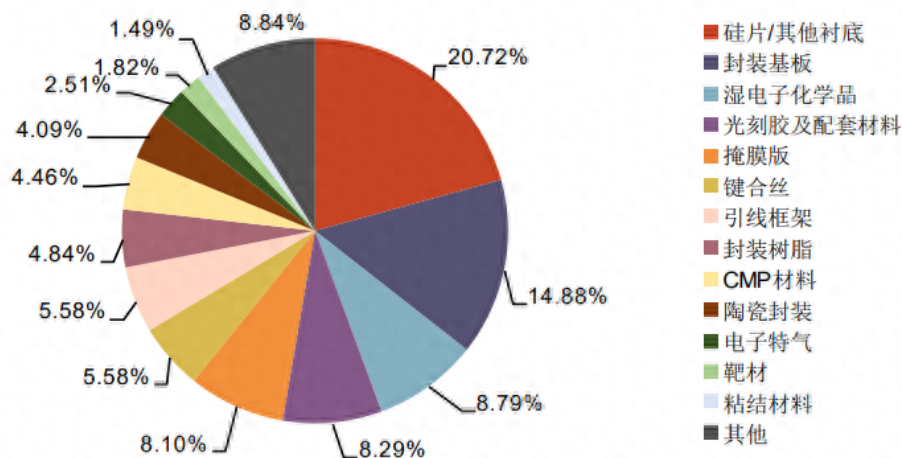
第二章 2023-2028 年半导体金属市场前景及趋势预测

第一节 半导体制造工艺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%）、芯片粘结材料（1.49%）。

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、掩模版、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. Jayant Baliga）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

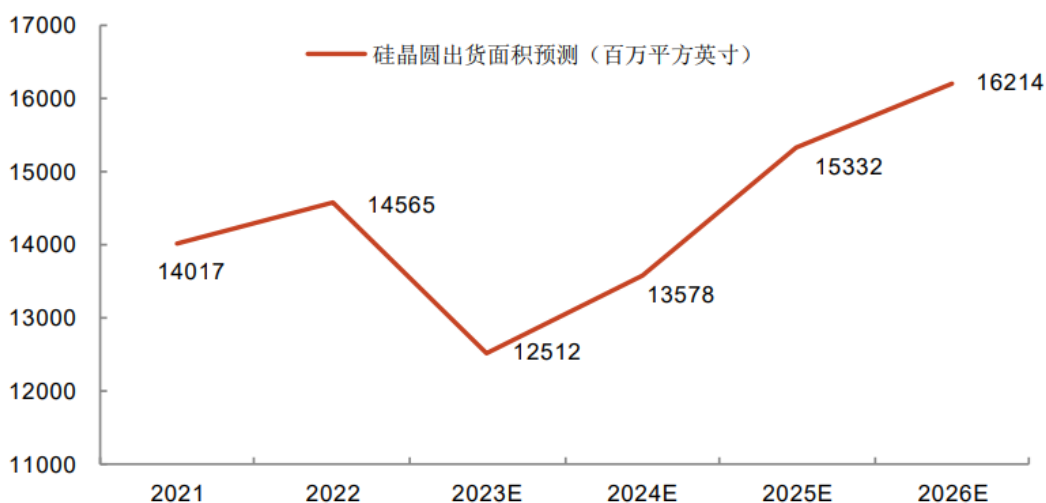
锗是世界上第一个晶体管以及第一块集成电路芯片所用的半导体材料，在半导体发展的早期，晶体管市场的主流是锗，硅晶体管销量不及它的零头。而由于成本、稳定性以及工况温度的问题，硅逐渐取代了锗，成为了半导体行业最主要的衬底材料。目前锗在电子/半导体领域的应用仅限于少数特殊的硅锗（SiGe）器件，尽管这种化合物的载流子迁移率能达到标准硅的两到三倍，但仍然不是主流工艺。目前仍然可以从部分供应商那里买到锗单晶的晶体管，但它们的量极少，远不是主流产品。锗现在的主要应用是光学系统，因为它对 8 至 14 微米热波段的红外光是相对透明的，这使得它很适合用于镜头系统和热成像系统中的光学窗口。根据 Exactitude Consultancy 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 显示屏幕所需的红黄光 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，设备体积小型化，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领域均起到了节能环保作用。根据研究机构 TECHCET 的预测，尽管全球经济普遍放缓，但 2023 年碳化硅 (SiC) 衬底市场将持续强劲增长。2022 年，碳化硅 N 型衬底市场规模比 2021 年增长了约 15%，出货量达到总计 88.4 万片（等效 6 英寸），预计该市场将在 2023 年进一步增长，达到 107.2 万片晶圆（等效 6 英寸），比 2022 年进一步增长约 22%，2022-2027 年的整体复合年增长率估计约 17%。

（6）碳化硅外延：碳化硅衬底功能发挥的关键

外延 (epitaxy) 生长是指在经过切、磨、抛等仔细加工的单晶衬底 (基片) 上生长一层有一定要求的、与衬底晶向相同的单晶层，犹如原来的晶体向外延伸了一段。新单晶可以与衬底为同一材料，也可以是不同材料 (同质外延或者是异质外延)。由于新生单晶层按衬底晶相延伸生长，从而被称之为外延层 (厚度通常为几微米)，而长了外延层的衬底称为外延片 (外延片=外延层+衬底)。

外延片作为半导体原材料，位于半导体产业链上游，是半导体制造产业的支撑性行业。外延片制造商在衬底材料上通过 CVD (Chemical Vapor Deposition, 化学气相沉积) 设备、MBE (Molecular Beam Epitaxy, 分子束外延) 设备等进行晶体外延生长、制成外延片。外延片再通过光刻、薄膜沉积、刻蚀等制造环节制成晶圆。

外延生长技术发展于 50 年代末 60 年代初，当时为了制造高频大功率器件，需要减小集电极串联电阻，又要求材料能耐高压和大电流，因此需要在低阻值衬底上生长一层薄的高阻外延层。外延

生长的新单晶层可在导电类型、电阻率等方面与衬底不同，还可以生长不同厚度和不同要求的多层单晶，从而大大提高器件设计的灵活性和器件的性能。外延技术作用主要体现在：1. 可以在低（高）阻衬底上外延生长高（低）阻外延层。2. 可以在 P（N）型衬底上外延生长 N（P）型外延层，直接形成 PN 结，不存在用扩散法在单晶基片上制作 PN 结时的补偿的问题。3. 与掩膜技术结合，在指定的区域进行选择外延生长，为集成电路和结构特殊的器件的制作创造了条件。4. 可以在外延生长过程中根据需要改变掺杂的种类及浓度，浓度的变化可以是陡变的，也可以是缓变的。5. 可以生长异质、多层、多组分化合物且组分可变的超薄层。6. 可在低于材料熔点温度下进行外延生长，生长速率可控，可以实现原子级尺寸厚度的外延生长。7. 可以生长不能控制单晶材料，如 GaN，三、四元系化合物的单晶层等。

由于 SiC 材料的质量及其表面特性不能满足直接制造器件的要求，制作 SiC 的高压、大功率、高频器件需要较厚的外延层及较低的掺杂浓度。而早在 1959 年就开发出来的薄层单晶材料生长工艺，即外延生长，可以很好地解决高压大电流制作的需求，在电阻极低的衬底上生长一层高电阻率的外延层，器件制作在外延层上。外延层的电阻率很高，可以保证器件具有高的击穿电压，而低阻的衬底又可以确保器件具有低的串联电阻。总的说来，通过外延层，可以获得比衬底材料更完美可控的晶体结构，有利于基于材料的应用开发。而外延的生长可以消除许多缺陷，使晶格排列整齐，表面形貌得到改观。SiC 的外延片通常以 SiC 的同质外延为主，要想制成功率器件，需要在 SiC 衬底上生长 1 层或几层 SiC 薄膜，在碳化硅外延材料的用量方面，SiC 功率器件中，在外延的 SiC 漂移层中平衡外延层厚度及掺杂浓度是获得高耐压器件的关键。一般低压在 600 伏，需要的外延厚度大概在 6 个 μm 左右，中压 1200~1700 伏，厚度就是 10~15 个 μm 。高压 1 万伏以上，大概需要 100 个 μm 以上，所以随着耐高压能力的增加，外延厚度随之增加。

表 4：碳化硅外延材料厚度情况

额定截止电压 (V)	漂移区掺杂浓度 (cm^{-3})	漂移区厚度 (μm)
600	2.6×10^{16}	4.1
1200	1.1×10^{16}	9
3300	3.0×10^{15}	28
6500	1.3×10^{15}	60
13000	5.3×10^{14}	130

资料来源：微信公众号《宽禁带半导体技术创新联盟》，光大证券研究所

(7) 氮化镓外延：氮化镓材料真正发光发热之处

氮化镓材料具有较宽的禁带以及较好的物理化学性质与热稳定，可以更好地满足 5G 技术、新能源汽车以及军事探测等领域对高功率耐高温、高频耐高压器件的需求，有着不错的市场前景。从氮化镓材料自身的性质来看，其在高温下会分解，不能使用单晶硅生产工艺的传统直拉法拉出单晶，需要纯靠气体反应合成，而氮气性质非常稳定，镓又是非常稀有的金属，两者反应时间长，速

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/596132023025010134>