

露笑科技股份有限公司

关于对交易所问询函回复的公告

本公司及董事会全体成员保证信息披露内容的真实、准确和完整，没有虚假记载、误导性陈述或重大遗漏。

露笑科技股份有限公司（以下简称“公司”）于近日收到深圳证券交易所出具的《关于对露笑科技股份有限公司的问询函》（中小板问询函【2020】第156号，以下简称“《问询函》”）、《关于对露笑科技股份有限公司的关注函》（中小板问询函【2020】第481号，以下简称“《关注函》”），公司对问询函、关注函中所列问题向深圳证券交易所作出书面回复。现就有关问询事项回复如下：

问题一、请具体说明你公司与合肥市长丰县签订协议的背景、业务合作模式或拟定模式、地方政府参与投资的具体方式、双方权利义务及相关产权、控制关系等。

回复：

一、露笑科技与合肥市长丰县签订协议的背景

1、露笑科技布局碳化硅产业的背景

公司基于蓝宝石技术储备，经过多年研发已快速突破碳化硅工艺壁垒，在蓝宝石基础上布局碳化硅长晶炉和晶片生产。公司是国内领先的蓝宝石长晶炉生产厂商，是国内蓝宝石设备、长晶及衬底加工领域规模最大的公司之一，在蓝宝石长晶设备制造、晶体生长工艺研发和衬底片加工等方面深耕十多年，形成了具有自主知识产权的成套技术，建立了遍布国内、国外的市场渠道。碳化硅跟蓝宝石从设备、工艺到衬底加工有较强的共同性和技术基础，例如精确的温场控制、精确的压力控制、精确的籽晶晶向生长以及基片加工等壁垒。公司在多年蓝宝石生

产技术支持下成功研发出碳化硅自主可控长晶设备，并在 2019 年开始对外供货。同时，公司引进具有二十多年碳化硅行业从业经验的技术团队，开展碳化硅衬底及外延技术研究，加码布局碳化硅产业。2020 年 4 月，公司发布非公开募集资金公告，拟募集资金总额不超过 10 亿元，用于新建碳化硅衬底片产业化项目、碳化硅研发中心项目和偿还银行贷款。随着公司碳化硅产品研发并量产，公司有望取得一定的市场份额。

2、合肥市集成电路产业聚集效应优势

近年来，合肥市大力协同推进制造业转型升级，不断推进“制造”向“智造”转变，实现产业结构优化升级和生产整体跃升，具有中科大、长鑫晶合、京东方等知名高校和企业。作为国内集成电路产业发展最快、成效显著的城市之一，合肥市获批首批国家战略性新兴产业集群，是全国唯一的“海峡两岸集成电路产业合作试验区”，被国家发改委、工信部列为集成电路产业重点发展城市之一。全市集成电路产业 2019 年企业数量和产值分别是 2013 年的约 20 倍和 15 倍。合肥集聚集成电路全产业链企业 253 家，产业规模快速壮大，集聚效应持续放大，成为全国少数几个拥有集成电路设计、制造、封装测试及设备材料全产业链的城市之一。

合肥市长丰县双凤经济开发区是合肥市“1331”空间发展战略主城区的重要组成部分，是长丰县域经济的龙头，经过多年发展，园区已经聚集了鸿路集团、伊利集团、博世集团、万和集团、金诚科技、荣事达集团、志邦股份等一批知名企业，当前，全区上下正在紧紧围绕“登高对接主城区，打造北城升级版”目标，全力推进晋升国家级开发区工作。

合肥市长丰县人民政府为本项目提供优惠政策、资金（包括但不限于股权、债权投资）支持；为本项目提供土地、基础设施配备、用工等保障，对本项目的投资建设及运营提供必要的支持与协助。

双方通过碳化硅产业园项目合作建设能带来明显的经济、社会效益。合肥市长丰县人民政府看好公司的长期发展，认可第三代化合物半导体（碳化硅）项目的发展前景，双方对拟合作项目产品、技术和市场等进行了充分的认证。本项目落地合肥，能带来第三代化合物半导体的集聚效应，能更好地带动当地就业，增加地方税收，为当地经济和社会发展贡献力量。本次双方签署战略合作协议有助于加速推进露笑科技的碳化硅产业战略布局，提升公司核心竞争力。

二、产业园业务合作模式

合肥市长丰县人民政府看好碳化硅产业，作为具有高技术第三代半导体集群优势产业园项目，露笑科技拟将与合肥市长丰县人民政府采取包括但不限于成立合资公司的形式在安徽省合肥市长丰县投资建设第三代功率半导体（碳化硅）产业园，产业园主要包括碳化硅晶体生长、衬底制作及外延生长等生产性项目，有关具体项目细节正在洽谈之中。

三、双方权利义务及相关产权、控制关系

1、合肥市长丰县为本项目提供优惠政策、资金（包括但不限于股权、债权投资）支持；协调配合露笑科技办理产业园项目的立项备案、土地使用权出让、环评、安评、能评、职业卫生评价、规划、建设等手续及相关权证；协调解决产业园项目建设及建设完成后生产过程中遇到的困难，保护投资人的利益。

2、露笑科技负责项目的投资建设，包括项目建设方案设计、工程建设、资金投入、技术研发、投后管理及生产经营服务等工作。

3、关于合资公司的股权方案目前双方正在进一步洽谈中，公司将及时履行相应的信息披露义务。

问题二、请结合在研项目情况、各项目预计资金投入、同行业可比项目投资情况等，具体说明本次项目投资规模的测算依据及合理性，你公司项目出资的资金来源及可行性。

回复：

一、公司主要在研项目情况

公司及子公司主要在研项目情况如下：

序号	项目/课题名称	研发目标	研发人员	与行业技术水平的比较	所处阶段
1	导电型碳化硅衬底制备技术研发与提升	提升导电 SiC 单晶衬底批量制备关键技术	露笑科技团队	国际先进/ 国内领先	研发成功 生产投入
2	半绝缘型碳化硅衬底制备技术研发与提升	提升半绝缘 SiC 单晶衬底批量制备关键技术	露笑科技团队	国际先进/ 国内领先	研发阶段
3	大尺寸导电型碳化硅衬底制备技术研发	大尺寸碳化硅晶体生长技术、晶体切割、研、磨等关	露笑科技团队	国内领先	研发阶段

		键技术			
--	--	-----	--	--	--

二、各项目预计资金投入情况

项目阶段	项目内容	预计资金投入 (亿元)
一期	1、24 万片 6 英寸导电型碳化硅衬底片生产线； 2、6 英寸外延片中试线建设； 3、研发中心建设。	21
二期	1、年产 10 万片 6 英寸外延片建设； 2、年产 10 万片 8 英寸衬底片建设。	39
三期	1、年产 10 万片 8 英寸外延片建设； 2、年产 15 万片 8 英寸衬底片建设。	40
合计		100

三、同行业对比

目前国内碳化硅产业刚处于起步阶段，可比项目投资情况较少，本次与合肥市长丰县共同打造第三代半导体（碳化硅）产业园是为了加速公司碳化硅产业布局，抢领碳化硅市场制高点。

四、本次项目投资规模的测算依据及合理性

(1) 本次项目预计总投资 100 亿元，具体分步到位。

第一期预计投资 21 亿元。

- 1、建设 24 万片 6 英寸导电型碳化硅衬底片生产线；
- 2、建设 15 万片 6 英寸外延片生产线；
- 3、建设研发中心，开展大尺寸碳化硅研究。

(2) 公司近期投资建设计划

公司计划 2020 年 9 月底前开始项目土地购置、厂房建设及设备订购，2020 年年底完成基础设施建设及长晶设备安装调试后开始试生产。一期投资中，计划新购土地 100 亩，建设厂房 8 万平米，固定资产投资 18 亿元，流动资金 3 亿元。公司已在浙江省诸暨市完成 6 英寸碳化硅生产线，目前已经开始投产。

第二期、第三期将在第一期项目基础上根据市场情况追加投资，主要开展 6 英寸外延片扩产建设及 8 英寸衬底及外延片产线建设。

项目投资规模主要是根据第三代功率半导体（碳化硅）产能配套性，以及同行业投入产出水平进行估算，具体细节还在论证和编制中。

五、公司项目出资的资金来源及可行性

公司将采用自有资金与合肥市长丰县共同出资建设第三代功率半导体（碳化硅）产业园，合肥市长丰县人民政府为本项目提供优惠政策、产业配套资金（包括但不限于股权、债权投资）支持，包括但不限于与本协议内容相关的合肥市长丰县人民政府指定的国有公司或国有控股平台公司为本项目提供资金支持。

问题三、请说明你公司拟投资建设的第三代功率半导体（碳化硅）产业项目的基本情况，包括不限于产业发展状况、公司在人员、技术、管理方面的投入情况，可行性分析和市场前景等，同时结合你公司主业构成、核心竞争力等，说明大力投入碳化硅领域的具体考虑。

回复：

一、第三代功率半导体（碳化硅）产业发展状况

目前的电子元器件 90% 以上都是由 Si 材料制备的。随着硅集成电路技术的线宽达到 5~10 nm，这个尺度被认为是硅集成电路的“物理极限”。如果尺寸再减小，就会遇到很多难以克服的问题。而“物理极限”的突破，就要探索新原理、开发新技术、发展新材料，因此相继发展了 GaAs、InP、SiC、GaN 等材料体系。采用这些材料，可以提高器件和电路的速度以及解决由于集成度的提高带来的功耗增加出现的问题。上世纪 80 年代后期至 90 年代初，随着 SiC 单晶生长技术和 GaN 异质外延等技术的突破，宽禁带半导体器件的研制和应用在近三十年来取得迅速发展。

SiC 材料具有良好的物理性能和半导体性能（表 1）。禁带宽度大，可工作于高温环境中；临界电场强度高，可工作于高电压条件下；高饱和漂移速度，可满足较高的工作频率；高热导率可允许的电流密度较大。在氧化环境中，SiC 表面生成的薄层二氧化硅将阻止其进一步被氧化，且氧化层的生成便于制作金属-氧化物-半导体场效应管（MOSFET）。SiC 化学性能稳定，抗辐射能力强，是工作于高温、高压、高功率、高频及强辐射等恶劣条件下的理想材料。

表 SiC 材料与 Si、GaAs 性能比较

参数	4H-SiC	Si	GaAs
带宽/eV	3.26	1.1	1.43
热导率/W·cm ⁻¹ ·K ⁻¹	4.9	1.5	0.46
饱和漂移速度/×10 ⁷ cm·s ⁻¹	2.0	1.0	1.0
临界击穿场强×10 ⁵ V·cm ⁻¹	30	6	6

电子迁移率/cm ² ·V ⁻¹ ·s ⁻¹	1000	1500	8500
空穴迁移率/cm ² ·V ⁻¹ ·s ⁻¹	50	600	400
介电常数	9.6	11.8	12.5
熔点/°C	2830	1420	1238

根据半导体材料综合评估 SiC 性能优于 Si 基 260 倍，仅次于金刚石。得益于 SiC 材料优异的物理和半导体性能，碳化硅在新能源汽车、5G 通讯、光伏发电、轨道交通、智能电网、航空航天等现代工业领域都有着广泛的应用前景，在我国新基建的各主要领域中发挥重要作用。

1、碳化硅的应用领域主要在功率元器件。SiC 基功率元器件主要包括肖特基二极管（SBD）和晶体管（如 MOSFET）两大类。功率元器件主要用于转换电源，包括四大类：逆变器、整流器（转换器）、直流斩波 DC/DC 转换器、变频器（矩阵转换器）。如变频驱动器件、整流器元器件、逆变器。特别是新能源汽车半导体功率模块（PCU），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和在大电流功率模块中，具有更好的散热性，不但提升节能效率还降低冷却系统要求，大大降低了能耗和重量。总之，SiC 功率器件必将在油田、太阳能/风力系统逆变器、电动/混合动力车、高铁、电力输送、工业马达、不断电电源系统（UPS）等大功率转换中发挥越来越重要的作用。未来半导体 SiC 材料制作成的功率器件将支撑起当今节能技术的发展趋向，成为节能设备最核心的部件，因此半导体 SiC 功率器件也被业界誉为功率变流装置的“CPU”、绿色经济的“核芯”。

2、碳化硅还可应用于微波及高频半导体元件。由于 SiC 具有较高的饱和电子速度以及高临界击穿场强，是良好的微波和高频元器件材料。已研制出 f_{max} 达 50 GHz 以上的 SiC 高电子迁移率器件（HEMT）。加之高工作温度和高热导率，在军用相控阵雷达、通信广播系统中有明显的优势。美国已将其应用于新研制的 HDTV 数字广播系统之中。特别是将要实施的 5G 通讯，SiC 衬底材料是不二的选择。

二、公司在人员、技术、管理方面的投入情况

2018 年下半开始，公司抽调内蒙古蓝宝石公司的设备研发人员组建碳化硅晶体炉制造攻关小组，开始碳化硅晶体生长炉原型机的研发，2019 年 7 月，生长炉研制成功，2019 年 11 月获得山东国宏中能科技发展有限公司的订单，实现

了批量销售。

2019年8月，露笑科技组建碳化硅晶体生长研发团队，在自研设备的基础上，开发碳化硅晶体生长的研究，在晶体多型控制、缺陷控制、应力控制、掺杂控制方面取得一系列进展。

三、可行性分析

关于公司研发碳化硅的产业技术背景

露笑是国内最早开始研发生产蓝宝石晶体材料生长的企业之一,2010年成立蓝宝石公司,一直致力于蓝宝石 KY 法的晶体生长和工艺的研发,获得数十项蓝宝石专利,公司从 18 公斤一直发展到 200 公斤级,在内蒙古合资建有国内最大的蓝宝石生产基地,为公司积淀和培养了一大批从设备制造、长晶到切磨抛加工的技术和团队。

蓝宝石与碳化硅工艺流程的相似性

1、蓝宝石生产工艺流程

蓝宝石晶体生长有两种常用的方法，一是柴式拉晶法（简称 CZ 法），二是凯氏生长法（简称 KY 法，也称泡生法）。两种方法的原理相似，都是将原料加热至熔点后融化形成氧化铝熔体，利用晶种与熔体的固/液界面上开始晶体生长。

蓝宝石的衬底加工流程分为晶棒和基片两个环节，前者包括长晶、定向、掏棒、滚磨和品检，后者包括定向、切片、研磨、倒角、抛光、清洗和品检。

2、碳化硅生产工艺流程

碳化硅晶体生长采用物理气相输运技术（PVT 法），即采用中频感应加热，石墨坩埚既是发热体，又是生长室。生长室处于密封的双层不锈钢筒（或石英玻璃管）内，夹层内通冷却水冷却，感应线圈内壁和坩埚之间采用石墨毡保温。SiC 料源置于坩埚的底部，籽晶粘于坩埚顶部。为营造合适的温度场，石墨坩埚应处于线圈中合适的位置。在高温下，SiC 高纯原料升华分解成 Si、Si₂C、SiC₂ 等主要气相组分，在温度梯度和浓度梯度的作用下向坩埚顶部输运，在籽晶处成核生长晶体。工艺步骤主要包括原料准备、籽晶粘接、晶体生长和晶锭退火等。

SiC 衬底加工主要包括端面处理、定向、滚圆、平面磨、切片、研磨、机械抛光和化学机械抛光等步骤。

碳化硅与蓝宝石生产过程存在较多共通之处

在晶体生长方面：（1）两种晶体生长时均需要高真空状态，需要优于 10^{-5}Pa 的真空度，对设备的密封性能有相同的性能要求；（2）晶体生长时炉膛温度极高，超过 2000°C ，对设备耐热性及耐受度要求较高；（3）晶体生长利用电加热方式，采用合理电加热电源以及炉膛相匹配的结构形式；（4）晶体生长时都需要使用非常精密控制的拉伸系统，对机械设计和自动化控制具有一致性。

在衬底片加工方面：除了蓝宝石有掏棒工序外，碳化硅和蓝宝石具有极其相似的加工工艺流程，包括多线切割、双面研磨、机械抛光和化学机械抛光等。

公司碳化硅长晶技术处于国内领先水平

公司凭借在蓝宝石业务上的深厚积淀，已突破以下几项碳化硅长晶炉及长晶环节关键技术：

1、完成 6 寸石英管式碳化硅晶体生长炉开发，以独特密封结构解决设备高真空度获取与长时间保持的难题，极限真空 $<2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ，满足产业化要求。

2、完成大尺寸碳化硅单晶制备相关理论的研究，通过计算机模型辅助计算，形成了单晶制备过程物质与热量传输、缺陷演变的基本规律，解决了热场均匀性差、大尺寸单晶应力聚集、单晶扩径难等问题，生长出 6 寸导电型 4H-SiC 晶体。

3、通过对多型控制、缺陷密度控制、氮掺杂浓度控制等问题的深入研究，晶体生长成品率稳定提高。

公司突破了高精度晶体晶向加工、近零损伤表面加工、高几何精度加工、表面痕量污染控制等技术难点，全面掌握了碳化硅单晶晶体生长、加工、切、磨、抛、洗整体解决技术和工艺方案，产品指标处于行业领先水平，发展前景广阔。

通过以上的分析，露笑科技依托蓝宝石晶体生长设备制造、晶体生长和衬底片加工成熟的设计、制造、加工和管理经验，转型碳化硅晶体生产，具有较大的先天优势。

第三代半导体（碳化硅）属于半导体材料产业，是资本密集型的行业，对资金的需求量大。露笑科技作为上市公司，公司融资渠道宽广，在技术投入、业务扩张等各方面均有雄厚的资金支撑，能快速提高产能，迅速占领市场。

露笑科技从事新能源汽车大三动力系统的集成生产，与电动汽车市场有天然的联系，能够快速切入国内市场。与美国晶体生产企业、器件生产企业的强强联合与战略合作，可以快速进入世界一流成熟市场并形成批量供应，跨越式迈过

严苛、长期的产品验证期，相较于国内外同行业有显著的市场先入契机。

技术团队具有 20 余年碳化硅晶体生长、加工和外延方面的经验，先后承担和参与了国家“01 专项”项目、国家“02 专项”项目、国家“863 计划”、国家重点研发计划项目等重大科研项目 20 余项，有扎实的理论基础和丰富的实践经验。

综上所述，露笑科技在资金、市场和技术方面已具备了进入碳化硅材料领域的条件，实施第三代半导体（碳化硅）产业园建设是可行的。

四、市场前景

根据 IC Insights《2019 年光电子、传感器、分立器件市场分析与预测报告》，2018 年全球功率器件的销售额增长率为 14%，达到 163 亿美元，随着 SiC 和 GaN 功率器件的加速发展，全球功率器件的销售额预计将持续保持增长。预计 2018~2023 年期间，全球功率器件的销售额复合年增长率达到 3.3%，2023 年全球功率器件收入将达到 192 亿美元。

根据 HISMarkit 数据，2018 年碳化硅功率器件市场规模约 3.9 亿美元，受新能源汽车庞大需求的驱动，以及电力设备等领域的带动，预计到 2027 年碳化硅功率器件的市场规模将超过 100 亿美元，碳化硅材料的市场需求也将大幅增长。

五、公司大力投入碳化硅领域的具体考虑

露笑科技股份有限公司拥有多个省级研究院、研发（企业技术）中心和一个博士后工作站，公司参与制修订国家/行业标准 48 项，授权专利 110 项，为浙江省最具成长力企业之一。公司主要以高端机电制造业为主业，主要产品有：

（1）电磁线材：是国内三大专业的电磁线生产企业之一；

（2）机电产品：主要从事无刷、永磁、数字电机的生产及新能源汽车大三电动力系统的集成生产；

（3）新材料业务：是国内规模最大的蓝宝石长晶及衬底材料生产、加工及设备制造企业；

（4）太阳能光伏电站：拥有 700MW 光伏电站。

露笑科技从事的电机和太阳能光伏两大板块业务需要大量的碳化硅功率器件，实际上是碳化硅模块的用户。特别是露笑科技与奇瑞汽车合作，进行新能源汽车大三电动力系统的集成生产，为露笑科技提供了一个快速切入碳化硅市场的

绝佳通道。因此，从产业链上考虑，露笑科技投资碳化硅项目，是进一步完善/延伸公司的产业链。

露笑科技深耕蓝宝石产业 10 余载，晶体生长设备研制、晶体生长、晶圆切、磨、抛生产工艺齐全、成熟，产业链上、下贯通，具备持续开发高品质、低成本碳化硅衬底片系列产品的优势，已形成“装备 材料 工艺”协同发展的产业生态圈；得益于长期在蓝宝石产业运营管理经验的积累，在工厂运行、成本控制、后勤保障等方面具有丰富的经验，使产品具有市场竞争力。从产品角度看，投资碳化硅项目是产品升级换代的必然选择。

问题四、请以列表形式披露上述项目投资的大致时间安排，项目进度的主要影响因素，并充分提示相关风险。

回复：

一、投资时间安排

项目总投资 100 亿元，分三期建设完成。公司在用地等各项手续和相关条件齐备后 12 个月内完成一期项目建设并实现投产；60 个月内完成二、三期项目建设和固定资产投资并实现投产，72 个月内实现达产。

项目阶段	项目内容	预计完成时间
一期	1、24 万片 6 英寸导电型碳化硅衬底片生产线	12(月)
	2、6 英寸外延片中试线建设	
	3、研发中心建设	
二期	1、年产 10 万片 6 英寸外延片建设	60(月)
	2、年产 10 万片 8 英寸衬底片建设	
三期	1、年产 10 万片 8 英寸外延片建设	60(月)
	2、年产 15 万片 8 英寸衬底片建设	

二、项目进度主要影响因素及相关风险

1、技术研发风险。公司所处的半导体材料行业为技术密集型行业，第三代半导体产品的研发周期长、研发难度高、研发投入大。随着技术水平的逐步提高，下游行业对碳化硅晶片性能及尺寸的要求也越来越高，若公司不能继续保持充足的研发投入，在关键技术未能持续突破、或新产品技术指标无法达到预期，将

导致公司与国际龙头企业的差距持续扩大甚至被国内同行业竞争对手赶超,对公司的盈利能力将造成重大不利影响。

2、行业波动风险。碳化硅晶片行业处于碳化硅产业链的上游,是碳化硅和氮化镓器件的重要衬底材料,其需求直接受到下游功率器件、射频器件制造及终端应用的影响。如果未来全球宏观经济发生剧烈波动,新能源汽车、5G 通讯、光伏发电、轨道交通等终端市场需求下降,导致下游功率器件、射频器件等终端应用产品的产销规模下滑,将对公司的业务发展和经营业绩造成不利影响。

3、市场竞争加剧风险。碳化硅衬底材料是半导体产业的前沿和核心之一,具有较高的经济和战略重要性。很长时间内,碳化硅单晶的核心技术和市场基本被西方发达国家控制,且产品尺寸越大、质量越高,其市场及技术优势越显著。近年来随着我国对半导体产业的高度重视,在产业政策和地方政府的推动下,我国第三代半导体碳化硅行业的新建项目也不断涌现,中国正逐步成长为全球第三代半导体材料生产的主要竞争市场之一。公司未来将面临来自国际先进企业和国内新进企业的双重竞争,存在市场竞争加剧的风险。

4、一期项目建设实施风险。本次拟投资第三代化合物半导体(碳化硅)产业园建设项目,若因项目一期建设进度、生产技术、内部管理水平、市场变化等因素导致投资项目未能达到预期收益,将会影响后续项目的进一步投资与建设。

5、本次公司与合肥市长丰县签署战略合作框架协议背景为合肥市政府通过招商引资促成双方达成意向签署,相关产业政策目前正在进一步洽谈中,敬请广大投资者注重风险。

问题五、其他你认为应予说明的问题。

我司与今日收到深证券交易所的关注函,现将关注函相关问题回复如下

1、你公司截至目前仍未能明确回复我部函询的原因、存在的主要障碍,你公司对相关问题的核查进展及回复我部函件的具体安排。

回复:

公司正在与合肥市长丰县商议进一步的产业政策落地等事项,若之后公司与合肥市长丰县签订具体投资合作协议,公司将根据事项进展情况及时履行相关程序和信息披露义务。

2、请进一步核实你公司股价短期内涨幅较大的原因,与公司基本面是否匹

配，并就股价异常波动进行充分的风险提示。

回复：

公司于 2020 年 8 月 10 日披露了《关于与合肥市长丰县签署建设第三代功率半导体（碳化硅）产业园战略合作框架协议的公告》，公司正在积极推进与合肥市长丰县的进一步合作。公司已在浙江省诸暨市完成 6 英寸碳化硅试生产线，已经开始投产。公司提醒广大投资者注意风险。

特此公告。

露笑科技股份有限公司董事会

二〇二〇年九月九日