



1. 2022年已经到来，你如何看待在新的一年里，化合物半导体行业的发展趋势？哪些事情可能会发生？哪些进展可以预期？过去的2021年，有人称之为“第三代化合物半导体的发展元年”，请例举出一些已经发生的你认为对行业有重要影响的事件或者进展，可以有哪些总结和感悟？



迈锐斯自动化（深圳）有限公司总经理
周利民博士

化合物半导体市场在新的一年里依然会持续2021年的增长势头。我们的这个判断是基于化合物半导体广阔的应用市场前景和其需求的持续快速增长，同时MRSI是化合物半导体封装设备的领先供应商，也是基于我们封装设备在化合物半导体应用领域近年业务发展的实践和展望。随着新能源、5G、IoT物联网时代的来临，以砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)、氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)为代表的化合物半导体市场正在快速崛起。另外，射频功率在航空航天、国防和军事应用中的使用显著增加，进一步推动了化合物半导体市场的增长。化合物半导体行业在下游需求及产业政策推动下，大量资金涌入化合物半导体行业，从上游衬底、外延生产，中游制造、封装到下游产品应用。进入2022年，化合物半导体在政府的产业政策导向和大量资本涌入的环境下，仍然会是资本投资的一个热点领域。可以预期的是在新的一年里，一些掌握了核心技术和专注于核心技术研发的企业会在某些技术与应用上会有突破，在打破国外的技术封锁和垄断方面取得较大的进展，同时，也可以预测的是全球化合物半导体产业的产能扩张与并购会持续发生。

2021年第三代化合物半导体行业在全球的确发生了很多重要事件。例如，在中国总投资160亿元的湖南三安半导体基地一期项目正式点亮投产，是国内首条、全球第三条碳

化硅垂直整合产业链，可月产3万片6英寸碳化硅晶圆。另外，苏州纳维科技第三代半导体产业基地奠基，深圳青铜剑第三代半导体产业基地奠基，中电科半导体材料有限公司南京外延材料产业基地项目签约，晶湛半导体总部大楼正式奠基等等大手笔的投资计划正在实施中。在国际上，英飞凌科技公司和松下公司协议共同开发和生产第二代GaN技术，提供更高的效率和功率密度水平；博世开启碳化硅芯片大规模量产计划；ST与CREE扩大SiC长期供应协议，超51.9亿元；安森美半导体(Onsemi)宣布收购碳化硅(SiC)供应商GT Advanced Technologies；昭和电工(SDK)斥巨资扩产SiC，并与东芝、罗姆、英飞凌签订长期合同；SK集团宣布将继续投资7000亿韩元扩大碳化硅晶圆业务等等国际上的扩产并购。

总结来说，以SiC和GaN为代表的第三代半导体材料，已经成为化合物半导体行业发展的重要关注对象。特别是在新能源汽车与PD快充领域，第三代半导体材料SiC和GaN的使用极大地推动了产品革新与迭代，化合物半导体行业迎来了前所未有大发展的好机遇。中国第三代半导体专利申请量已占全球第三代半导体专利总申请量的56.79%，全球第三代半导体行业市场价值最高TOP10专利的申请人中却无一来自中国。从这个数据可以看到第三代化合物半导体产业在中国的热度，但是也可以看出中国在技术方面还是不够强大，还需要更多实干的科学家与企业家去做强这个行业。

化合物半导体
COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA

求。在过去的一年中，全球化合物半导体的产业链不断发展壮大，无论从生产规模、技术提升和成本优化等方面，国际大厂也逐步实现全产业布局，如美国 Cree、欧洲英飞凌和日本的罗姆，而台湾厂商则以代工为主，国内企业如三安等在化合物半导体材料和器件也发展迅速，国内与国际领先水平仍有一定差距，在材料和器件等细分领域的研发投入也有较大差距。



Cissoid 公司 罗宁胜博士

2021 年碳化硅器件全面走向大规模商业化应用，其市场领头羊是电动汽车。全球已有许多电动汽车生产商推出了采用碳化硅功率器件的车型，其碳化硅器件不仅在车载充电及电源转换方面，而且还被用在更核心的电机动力驱动方面。电动汽车对碳化硅功率器件的需求量巨大，以至于整个 2021 年普遍缺货，供不应求，且供货周期很长。随着全球各碳化硅器件厂商扩大产能到位，期望 2022 年也许稍会有所改善。总之，今后几年电动汽车将一直是推动碳化硅产业蓬勃发展的主力军。



芯塔电子 倪炜江博士

2021 年是化合物半导体真正“爆发”的一年，政策导向以及很多新兴应用正在推动化合物半导体快速发展。在碳化硅行业，我认为主要体现在以下三个方面：

首先，新能源车厂纷纷推出或者计划研发搭载碳化硅器件的新能源车型；

其次，碳化硅器件在光伏、储能、充电和高端电源等诸多领域的渗透率快速提升；

第三，碳化硅新企业不断涌现。地方政策对碳化硅支持力度空前，纷纷出台对应的产业扶持政策。

在 2021 年，由于国际局势和疫情影响，我国半导体供应出现空前的紧张局面，尤其是国外品牌大量缺货，导致下游终端苦不堪言。这恰恰给了国产品牌快速崛起的机会。面对近几年半导体产业的风云变幻，国产替代进口势在必行。

芯塔电子坚持不断自主创新，已经成为国内为数不多掌握核心技术领先企业之一。芯塔电子引领国内碳化硅行业，致力于上下游产业链协同合作，以实现全产业链自主可控。

截至目前，芯塔电子已发布了 40 余款碳化硅二极管，产品性能对标国际先进企业最新产品。新一代 1200V SiC MOSFET 芯片尺寸减少 30%，已经通过可靠性测试，即将发布。优化的米勒电容提升了 SiC MOSFET 在终端应用中的可靠性。同时，今年将推出 1700V SiC MOSFET 与 2 款全 SiC 功率模块。SiC MOSFET 已获得众多客户的咨询和明确需求，预计今年营收会有爆发性增长。芯塔电子已成为国内

产品种类最齐全的公司之一，已获得客户普遍认可。

在 2021 年下半年，我们在下游终端领域市场也取得了重大进展，产品在高端电源领域通过验证，进入了行业标杆客户，全年营收近千万。



芜湖启迪 钮应喜博士

在过去的 2021 年里，全球新冠肺炎疫情和缺芯的大环境，不仅给化合物半导体行业带来挑战同时也带来发展机遇。由于缺芯问题，更多应用方转为使用化合物半导体器件如 SiC 二极管、SiC MOSFET，甚至很多应用端（车企）开始涉足投资化合物半导体行业，从战略上来保障未来供应链安全；新冠疫情也为深紫外 LED 打开了新的赛道；同时我们看到国产 SiC MOSFET 突破了样品研制，开始进入产业化关键技术攻坚阶段，现阶段最大的挑战还是工艺稳定性、产品一致性、可靠性等关键问题，尤其是车规级。所以，2021 年，在一大批化合物人的努力和坚持下，行业取得了进步，赛道也更加明确。

2022 年，相信在 2021 年基础上国产器件的技术会更上一层楼，性能会更加稳定，可靠性会越来越强，器件端和应用端交流会更加密切，市场渗透率也会越来越高。但是也存在很多的不确定性，我们要做的就是坚持，坚持提升技术，坚持产品持续改进，坚持上下游的高效合作，“行而不辍，未来可期”。



六甲电子社长 小林秀守

在去年起源于欧洲的绿色革命中世界汽车制造商开始转向 EV。我认为今年是用于 EV 的 N 掺杂导电 SiC 相关的产业将开始快速发展的一年。

2. 随着电动汽车、5G 通信、智慧物联网 (AIoT)、新能源、氢能源、元宇宙等技术领域的快速发展，将会为化合物半导体带来诸多机遇，你认为化合物半导体行业将面临哪些挑战与机遇？有人说第三代半导体提供了一个弯道超车的机遇，你是否赞同？认为还存在有风险？风险在那里？如何避免？



迈锐斯自动化（深圳）有限公司总经理 周利民博士

化合物半导体市场前景广阔，在下游需求持续向好以及国内产业政策大力支持的背景下，为化合物半导体企业带来了许多实现快速崛起和发展的机遇。MRSI 也是看好化合物半导体在中国的发展前景，在中国成立了迈锐斯自动化（深圳）有限公司。我们认为：机遇之一是化合物半导体材料优越的特性，在

新兴的应用领域可极大提升产品的性能以促进新兴领域的发展。同时，新兴领域的发展又为化合物半导体产业带来更广阔的应用需求机遇；机遇之二是中国是全球瞩目的大市场，无论是在 5G 通信，物联网和新能源等热点领域均占有着全球最大的市场份额，这为产业的发展奠定了一个庞大的需求市场机遇；机遇之三是中国具有非常好的人才优势，而且近年国家的人才政策吸引了大量海外人才回国创业，而且国内大学和研究机构也培养了大量的人才，为化合物半导体产业的发展奠定了人才基础；机遇之四是国家的产业政策的支持，从国家到许多地方都把化合物半导体产业的发展列为了重点支持领域，吸引了海量的资金投入。在这样一个百年难遇的机遇下，挑战也是并存的。挑战之一是中美贸易战带来很多的限制，无论从材料，工艺和设备方面都面临着技术的封锁，为产业的发展带来很大的挑战；挑战之二是在大机遇的背景之下，出现了一些盲目投资，一些项目仓促上马重复建设，发展前景令人担忧；挑战之三是是一些地方政府和投资人对化合物半导体产业缺乏专业知识和产业化经验，对市场定位把握不准和产业化发展困难认识不足，想挣快钱的思想与化合物半导体产业发展的不适应；挑战之四是市场化的竞争，化合物半导体的头部企业基本上是国际大企业，他们已与很多下游企业有深度合作关系，要想在这样激烈竞争的环境中占有一席之地，在技术和管理方面都面临着较大的挑战。

所谓第三代半导体提供了一个“弯道超车”的机遇，我是不认同这个说法。MRSI 近四十年的发展只做一个产品，我们一直服务于化合物半导体产业的发展，从来没有想过要“弯道超车”去超越别人，几十年扎扎实实做好我们的产品，服务好我们的客户，我们逐步成为了国际行业领先的企业。而且我本人非常反感“弯道超车”这个词语。难道别人都是傻瓜不会弯道超车吗？这是典型的投机取巧，忽悠领导的说法。这个说法对化合物半导体产业的发展会带来引入歧途的风险。个别人不是扎实的去搞研发和去做市场，总想着如何“弯道超车”。换个名词说法就忽悠出一个创新，以国产化的名义来骗取政府补贴和市场保护，用廉价低质的产品来抢夺市场，最终只会是造成行业的低劣币驱逐良币，不利于行业的健康发展。这里还有一个更大的风险就是行业的过热和这种“弯道超车”的思维会盲目投资造成产能过剩，让行业大而不强缺乏竞争力。要避免这些现象的发生，我们一是要鼓励那些埋头苦干，扎实创新的企业和创业者，用真正创新的技术来获得市场和客户的长期认可。另外，国家和投资人在这个行业中要摒弃赚快钱的思维，行业的发展没有一蹴而就，需要大家有一定耐心共同努力。可喜的是我们国家和投资人已经开始意识到这些风险，企业家和创业者也在开始更加务实，在化合物半导体行业正在涌现出越来越多创新型快速成长的企业。



Cissoid 公司 罗宁胜博士

新能源汽车大规模采用碳化硅器件经几次叠代后，将释放出巨大的产能，也使碳化硅器件的价格降得足够低。这样也会带动碳化硅器件广泛应用于其它领域，特别是一些对节能有追求的应用，如太阳能、风电、储能及充电桩等领域。相对较低端应用的充电桩就极富挑战性，碳化硅的价格必须足够低，以至于它所带来的节能效益可对冲它与硅器件的价差，才会被广泛应用。

中国碳化硅行业最大的痛点是缺乏成熟的 IDM 作为行业的领头羊，无成熟的大军团核心，以至于整体显散兵游勇之势。半导体制造的代工模式能决定一部分问题，但由于在大规模生产时器件设计者无法直接控制工艺品质和稳定性、产能及先进工艺开发，而受到很大的局限。一般数字器件生产，因工艺十分标准化而非常适合代工模式。然而，碳化硅器件属模拟类器件，主流生产制造模式仍然是 IDM。然而，造就一个成熟的 IDM 需国家的重视、巨大的产业资金投入、人才的集聚及长时间技术开发和积累，以及足够的试错机会。国内已有几家正努力走 IDM 模式，谁将成为国内碳化硅行业的领头羊，将拭目以待。



芜湖启迪 钮应喜博士

电动汽车在快速发展过程中，自身还面临许多挑战，比如续航、充电时间等，以及自身技术的升级，比如 400V 到 800V 带来的难题；这些挑战和难题恰恰是化合物半导体（SiC）的机遇，或者说 SiC 是解决这些难题的有效方案之一。难度在于这是两个新兴产业的融合，传统汽车企业开发 800V 的系统是新的挑战，对器件需求还不是很明朗，或者对化合物半导体器件的性能优势还不是很明确；化合物碳化硅企业也需要了解下游对器件的特殊需求。所以需要产业的上下游协同攻关、深度交流，共同促进产业快速发展。

3. 碳化硅（SiC）大规模应用爆发在即，特别是在电动汽车和 5G 基站应用方面，已经受到资本及产业界的极大关注。你如何看待碳化硅的市场发展？如何能推进碳化硅及其应用技术的升级和发展？



Soitec 公司中国区战略负责人 张万鹏

对于 SiC 行业而言，目前整体市场规模较小，但是下游需求巨大，目前大部分主流车企都开始采用碳化硅的电驱方案，这会极大地促进碳化硅的规模应用。对于碳化硅材料和器件，还有很多需要解决的问题，比如降低生产成本，提高良率，实现

于消杀需求最迫切的 UVC 波段 LED，虽然已经达到了可实用的程度，但是离满意还相去甚远。目前市场上在销售的 UVC LED，大部分电光转换效率只有 2-3% 水平。以中科瀚安目前研发生产的 UVC LED 为例，目前其电光转换效率超过 5.5%，相比于一年前提升近一倍，已经处于国内领先、国际一流水准，但是离挑战传统紫外汞灯的效率还有不小的差距。这也就带来了深紫外 LED 目前在市场应用推广上的难处，当然，也是对于从业者加速研发和技术进步的动力和机遇。

深紫外 LED 的性能很大程度上取决于外延材料。深紫外 LED 采用第三代半导体材料氮化铝 / 氮化铝镓 (AlN/AlGaIn)，由于高质量同质衬底价格极其昂贵，外延材料在以蓝宝石为主的异质衬底上生长完成，位错密度多，高铝组分下 p 型掺杂困难，导致了低的电光转换效率。因此，提升核心发光材料质量，设计高效的量子结构，是当前 UVC LED 研究的重点。同时深紫外 LED 的平面薄膜结构和 TM 模式发光，是限制其光提取效率的关键因素。针对这方面的出光结构设计，以及合适的封装材料，是提升深紫外 LED 发光效率的关键。我们已经看到，在过去的两三年时间里，UVC LED 产品的性能提升很快。基于当前的态势，未来三年到五年，UVC LED 产品的效率完全有望超过 10%——这将会是支撑深紫外 LED 广泛应用的技术里程碑。性能的提升有力支撑深紫外 LED 在各种领域的应用，而产业的发展又将反馈促进技术的更快进步，从而深紫外 LED 产业呈现出加速发展的良好态势。

8. 砷化镓和磷化铟作为第二代半导体的“老兵”，在可见光及红外光电及微波射频领域一直默默贡献重要力量，随着高速光通讯、智能感知等新兴应用的推广及普及，“老材料”又被再次引发诸多关注，请谈谈砷化镓和磷化铟相关技术和未来产业化发展?



迈锐斯自动化(深圳)有限公司总经理

周利民博士

MRSI 是以高精度，高可靠的灵活贴片解决方案广泛服务于第二代化合物半导体的领先企业，在二代化合物半导体领域有着庞大的客户群。砷化镓 (GaAs) 是二代半导体的代表材料之一。随着 5G 通信和人工智能等新兴应用的发展，砷化镓已成为手机射频 PA 和 Switch 的主流材料，在 5G 时代占有重要地位。以 VCSEL 为代表的光电器件可用于 3D 感知、LiDAR 等新的应用场景，其将成为 GaAs 增长新的驱动力。此外 MicroLED 和 miniLED 显示的应用也将是一个海量的应用市场。砷化镓在大功率半导体光纤激光器和 LED 光源应用率的不断提高，预计其将在未来几年也会创造更多的需求

机会。磷化铟 (InP) 是二代半导体的另外一个重要的代表材料。随着 5G 通信和数据中心的快速发展和建设，高速光收发器件需求越来越大，磷化铟是 5G 传输与数据中心收发核心器件的关键材料。随着高速光通信和人工智能的发展，行业普遍认为高速光收发器件的需求将会维持一个至少十年的高速增长趋势。此外磷化铟在医疗、高端激光雷达 (LiDAR)、传感等领域也有广泛的应用，其应用市场的前景非常广阔。

硅基光子学的一大制约因素是硅材料本身不支持发光，为了实现集成的硅基激光器，目前有效的解决方案是使用三五族材料磷化铟与硅材料贴合生成异质外延，也就是异质集成芯片。另外一种方案就是通过芯片封装工艺，将三五材料芯片与硅基芯片贴合来实现集成。英特尔 (Intel) 公司经过了十多年的发展，目前基于英特尔异质集成硅光子技术的光电收发器已经批量出货，产品也从 100G 快速迭代到 400G 甚至更高速率。异质集成硅光技术的优势是封装工艺流程可以不依赖光纤连接以及昂贵的光学对准封装，这一技术应该具有较好的应用前景。但是这种异质集成芯片工艺非常复杂和昂贵，而且由于异质集成不得不做一些性能方面的折中与取舍，目前学术的研究比较多，但是真正可以做到工业应用的也只有 Intel。MRSI 一直关注光子集成的进展，并提供封装技术解决方案，我们也积极参与国际光子集成封装路线图的制定工作。我们认为利用相应的硅基材料实现不同的光和电的功能，与三五族材料工艺制成的激光分别制造，有利于低芯片工艺成本，且有利于实现最优的芯片性能，然后采用先进封装工艺实现的硅光子功能器件，应该是硅光集成发展的主流方向，而且目前多数的硅光企业采用此方案，典型的代表是 Cisco。当然，异质集成的硅光芯片在尺寸和体积要求苛刻的应用中，会有一些优势。我认为在一个相当长的时期内两种方案将会并存发展，两种方案均具有非常大的应用前景。

9. 对于中国化合物半导体行业应该如何学习国际经验，加速产业发展，请谈谈你的看法。在这个过程中，不可避免地会遇到了知识产权的矛盾、纠纷和保护的问题，包括今后国内的企业之间日益增多的知识产权的问题。也请展开谈谈。



迈锐斯自动化(深圳)有限公司总经理

周利民博士

化合物半导体行业在中国近几年已有突飞猛进的发展。就目前来看，在化合物半导体领域，中国厂商和国际厂商相比仍有技术差距，随着国家大基金的大力支持以及相关厂商的不断布局，相信差距将会不断缩小。但是目前头部企业都是国外大厂，而且这些

企业也在积极布局扩产和并购，市场非常活跃。我觉得国内应该在以下几个方面学习国外经验：首先，企业要定位好产品或技术的方向，根据自身优势专注做好某个新兴应用市场，提升产品技术的核心竞争力。而不能什么都做，做大做强是目标，但是首先要做强才能活下去，先进的企业都是有技术和应用特色的企业。在化合物半导体行业整个供应链中任何一个环节的创新与优势都是一个企业的核心竞争力。其次，企业要定位好企业的发展模式，每个企业都去做芯片的发展模式是不现实的，化合物半导体器件的封装和复杂设计也是影响产品性能的关键因素。企业要根据自身技术和管理的情况和能力选择适合自身的发展模式，量力而行来选择企业的发展。一个企业是做全产业链，还是产业链中的某个环节，或者为产业做代工生产都是需要有非常强的专业知识与运营能力的。只有结合自身优势选对经营模式，企业才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。再次，要避免盲目重复建设，化合物半导体所有工艺都是新的、复杂的，需要昂贵的最先进的设备，并采用先进技术和管理，项目建设成本高昂。同质化建设必将浪费大量社会资源，而且不利于行业长期稳定的发展。国家和投资人已开始认识到盲目投资的风险，用大规模圈钱圈地搞建设和快速上市发财的思维来发展化合物半导体，后果将会抑制化合物半导体市场和削弱市场的增长动力。

一个热门行业的快速爆发式发展总会遇到一些问题。当前国内化合物半导体行业很多初创企业是留学归国人员创立的，他们带回来了先进的技术和先进的管理理念，对行业的发展起到了积极的推动与促进作用。但有时也会引起一些与原工作单位的知识产权方面的矛盾和纠纷，加之国内一些人对知识产权保护意识的淡薄，个别企业公开照抄别人的设计或知识产权。知识产权维权事件在新兴的热门行业有日益增多的趋势。MRSI 做为化合物半导体封装设备的领导者，我们专利的设计也有遭遇到国内个别企业的抄袭。我们的做法是将自己的知识产权采用专利的形式进行保护并加以宣传，提醒竞争对手不要违法违规。随着中国政府对知识产权保护决心的加强和处罚力度的加大，知识产权侵权的问题会随着知识产权保护宣传力度的加大而逐步减少的，这必须在全社会和行业从业者中营造一种侵权可耻的意识才行。



Soitec 公司中国区战略负责人 张万鹏

在化合物半导体材料的制备、合成和提纯技术以及器件设计制造等细分领域要加强研发合作，注重基础以及核心技术和工艺积累，保持足够耐心，产业发展需要借力资本，但不能完全被资本左右，欲速则不达。



广东省科学院半导体研究所，教授，首席科学家 龚政

在半导体行业发展上台湾是一个很好的借鉴，产业链相互配合，产学研深度融合。以 Micro-LED 新型显示发展为例，台湾工研院技术孵化，转移至初创公司，有雄厚实力的设备厂商与面板厂商高度配合，形成完整产业链，共同发展。而国内厂商内卷内耗严重，资本市场浮躁，希望通过并购形成垄断，达到短期收益，其实是欲速则不达。

在知识产权保护方面，虽然国家政策方面已经有长足进步，但是如上所说，厂商和资本浮躁，均希望通过知识产权保护形成垄断。但半导体行业是一个庞大的产业链，很难形成技术垄断，因为常有知识产权矛盾，现今半导体行业面临国外严峻形势，国家应引导整个行业协调发展，通过相互授权合作，形成合作共赢态势，先把国家半导体行业这个大蛋糕做大，整个行业才能健康发展。



芯塔电子 倪炜江博士

我国碳化硅起步较国外略晚，技术研发与人才储备相对较弱，相关核心专利以及国际期刊论文较少，缺乏系统性的自主创新。国内产业链对海外依赖性较高，产业协同度低。这导致我国碳化硅产业长期竞争力不足。

芯塔电子积极推动国内上下游企业深度合作，推动产业链各个环节的国产化和自主可控，加强关键技术本土创新，提升中国全产业链的全球竞争力。芯塔电子厚积薄发，行稳且致远！



芜湖启迪 钮应喜博士

经历多年的发展，国内已经形成了从材料、器件、封测到应用的全产业链，但整体和国外企业相比还存在差距，自主可控的国产器件市场占比还很小。国外的优势是开展较早，技术得到较好的积累和迭代更新，并且延伸到了应用端，有很好的闭环生态，有助于产业上下游技术提升和快速发展。未来五年是第三代半导体的发展的关键期，国内化合物行业，要充分利用国内广阔应用市场的优势，通过示范应用工程，加强上下游协同攻关和深度交流，提升行业整体水平，提前做好与国际企业竞争的准备。

