

半导体 Sic 国产化全产业链结构交流纪要

进入正文：

专家 1（大厂衬底专家）

6 英寸导电型产品国内厂商进度：

1. **天科合达**：从产量、良率等方面均处在国内领先地位。

产能：当前 12~13 片芯片产出，北京、江苏徐州、新疆（原料合成、晶体生长等）为其生产基地；最近在北京大兴扩产，预计 2023 年大兴一期投产，届时会有二十五万片产能；2025 年大兴二期投创，产能达 50 万片。

综合良率：为 50%，在国内导电率领先地位。

单品价格：6 寸大约处在 5500 元上下，比国外 cree 低 10%左右。

2. **天岳先进**：最近将半绝缘一部分产能转换成 6 寸，一个月产出 2000 多片。最新的三年长期订单，大约为 20 多万片，平均每年 6~7 万片，客户应该是瀚天天成，国外可能是博世。

良率比之前有所突破，比天科合达稍微低一些。

临港厂导电型扩产产能 30 片，预计在 2023-24 年达成目标。

3. 同光、烁科等国内企业也在积极扩产，具体情况还需观察，他们都在半绝缘方面花费了较多精力，目前处于送样和小批量阶段，但他们拥有深厚的技术积累，未来会有爆发点。

4. 露笑、东尼电子、晶盛机电等新兴厂家，在近两年有大量布局。露笑与中科院硅酸盐所陈教授合作；东尼聘请了中国台湾中央研究院物理所专家，目前还在产品研发、送样阶段，以后和后道的瀚天天成、东莞天域已经建立了发展，但 sic 行业送样、小批量、大批量需要周期，所以需要观察。

国内外的进展：比预期估计更快些，许多汽车厂，如比亚迪、蔚来、小鹏、长城等都在推出碳化硅产品，终端推动了上游企业的进展。特别是天岳的大订单，加速了产业化进展。

国内外产品对比：海外厂商 cree、26 产品性能有优势，主要是稳定性、一致性上面的差距，国内产品主要系数都能满足要求，但是波动性较大，这会对后道加工形成困扰，后面车规级等需要也对稳定性有要求。

液向法的发展：

主流是 pvt 法优势：成本低，能够快速从实验室中脱颖而出；劣势：良率低，生长速度很低；

液相法生长温度更低，PVT 需要 2300 摄氏度，而液相法仅 1000 多摄氏度，理论上可以实现生长速度更快，缺陷更少。国内中科院物理所陈小龙教授，国外住友都在研发推进。目前进展不太快，仅在 2 寸上面实现大约 1cm 的生长，此方法还有待进一步提升。

Q&A

Q：天岳、东尼、露笑等都和下游有大订单，这些订单的约束能力及评价？

A:天岳可能是实际产品交付订单，其他可能是战略合作协议，战略合作只能作为参考，具体需要看公司发展情况。

天岳订单的实际情况、未来交付比较明确，天岳已经每月明确出货，所以我们业界有一定区分。

Q:未来 2-3 年里，导电型衬底产品价格下降趋势？国内良率低于海外，且良率提升更慢，是否会影响价格？

A:比如天科当前单价 5500 左右，毛利率 35~40%，良率在 50%左右，而 cree 综合良率在 70%以上，未来 6 寸导电产品价格会继续下降，当降幅会减缓至每年 5%左右，**6 寸导电型衬底降价主要由 cree 控制，因为它的产品质量、产能都主导市场，且终端市场批量化使用也对价格有明确要求。**

终端市场对价格拥有较大的议价权，只有价格降低到一定程度，下游才能够批量化，产业才能发展。

Q：cree 的 8 寸马上投产，他带动价格下降压力较大？

A：Cree2024 年 8 寸将投产，一开始价格较高，后面会快速下降。

Q：国内产商 8 寸进展？

A：天科 2020 年开始研发 8 寸，计划 2025 年小批量生产。

Q：天岳在半绝缘型方面的技术积累是否有利于其在导电型方面的发展？

A：核心原理一致，都是 PVT 法，利用温场温度梯度形成动力来长晶，二者有相通性。也有很多其它技术如原料合成、籽晶、热场设计、参数调整等因素也会影响良率和产品质量。天岳在 2~3 年前已经布局了导电型，只是近期有所突破，开始批量生产。

Q:从行业上来讲，良率能否保持每年 10%的提升吗？在技术上会有瓶颈吗？

A4:这跟研发能力相关，前期可能快速提升，但在提升到一定程度后，良率在达到 50%后，提升就会比较慢。Cree 到了 70%以后，在往上提也很困难，pvt 法可能本身有局限，所以业界也在尝试其他方法。

Q:国内 8 寸衬底进展如何？其他方法的技术储备？

A:天科合达 2 前开始布局，山西烁科已经发布 8 寸产品，应该也有布局，但研发成功到工业化量产还需一定时间。技术储备是有的，比如天科合达，和中科院有一些项目上的合作，在液相法上面也有布局。

Q:评价一下国内主要玩家（天科合达、天岳、东尼、三安、露笑等）各家衬底产品性能的排序是怎么样？

A:综合下来，这几家跟国外对比，做的比较好的是有的。但这几家与国外的差距主要是在于产品的稳定性，这是决定能否快速达到车规级的关键。而至于刚刚起步的公司，由于还没有大规模生产，所以无法进行有效的比较。

Q:籽晶是否自产？

A：几乎都是自产，把自己做的好的晶锭作为籽晶自己使用。

Q：现在 sic 行业的商业模式是怎么样？在衬底-外延-器件-tier1-车厂的产业链上主要的订单谁来下？谁占主导权？

A:主要是外延厂家，这是天科、天岳的主要客户，还有一些器件厂家会指定衬底，也有汽车厂，直接和衬底厂进行合作。当前没有固定的模式，合作方式也很灵活。

Q:国内现在提供大单的外延厂家都有哪些？国内国外相应较大的器件厂商都有哪些呢？

A:瀚天天成、东莞天域、55 所、三安，是导电型比较大的外延厂家，泰科天润、中车、华润微、三安、基本半导体是器件领域做的比较好的厂家。外延厂产能：天域，月产能约 5000 片 6 寸，在逐步扩产；其他几家情况类似。

Q: 衬底厂商上游长晶炉的采购情况？以及国内外参与的厂商？

A: 基本上规模较大的衬底厂家都自己做长晶炉，没有从外面采购，都是自主研发、生产制造出来的。

天科在沈阳有自己的分公司，是专门做生长炉，有自己用也有对外销售。其他家也是类似的---据了解，天岳也是自己做，前期可能从北方华创去买，但后面也都是自己做，因为这一块有一些核心的环节，它基本上把这些核心环节掌握在自己手里。

国内也有一些厂商在做这个炉子，比晶盛机电、北方华创。长晶炉价值量并不高，单价不到一百万，大概几十万。

国外专门做碳化硅长晶炉的基本上很少，像科锐也都是自己做的。所以这个市场相对而言不大。

Q: 核心环节具体指哪些环节？

A: 内部环节的设计，如温场等还是比较核心的。

Q: 长晶炉长期来看是自产的模式吗？

A: 对，因为长晶炉门槛并不高，基本上全部都能国产，没必要从外面去买，价值量也不大，自己能做可以管控成本，所以基本上都自产。

Q: 天科现在的客户结构怎么样？

A: 外延厂是它主要的大客户，例如普兴、五十五所、瀚天天成、三安光电等；国外的安森美是比较大客户，占比大概 20%。

Q: 衬底也分 MOS 和二极管级别，现在国内哪些厂家能做 MOS 级别的衬底？

A: 现在好多厂家也都能做工业级的 MOS，但是能做车规级的 MOS 的厂家应该不是太多。

Q: 对应到衬底环节，所有厂商都能做了吗？

A: 在衬底这个环节不会去区分车规级还是工业级。后续的还会根据材料、数量等去做具体的检测和划分。

Q: 业内会去划分级别吗？最高级的 Z 级国内能做吗？

A: 会的，会把芯片划分为 Z 级、P 级、D 级及 N 级等。厂家会和客户沟通后提供客户所需等级的芯片的出厂检测报告。国内基本能做，但是量和良率是主要问题。目前量最大的还是天科。

Q: 现在切割的效率怎么样？

A: 一根 2 厘米厚度的晶体大概能切出 20 多片。基本上每家厂家情况都差不多，因为都是采用市面上主流的多线切割的方式。

Q: 三安光电现在做得怎么样？它的衬底对比天科、天岳是怎样的水平？碳化硅 MOS 等的具体进展？

A: 据我们了解，三安光电之前可能在衬底这一块走了一些弯路，后面转去做 PVT 法，目前进度不是太快，良率还有产能也不是太高。但是它的一些外延器件其实做得还可以，在这个领域内做得还比较靠前的。现在它可能还会大批量地从外面拿一些衬底来补贴外延和器件。

Q: 关于切割技术，您刚刚提到多线切割技术，而现在海外也有一些冷切割、激光切割等技术。从技术层面来看，您认为什么时候会倒入新技术？对良率提升会有什么帮助吗？

A: 这些技术我们之前也听说过，国内的一些公司也开始研发这种技术，但目前还不成熟。这个技术主要能提升出片率而不是良率，例如 20 毫米厚度的晶体大概可以翻倍切出 30~40 多片，所以从出片率上能提升很大一部分。这个技术目前还没成为主流，可能还要再观察一段时间。

专家访谈 2：外延

具体概况

碳化硅外延是整个产业链中比较简单但是不可或缺的环节。现在整个碳化硅产业链非常热，这两年大家都过于注重衬底和器件，有些疏忽了外延的环节，所以突出问题就会显示出在外延上，主要问题在于以下几点：

（一）外延设备供不应求。

到目前为止，主要 6 寸外延设备集中在意大利的 LPE 和日本的 NovellCrystal 上，这两家厂商的产能被几个企业所承包掉，所以中国相比国际的速度大概晚了 2-3 个月的时间。原本 LPE 的重点是在氮化镓，现在碳化硅需求突然提升，它就把氮化镓的产能转移到碳化硅上。即使这样，它的产能也不足以供应国内的需求，因为它是单枪炉，主要特点是操作简单、产能较低。现在国内主要有两大外延厂，一个是厦门的瀚天天成，还有一个是东莞的天域半导体。外延炉并不是简单的事情，验证过程中其中主要面临几大问题：1) 主要零配件能否满足供给；2) 本身设备的稳定性、操作方便性；3) 生产出来的外延片能否满足市场需求。整体过程相当漫长，少说 2~3 年，多至 3~5 年才能稳定。

（二）成本控制

如果不计算折旧费还有点毛利，但是将折旧计算进去后基本不挣钱。到最后性价比要出来的时候，主要的壁垒就是降低成本——1) 24 小时不停运转的设备；2) 良率要提高；3) 圆滑地控制人工成本。

Q&A:

Q: 您提到现在外延设备非常紧缺。国内除了现有的两大外延厂商，新的外延厂商想要进入这个市场会比较难吗？

A: 是的。

Q: 外延设备的单价大约多少？瀚天天成和天域半导体的设备数量大概多少？

A: 单价一台 800 多万至 900 万不到人民币。今年上半年的设备数量在 20 多台，到年底可以超过 30 台左右。

Q: 外延的价格现在多少？例如六寸导电片进货成本是 5000 多一片，做成外延卖给客户大概是多少钱？

A: 根据客户层的不同给定不同的价钱。成熟大客户可能一片 500 多美金，平均在 500~800 美金，这个价格不包括衬底费用。

Q: 现在外延还是赚不到钱吗？

A: 对。不算上设备折旧费的话，应该有 20%~30%的毛利，但算入折旧后就没有什么利润了。

Q: 瀚天天成和天域半导体有透露过它们的扩产情况吗？

A: 有的，它们现在到处拿地，计划做到 50 万片甚至 100 万片，当然要在设备到位的情况下才可能实现。

Q: 晶盛外延炉在客户那边的验证情况如何？有没有其他竞争的玩家？

A: 晶盛的主力客户是普兴电子，大概用了 2~3 台设备，具体新增了多少订单不清楚。三安光电也有向晶盛下订单，但是具体验证结果也不清楚。普兴电子和三安光电的保密做的很严，所以结果都不清楚。

Q: 设备交付周期这么长，卡脖子的地方在哪里？国内和海外的差距在哪里？

A: 卡脖子的地方主要在于产能不足。从产能扩张、成本控制到整个产业链一起实现需要大概 5 年的时间。

Q: 天岳上周公布的订单是直接出给器件厂，还是先给外延厂？

A: 这个属于保密范围，只能说是和一个外延公司签订了订单。但无论如何，出片子的基础是在上海临港的工厂，这里面有很多技术层面卡脖子的地方，所以能否顺利克服也要拭目以待。

专家访谈 3：器件

近期新闻：山东天岳公布 14 亿项目订单，带动股票涨停（+20%）

新闻解读：对于行业热点新闻频繁更新，一方面第三代半导体市场火热，各企业都在布局产能，表现国内市场未来确定性以及认可度；另一方面义乌瞻芯 6 寸车规产线建设完成，理想 L9、小鹏 G9 推出等，标示着行业日新月异。

碳化硅解读：碳和硅结合的材料，属于第三代半导体。如果作为器件材料，就是 MOS 二极管，没有几代区分。碳化硅合成难度高，成本昂贵。工艺方面，衬底我们较关注山东天岳，外延比较关注瀚天天成。

碳化硅优势：

1. 相比硅，组织比较低，有利于小型化。相同的面积，碳化硅只需要硅的 1/10 的面积。
2. 工作速度快，频率约是 10 倍，可以使电感电容尺寸小型化；另外节省电容电感的材料成本。
3. 工作温度更高，功率器件，IGBT 等模块的话，约 170 度，碳化硅可达到 200 度甚至更高，目前受制于封装材料基础。

Q&A：

Q: 车用 OBC、DCDC 碳化硅的渗透率相比主逆变的渗透率快不少，如国内 L9 车型的情况，能否展开？

A: 是的。金额上一个主驱用碳化硅大约 500 美金左右，约 4500 人民币；如果用硅的话，差不多 1500 块左右，3 倍关系。在 DCDC, OBC 中，由于功率相对较小，碳化硅金额在 DCDC 约是 20 美金, OBC 约 50 美金，就渗透率来讲 DCDC、OBC 更高一点。

主要原因两方面，一方面是应用的难度。DCDC 和 OBC 是电源的应用，相比主电机驱动这个马达控制更方便。另一方面是厂商的选择，由于 DCDC, OBC 应用相对简单，供应厂家也比较多。另外主驱上来讲，一般是定制化的功率器件，目前厂家测试通过了也不敢大规模的这个当量，产能是一个极大的一个制约的这个因素。

从外因讲，它是发展中的平台，碳化硅优势是电压越高，性价比会越突出。因为碳化硅的耐压相对不敏感，IGBT，硅电能达到 1200 伏的话，电能会参数下降。

主驱的话会做两个版本，普通版本的用一个电驱，后驱就会用那个 IGBT 的方法；如果是长驱的话，它会用两个驱动芯片，就是两个片区就是前面的话应该是

IGBT，后面的用碳化硅。一方面供应链不敢完全的去碳化硅，另一方面在应用效果上，碳化硅的话在低速上面是非常优质，但是高速下与 IGBT 没有区别。从可靠性来讲，就目前来说其实 IGBT 经过多年发展更具有可靠性。

Q: 制造器件过程中各个环节如何验证？

A: 如果是车规的话，衬底要一起通过验证的，如果过程换了任何一家的话，都需要上台最终验证。因为衬底也是一个比较非常关键的一个因素。

Q: 碳化硅是不是有 AMD 的陶瓷技术？

A: 模块工作最高质需要保质器件超过封装的技术。碳化硅加上 AMD 的陶瓷器板，功率循环以及寿命会高很多了。好的器件搭配好的材料，发挥最好的作用。用IGBT的话搭配 ADM，器件不到位。同样碳化硅选了普通的 OBC 的话，封装会让模块受限。

Q: 是不是有一些国内的厂商在在做这一块？

A: 特斯拉、富乐德用了 AMD 的封装材料。其他如嘉兴的一家，主供是用国外的 AMD 的厂家，但澳洲在验证那个国内的一些 AMD 的供应商，整个行业在走国产化的这个趋势的话。

Q: 做器件的这几家泰科、华润，中车、三安这几家在碳化硅器件上面进度、技术排序如何？

A: **泰科**二极管比较成熟的，相对 MOS 板市场上相对较少。**三安**是全产业链的，二极管相当成熟，MOS 管刚刚开始量产。**华润**二极管比较稳定，MOS 板稍微欠缺，有一些关键的工艺问题。**中车**专业相对是轨道，MOS 板其实机会不大，它针对高压模块，IGBT 加上碳化硅的话，更加有应用的背景。个人排序，**MOS 管是三安>中车>华润**

Q: 轨交通常不选择 MOS，主要用二级管为主吗？

A: 轨交传统二极管，MOS 考虑大面积等因素，比较难实现，大面积 MOS 良率可能无法保证。

Q: 轨交来讲，全球碳化硅在用的就只有三菱这一条是吧？

A: 对的。MOS 管可能未来 5 年以后，难度还是还是相当高的。

Q: 中车这种主要经验在轨交上的公司，切换到新能源车轨上容易吗？

A: 难度蛮大，中车的优势在于封装技术会对他有很大的帮助。但器件没有优势。

Q: 斯达在碳化硅的进展怎么样？

A: 斯达自己在建产线，优势的其实也是封装的，包括它也做了一些就基于碳化硅的这种模块，也是刚刚开始。它基本碳化硅封装，AMD 技术掌握透了，但基建还没完成。**中车相比斯达进展快一些，拥有自己的产线，已经做出二极管器件。**

Q: 4 寸的产线追加到 6 寸的切换难吗？

A: 就是再加一条线，但设备需要重新开始，相当重头开始，一下子良率会低，需要过程。

Q: 硅作为碳化硅的封装材料是不是比较合适？

A: 合适。AMD 应该是有两种材料，一种是就是氮化硅，氮化硅其实就是前面的 AMD 的活性金属材料的一种。

Q: G9 是这个主驱用碳化硅，还是只是在快充这一部分？

A:G9 肯定会占碳化硅的方案，应该还是碳化硅+IGBT 结合。

Q: 中电科的 13 所下面的国联万众好像是已经做出来车用的那个碳化硅的模块，您认为有哪些特色？

A:这个公司不是特别了解。他可能是 OBC 或者 DCDC。实际国内公司最大的挑战是受制于衬底。成本浮动差距较大，可以翻到一倍，相比国外其他的加价空间就很大。目前这方面成本的这个差异太大了另外对于国外器件也是在车上不断试错，传统的积累上的确更有优势的，国产必须承认这方面的差距的。

中科 13 所国联万众估计不会有特别大的量，国内如果把关键的这个**工艺问题**能解决还是蛮有机会。OBC 的电源的应用比较饱和，门槛比较低，属于从低端向高端迈进。国内的瞻芯、华大，应该是和 13 所在同一个水平线上。

Q: 特斯拉的碳化硅芯片光后驱好像用 48 个，以后的车后驱上会用到多少芯片；前后都用对应大概多少的芯片？

A: 它是 24 个小模块，每个小的模块里面两个 650 伏，100 安培的 MOS 板块，如果前面后面都用碳化硅的话，个人来讲没有必要，因为它的一些性能、技术绝对够了。

Q: 相当于一个芯片是 650 伏以后，有没有可能一块芯片做到 1200 伏，这个用量就减半了？

A: 不一定是。因为真正电池差不多是用了 800 伏，然后会有一些压力要考虑一些。趋势上来讲的话，新能源车都会转向 800 伏，因为 250 伏的话，IGBT 效率体现的更好，系统效率它差不多可以去提高 5%，碳化硅还利率差 3000 块钱。用了 800 伏的话，电子差价弥补回来系统成本变低，跟同样市场，对厂商来说的话，成本其实更低的。

650 伏规格和 1200 伏规格，它在今年的这个面积上不一样。同样的 650 伏的 IGBT 为标准化，如果碳化硅的话，只要它的 $1/3$ 。到了 1200 伏的话，用了原来的 $1/5$ 面积，就是 1200 用了原来的 650 的 60% 的面积，功率还可以提高。

Q: 如果整个一片晶圆去切芯片，1650 伏或者 1200 伏，单芯片面积大，切出来的芯片会少吗？

A：1200 伏的面积会稍微大一点，差不多是 1.2 倍左右。因为碳化硅耐压不敏感，做到 1000 以上，它基本就变大一点。简单来说的话，如果 1650 伏可以切 5 台车的话，1200 伏在同样的功率，差不多可以 7 台车。

更多一手会议纪要和研报加V：shuimu987c