

助力“中国芯”——半导体行业投融资法律尽职调查要点

作者：蔡航 京若阳

引言

七八十年代，“半导体”是收音机的代名词。而在今天，“半导体”俨然已经和芯片画上了等号，从大众对半导体一词理解的变迁，可管窥时代和科技的进步。**半导体**是一类导电能力介于导体与绝缘体之间的材料，因其半导体特性而可被加工成信号处理元件，是集成电路（芯片）的核心材料。半导体材料通常划分为三代，其中第三代半导体材料氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）虽是受到业界追捧的明星，但第一代半导体材料硅（Si）目前仍占据市场和应用的绝对主导地位。

一般认为，广义的半导体器件包括**集成电路**、**分立器件**、**光电子器件**（LED、光伏器件等）和**传感器**。而狭义的半导体器件，其意涵等同于集成电路（integrated circuit）。如无特别说明，本文所称半导体均取其狭义，含义等同于**集成电路（IC）**或**芯片**。

半导体产业是“现代工业皇冠上的明珠”，有着极高难度的工艺和工序，同时也仰赖于多种材料和设备的配合和协助。而芯片是现代工业设备和生活产品的“心脏”，在计算机、通信、消费电子、工业、医疗、国防等传统领域扮演着至关重要的角色，也逐渐成为诸如物联网、新能源汽车、5G等新兴领域的核心。

本文以半导体产业政策背景及资本市场现状为引子，并将简单介绍半导体产业链及代表性企业，进而分析对半导体企业投融资活动中法律尽职调查的关注要点。

一、 半导体产业政策背景及资本市场现状

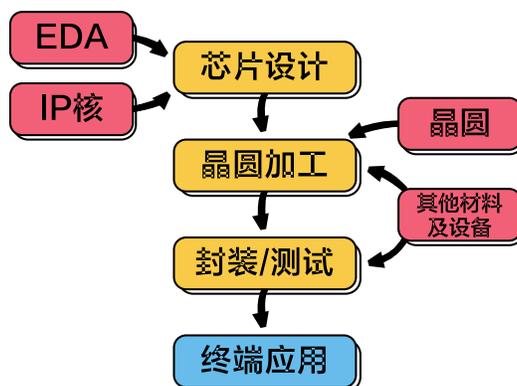
自进入 21 世纪以来，半导体产业就成为国家重点发展与扶持的产业之一，历经 20 余年的发展，我国半导体产业由弱小到壮大，培育了一大批明星企业。尽管如此，我国半导体工业距离世界最高水平仍然一定差距，部分关键设备、材料与产品仍然无法国产化。为了避免和减少我国在半导体产业被其他发达国家“卡脖子”的情况，国务院在 2020 年 7 月发布了《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策》，将大力发展集成电路产业提高到国家政策的层面。而我国“十四五”规划和 2035 远景目标纲要更是将集成电路产业提高到前瞻性、战略性领域的位置。在此背景下，各地方政府也发布了各种政策，助力本地的半导体产业的良性发展。

资本市场方面，科创板因对符合要求的自主创新企业较为友好，因此吸引了大批半导体企业登陆。截至目前，已有近 60 家半导体企业在科创板上市，业务涵盖芯片设计、晶圆加工、半导体材料和设备、封装测试等各个产业链环节。此外，上交所和中证指数近日发布了“上证科创板芯片指数”以反映科创板中代表性芯片企业证券的整体表现，侧面反映了科创板对我国半导体企业的筑巢引凤效应。

而在投融资一级市场，受惠于“国产替代”的时代背景、国家战略的政策鼓励、巨大的市场需求以及退出渠道的通畅，我国的半导体创业公司的融资活动一片欣欣向荣。据集微咨询（JW Insights）统计，2021年中国境内半导体行业整体投资事件为570笔，投融资总规模超1100亿元。值得注意的是，其中芯片设计环节是投资重点，占总投资案例数的70%左右，半导体材料、封测等环节是投融资的次热点，而芯片制造（晶圆加工）仍是薄弱环节。

二、 半导体产业链概述

经过数十年的发展，半导体产业链已经形成了**芯片设计**、**晶圆加工**、**封装/测试**三大主要上下游分工。此外，EDA软件、IP核授权、半导体材料（以晶圆为代表）和半导体设备（以光刻机为代表）也是整个产业链中不可或缺的部分。



▲半导体核心产业链示意图（作者制图）

1. 芯片设计

根据实现功能的不同，芯片可分为数字芯片（包括逻辑芯片、存储芯片、微处理器）和模拟芯片。但无论其功能如何，芯片的开发、流片到量产都是从芯片设计开始的。**芯片设计**是指通过系统设计和电路设计，使芯片设计从构思变为具备制造意义的芯片。芯片设计以集成电路版图设计（mask work，又译掩膜作品、光罩作品）的形式呈现。

EDA软件（Electronic Design Automation，电子设计自动化）是用于辅助完成超大规模集成电路芯片设计、制造、封装、测试整个流程的计算机软件。在芯片设计之初，EDA软件即可协助企业完成电路设计、电路仿真与验证、物理实现等功能。目前，铿腾电子（Cadence）、新思科技（Synopsys）、和西门子EDA（前身为Mentor Graphics）三巨头占领全球七成以上的EDA市场。近年来中国的EDA厂商也有崛起的趋势，具有代表性的为华大九天、概伦电子、广立微、国微思尔芯等。

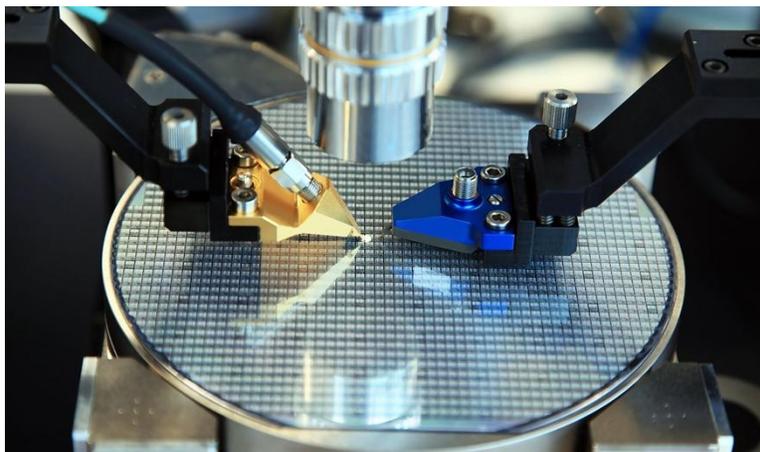
此外，**IP核**也是芯片设计中不可或缺的重要基础。IP核（intellectual property core）是指芯片中具有独立功能的电路模块的现有设计，可以直接应用在相关芯片设计中，从而达到减少设计

工作量、缩短设计周期以及提高设计成功率的效果。自 Fabless 和 Foundry 模式发轫以来（详见下文），芯片行业的 IP 核供应商不断增加，各种功能的 IP 核也不断涌现。业内具有代表性的 IP 核供应商是 ARM、新思科技（Synopsys）、铿腾电子（Cadence），其提供的 IP 核生态覆盖了全球芯片设计行业。举例而言，当前全球主流移动芯片中——无论是苹果、高通、华为海思还是联发科——几乎都含有 ARM 公司的“Cortex”系列 IP 核。

得益于 EDA 软件和 IP 核的助力，我国企业在芯片设计领域与世界先进水平相去不远。例证之一，就是华为海思半导体在受到制裁前设计和量产的“麒麟”系列移动芯片已经达到当时的世界先进水平。

2. 晶圆加工

晶圆是芯片制造的载体（又称裸晶圆，bare wafer），硅晶圆（硅片）是单晶硅锭的切片，而后者一般从主要成分为二氧化硅的砂子中提炼而成。当前，以硅晶圆为基础的半导体产品仍是业界的绝对主流。硅晶圆的尺寸主要集中在 8 英寸和 12 英寸。12 英寸主要应用于制造 CPU/GPU 和存储芯片等，8 英寸主要应用于汽车电子、工业自动化、音频芯片等用途，而 6 英寸及以下主要应用于中低端产品。全球硅晶圆的主要供应商集中在日本、中国台湾、韩国及德国，中国硅晶圆供应商主要集中在中小尺寸的硅晶圆上，仍有较大发展空间。



▲加工中的硅晶圆

晶圆加工是芯片生产的核心环节，也叫“前道工序”，是指在晶圆上通过一系列工艺（例如镀膜、光刻、刻蚀、离子注入等）加工雕刻出复杂的集成电路结构。晶圆加工是半导体产业链中最核心、最复杂、最具技术含量的环节，需要包括光刻机在内的尖端设备和多种材料辅助、并经过上百道工艺方可实现。在芯片设计完成后且在大规模生产前，芯片设计企业一般会安排晶圆加工企业试生产几片到几十片的晶圆供测试和改进，是为“流片”。

晶圆加工企业的核心竞争力之一体现在加工制程工艺上，例如占全球晶圆代工市场份额过半的台积电（TSMC）即将在 2022 年内推出 3nm 工艺，而中国大陆企业最先进的工艺为中芯国际

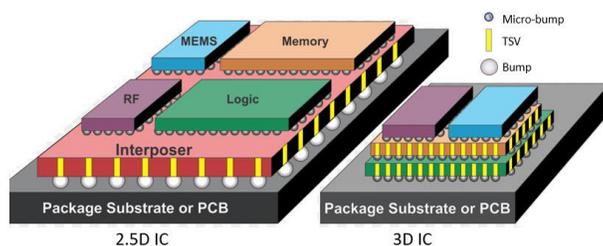
的 14nm，差距明显。制程工艺越先进，集成电路上晶体管密度越高，集成电路的效率、功耗表现就越优秀。半导体行业著名的“摩尔定律”揭示了集成电路上的晶体管密度随着时间的推移呈指数级提升的规律。

在晶圆加工的核心设备和材料上（例如光刻机、光刻胶、半导体清洗设备、溅射靶材等），我们和世界先进水平还有相当的距离。例如，目前全球唯一可用于 7nm 及以下制程工艺的极紫外（EUV）光刻机，其供应商只有荷兰阿斯麦（ASML）一家，而受限于贸易管制，该型光刻机目前无法出口至中国大陆。同时我们也应当关注到，国内的光刻机研发生产企业（如上海微电子、奥普光电等）也在奋力追赶。

3. 封装/测试

晶圆加工完成后，布满电路结构的硅晶圆就需要进入封装测试环节了，也叫“后道工序”。芯片的封装测试包括**芯片封装**和**芯片测试**两个环节，是半导体产业链的下游。

芯片封装是指将加工完成的晶圆变为可使用的半导体产品的过程。传统的芯片封装主要流程包括将晶圆切割为晶粒（die）后，以引线框架（lead frame）为载体，通过导线将晶粒焊盘（die paddle）与框架的引脚（lead finger）相连（wire bond）从而实现电气连接，最后用外壳加以保护。而近年出现的先进封装技术则颠覆了传统封装工艺，包括倒装封装（flip chip）、晶圆级封装（wafer level package）、2.5D 封装、3D 封装等。



▲2.5D 封装、3D 封装示意

芯片测试往往与封装并称为“封测”，一般由封装厂商一并提供服务。芯片测试分为晶圆层面的测试（chip probing）以及芯片成品后的测试（final test）。芯片测试的主要目的是防止不良品流入市场，同时也通过对良品率、损坏位置的分析改进上游的芯片设计、晶圆加工环节。

相对半导体产业链的其他环节，封测环节对技术和人才积累的要求相对较低，因此芯片封测是当前我国半导体产业链中最具国际竞争力的环节。中国大陆封测企业（包括长电科技、通富微电子、华天科技等）在全球半导体封测市场占有一席之地，而中国台湾的日月光、美国的安靠科技（Amkor）仍牢牢占据该细分市场的头两把交椅。

此外，半导体封测也需要多种封装材料（例如封装基板、塑封料）、封装设备（例如封装光刻机）、测试设备（例如 ATE）的支持。我国在封测设备和材料领域有不少颇有建树的企业，例如上海微电子在去年就向客户交付了用于先进封装的 2.5D/3D 先进封装光刻机。

4. 芯片行业的三种主要商业模式

目前，芯片行业的三种主要商业模式分别是 IDM 模式（Integrated Device Manufacturing）、Fabless 模式（Fabrication-less）和 Foundry 模式（晶圆代工模式）。

IDM 模式，是指同一家半导体企业包揽了芯片设计、晶圆制造、晶圆加工、封装测试等全产业链环节，技术和资金壁垒较高，回报速度较慢。放眼全球，Intel、三星、德州仪器是比较具有代表性的 IDM 企业，而中国的 IDM 企业有吉林华微、华润微电子、安世半导体等。

Fabless 模式，顾名思义就是没有晶圆加工厂（Fabrication）的商业模式，企业只负责芯片的设计和营销，而晶圆加工、封装测试等环节均外包给其他企业。Fabless 模式的企业资产较轻，创业难度相对较小，但这并不意味着 Fabless 模式的技术含量低。相反，很多国际半导体巨头（例如 AMD、英伟达、高通等）均采用 Fabless 模式，中国绝大部分半导体厂商亦为此模式。此外，近年来终端应用厂商也常采用 Fabless 模式自研芯片，确保芯片产品的供应稳定性及技术领先性（例如苹果、华为等）。

Foundry 模式，是专门从事晶圆代工业务的商业模式，凭借自身的雄厚技术和充沛产能，以承接芯片设计企业的订单。在全球的晶圆代工厂中，除市场份额过半的台积电以外，代表性企业还有联电、格罗方德（格芯）等。而我国的代表性 Foundry 是中芯国际、华虹宏力，但其加工工艺上与国际领先水平仍有差距，主要负责中低端晶圆产品的代工。

随着芯片行业的分工进一步细化，除上述三种主流模式以外，半导体行业也开始出现其他衍生商业模式。比较有代表性的有：**Fablite 模式**（轻晶圆加工厂模式），即虽然仍保留自有的晶圆加工厂，但会根据产品的技术、产能和成本需求，将部分晶圆加工业务外包给 Foundry 代工，欧洲半导体大厂意法半导体（ST）和英飞凌（Infineon）均属此种模式；以及 **Chipless 模式**（无芯片模式），即不直接介入特定芯片的设计、生产和销售，而是以 IP 核提供者的身份成为行业产业链上游的上游，前文提及的 ARM 公司即是此中翘楚。

三、 投融资法律尽职调查核心关注要点

在简要介绍半导体产业链的上下游分工和商业模式后，我们将结合我们的实务经验，简要分析半导体行业投融资过程中常见的法律尽职调查要点，以期可对半导体行业投融资活动参与者提供一些参考。

1. 核心技术、核心研发团队

如上所述，半导体行业是技术密集型行业，而且技术迭代迅速，被投资企业是否拥有核心技术、核心技术是否得到妥善保护、核心团队是否稳固、是否具有持续创新能力，是被投资企业吸引投资人的基础。

核心技术的来源对半导体产业创业公司而言至为关键，核心技术来源包括自主研发、合作研发、第三方转让或许可、专利出资/成果转化等，尽职调查中需重点关注和核查的问题包括：① 核心技术是本单位自行研发？② 核心技术是否与核心团队成员的原单位相关（详见下文）？③ 如果核心技术并非自行研发取得（如通过第三方转让或许可取得），则被投资企业取得该核心技术是否合法、完备，是否影响其竞争力和独立性？④ 如核心技术涉及高校、科研院所的科技成果转化，则需核查是否符合相关制度、转化程序是否合法有效、是否需完成国有资产评估及国有资产处置审批？⑤ 核心技术是否侵犯第三方知识产权，是否可自由地使用和开发？必要时，针对被投资企业的核心技术及知识产权，投资人可考虑引入专业的知识产权律师进行技术的自由实施（FTO）尽职调查。

核心研发团队一般由核心创始人带领核心研发团队构成，是被投资企业技术创新的驱动力，尽职调查重点关注和核查的问题包括：① 核心研发团队的学习工作经历、竞业限制情况（是否在竞业期内、是否收到经济补偿、是否存在竞业纠纷）、保密协议情况等；② 核心研发团队在本单位研发的知识产权是否涉及或构成其在原单位的职务发明创造（包括执行原单位任务、或利用原单位物质技术条件完成）？③ 核心研发团队是否涉及高校、科研院所兼职或离岗创业？如涉及，则是否符合相关规定并取得批准？④ 结合核心技术的主要发明人、主要研发项目参与者，判断核心研发团队的认定是否全面、恰当；⑤ 核心研发团队（及其他核心人员）是否存在集团体系外持股、任职等；⑥ 如核心研发团队涉及境外生活或工作经历，则还需适当核查其在境外是否存在重大涉刑涉诉问题。

2. 知识产权的保护

与其他硬科技行业类似，半导体产业公司的知识产权保护路径可以采用商标权申请、专利权申请、著作权申请等方式，分别保护其品牌、技术及软件作品。此外，针对集成电路，还可以申请一项特殊的知识产权——布图设计专有权（mask work right）。实践中，考虑到专利及布图设计的公开性、保护时效性以及侵权的隐蔽性，相关企业还可能考虑对某些竞争时效性较低的工艺、方法等核心技术采用商业秘密保护。

在知识产权方面，尽职调查中重点关注和核查的问题包括：① 公司的知识产权保护矩阵，包括商标权、专利权、著作权、布图设计专有权、商业秘密的保护措施的采用是否合理；② 针对产品或技术可能出口至海外的企业，其是否在出口国及其他主要法域申请专利，或通过 PCT 提交专利申请以获得全球保护；③ 公司在联合研发合同、委托开发合同中对知识产权成果的归属约定（Fabless 模式的芯片设计公司需尤为注意）；④ 如涉及第三方许可的知识产权的，需重点关注许可范围、许可期限、技术改进成果的归属、是否可续期等；⑤ 被投资企业是否制定知识

产权管理、技术保密制度？员工知识产权归属的约定是否合理？⑥ 被投资企业是否存在知识产权纠纷或潜在纠纷？

3. 是否侵犯第三方知识产权

除关注自身知识产权保护以外，被投资企业是否存在对第三方知识产权的侵犯也是需要关注的重点。半导体企业的繁荣，离不开产业链上下游之间频繁的IP授权、软件许可。举例而言，Fabless模式的芯片设计公司离不开EDA软件的许可，也离不开IP核供应商的授权。近年来，EDA软件侵权案例屡见不鲜，其中典型案例包括：(1) 新思科技（Synopsys）诉芯动科技侵犯其EDA软件“IC Compiler”之著作权（经最高人民法院终审判决，芯动科技向新思科技赔偿经济损失人民币500万元）；(2) 铿腾电子（Cadence）对锐捷网络提起仲裁，称锐捷网络存在未经授权使用其公司软件的行为（尚未作出裁决），值得注意的是，铿腾电子提起仲裁的时间（2021年6月）恰逢锐捷网络申请创业板上市的上会前夕，锐捷网络不得不花费大量精力回复问询并论证该仲裁不构成上市的实质性障碍，截至目前锐捷网络仍未挂牌。

在实践中，出于EDA软件及IP核等产品授权费用的高昂等原因，行业内企业——特别是初创公司——往往怀着侥幸心理而可能存在侵权的情况。如果在尽调中发现该等情况，应提醒企业尽快取得授权或寻求替代产品，以免得不偿失。

4. 上下游关联交易

2020年以来，疫情影响及供求关系快速转变等原因导致了“芯片荒”的现象，其中又以汽车、通信及消费电子行业尤为严重。为确保产品或产能供应，不少半导体行业寻求向上下游进行产业投资，而该等产业投资往往会附带商业合作条款和大量的关联收支。

如果被投资企业尚处于初创阶段，投资人应重点关注所涉关联交易的合理性以及定价的公允性，以避免利益输送。而如果被投资企业阶段较为成熟，则结合A股IPO实务，在报告期内还应重点关注以下事项：① 所涉客户/供应商在拟上市主体的成本、费用或利润总额的占比情况（是否过高）；② 所涉客户/供应商与拟上市主体是否具有战略协同性，是否保持长期采购或供货关系（并非突击入股）？③ 所涉供应商/客户在拟上市主体的持股比例是否过高（应尽量控制在5%以下）？④ 所涉供应商/客户的入股价格与同期独立第三方入股价格是否有重大偏离？⑤ 关联交易应具有合理性和必要性，且其定价、交易条件需公允；⑥ 所涉供应商/客户不应影响拟上市主体生产经营的独立性。

5. 客户/供应商集中度及依赖度

半导体产业链的某些细分领域存在高度集中性及技术依赖性，因此相应环节中也存在客户/供应商高集中度及高依赖度的特点。例如Fabless的芯片设计企业对Foundry代工厂的依赖度极高，如需更换，因涉及设计、工艺的差异，往往需要很长的调整时间。和其他行业不同，半导体

产业中存在上述高集中度和依赖度的情况往往不是企业的主动选择，而是产业中的高垄断性所决定。举例而言，在很长一段时间内，台积电是全球唯一可量产 5nm 制程工艺的晶圆代工厂。

在这一方面，尽职调查中重点关注和核查的问题和风险包括：① 客户/供应商集中度及变化趋势，以及企业是否积极寻求客户/供应商多样化的方案；② 针对被投企业与重大客户/供应商签署的商业合同，其中是否包括对被投企业显著不利的条款（例如授予对方单方解除权、排他条款、高额赔偿条款等）；③ 重大客户/供应商无法持续供应（例如产能不足、出口管制等）或无法持续采购（例如裁撤产品线、受到制裁等）的风险；④ 与重大客户的联合研发/委托开发协议中的知识产权归属；⑤ 与重大客户/供应商交易的定价是否公允，是否符合市场标准等。

6. 半导体产业链业务合同的审查

除与其他行业存在共性的业务合同以外，半导体行业中较为特殊的业务合同包括但不限于：晶圆代工协议（Foundry Agreement）、封装测试协议（Packaging and Testing Agreement）、设备/材料采购协议（Purchase Agreement）、IP 核许可协议（IP Core License Agreement）、集成电路设计服务协议（IC Design Agreement）等。值得注意的是，除了少量以单个项目或单次授权为导向的业务协议以外，上述协议一般以框架协议的形式签署，外加订单（PO）或工作单（SoW）的方式进行。

审阅半导体行业的相关合同，不仅需要基础的商业合同有所掌握，还要求对半导体产业链的设计/生产流程有所了解。例如在晶圆代工协议及封装测试协议中，双方往往会约定产能预测条款，要求芯片设计企业列明其短中期产品需求，以便代工厂/封测厂安排其产能。在具体审查业务合同时，需要关注的重点包括：① 合同中是否存在对被投企业显著不利的条款（例如重大赔偿、单方解约权等）；② 被投企业是否存在对合同的违约或潜在违约情形；③ 合同中的知识产权条款，包括服务过程中新 IP 或改进 IP 的归属；④ 针对许可协议，还需特别关注被许可 IP 的外延、是否具有排他独占安排（包括限时独占）等。

7. 制裁与进出口管制

受制于中美贸易摩擦及俄乌战争等国际情势所引发的跨境制裁和出口管制，站在科技前沿、且已实现全球化分工的半导体产业链首当其冲。考虑到西方国家的技术仍在半导体产业链中占据最底层、最核心的位置，制裁及进出口管制合规也构成当前对半导体行业公司进行尽职调查的重要组成部分。

在尽职调查中，制裁和出口管制方面应重点关注和核查的问题包括：① 被投企业自身、其股东、其持股标的、主要供应商/客户或重要关联方是否被列入相关制裁或出口管制清单；② 如涉及被投企业自身被制裁或管制，则应根据实际情况评估其原材料、设备及核心技术是否涉及或依赖相关国家的受控物品和技术，并审慎评估对被投企业的影响（包括业务影响及对申请上市的影响等）；③ 如涉及投企业的相关方被制裁或管制，则应考虑被投企业与该等实体的关系（股

权关系、业务关系等)并评估应采取的措施,以及该等措施对被投资企业可能造成的影响;④如被投资企业产品涉及军民融合用途、向被制裁国家出口等敏感问题,也应给予特别关注。

8. 面向科创板的特殊注意事项

结合半导体产业公司在科创板上市过程的常见的问询问题及相关披露,如半导体产业创业公司有意登陆科创板,则还应重点关注以下问题:① 科创属性,包括自主研发能力、核心技术来源等;② 行业地位与市场认可度,包括技术先进性创新性、技术壁垒、同行业竞争情况等;③ 核心技术人员认定、稳定性、科研成果归属;④ 知识产权法律状态、知识产权布局(包括境外)、合作研发的知识产权归属,是否存在第三方知识产权侵权问题;⑤ 第三方技术授权(包括EDA及IP核等)对业务的重要性,该等授权的稳定性、授权费用的公允性;⑥ 外协生产与加工的合理性(受行业特点影响,半导体产业链外协生产加工情况较为普遍)及定价公允性,是否构成重大依赖,是否涉及核心技术外采;⑦ 政府补助与税收优惠的真实性及可持续性;⑧ 制裁与出口管制的影响等。

小结

半导体行业的蓬勃发展是一个民族竞争力的体现,中国半导体产业的发展之路仍任重而道远。本文简要介绍半导体企业投融资活动中法律尽职调查的关注要点,希望对行业中的投融资活动参与者有所裨益,从而为我国半导体行业的健康发展贡献一份力量。



蔡航 | 合伙人

业务领域: 风险投资与私募股权、收购与兼并、医疗与生命科学

邮箱: caihang@anjielaw.com



京若阳 | 律师

业务领域: 私募股权投融资、并购重组、基金设立募集

邮箱: jingruoyang@anjielaw.com