



China EG100
中国电子气百人会

洞察电子气

2020年第1期

(总第1期)

内部资料 注意保存

气体快讯特别策划之洞察电子气

2·0·2·0

目录

- 一、中国电子气生产与利用百人会成立大会
- 二、电子气体简介及应用领域
- 三、含氟电子气体市场壁垒高，纯化和包装环节提升空间大
- 四、中科昊海高纯特种电子气体项目奠基
- 五、华特气体成为佛山首家科创板上市企业
- 六、顺义又一新兴产业发展迅猛，2025年将实现产值300亿元
- 七、日本氦气不足影响科研应用

一、中国电子气生产与利用百人会成立大会

2019年10月30日，中国电子气生产与利用百人会成立大会在南昌成功召开。电子气体百人会的成立旨在联合电子气体生产与利用领域的企业家、专家学者，致力于研究中国电子气体产业发展与应用的重大问题，促进电子气体产业内、及与集成电路、液晶、太阳能、光纤等应用产业之间的交流和协同进步，以推动中国电子气体产业的健康发展，为我国战略性新兴产业的发展和产业转型升级作出贡献。

据中国工业气体工业协会第九届理事会常务副理事长兼协会法人泮春干介绍，电子气体百人会是中国工业气体工业协会直属机构，由中国工业气体工业协会及分支机构中从事电子气体生产、经销、设备制造、技术创新、工程建设、应用推广、产业化发展、标准检测等会员单位的企业领导、关注电子气体产业发展的专家学者等发起成立的行业性、非营利性的社团组织。

据了解，电子气体百人会的业务范围包括十大类。一是组织举办年度论坛、专题论坛；二是开展电子气体生产与利用领域技术研究开发，共同丰富、完善、拓展电子气体应用；三是开展电子气体安全生产、安全使用技术的研究及推广，促进电子气体产业健康安全发展；四是建设电子气体百人会成员之间共享信息、培训、交流、合作的平台，协助电子气体百人会成员解决发展中遇到的问题；五是发展与国内外相关企业的联系和交流，开展多种形式的合作与技术交流；六是组织开展电子气体生产与利用产业的共性、关键技术攻关；七是组织开展新技术、新产品鉴定及产品认证，并推广应用。八是组织开展电子气体工程和项目的危险与可操作性分析(Hazard and Operability Analysis, 简称 HAZOP 分析)、评审、验收；就是发挥行业渠道优势，向政府反映电子气体百人会成员的意愿和要求，提出促进产业发展的建设性意见，为政府制定相关产业政策提供依据；十是开展有益于电子气体产业发展的公益事业。

二、电子气体简介及应用领域

电子气体是指用于半导体及相关电子产品生产的特种气体，应用范围十分广泛。按其本身化学成分可分为：硅系、砷系、磷系、硼系、金属氢化物、卤化物和金属烃化物七类。按在集成电路中不同应用途径可分为掺杂用气体、外延用气

体、离子注入气、发光二极管用气、刻蚀用气体、化学气相沉积气和平衡气。在半导体工业中应用的有 110 余种单元特种气体，其中常用的有超过 30 种。

电子气体按气体特性进行分类

种类	细分	具体产品
一般气体(大宗气体)		氮气、氧气、氦气、氢气、氩气，大多当做载气或是作为净化气体使用，其中氮气约占 9 成使用量。
特种气体	可燃气体	SiH ₄ 、PH ₃ 、SiH ₂ Cl ₂ 、B ₂ H ₆ 等
	氧化性气体	NF ₃ 、N ₂ O、ClF ₃ 等
	腐蚀性气体	HCl、HBr、BCl ₃ 、BF ₃ 等
	惰性气体	CF ₄ 、C ₂ F ₆ 、C ₃ F ₈ 等

电子气体的主要应用范围包括电子行业、太阳能电池、移动通讯、汽车导航及车载音像系统、航空航天、军事工业等诸多领域。

1) 集成电路领域:

电子特种气体涉及集成电路制造多个环节，对最终产品质量和性能影响重大。电子气体在多个集成电路制造环节具有重要作用，尤其在半导体薄膜沉积环节发挥不可取代的作用，是形成薄膜的主要原材料之一。

电子特气在晶圆制造中的应用

环节	流程	所需电子特气	用途
硅片制造	提纯: 硅矿石+碳+氧气 → 98%冶金级硅		
	氯化: 硅+氯化氢气体 → 三氯硅甲烷或四氯化硅	HCl	氧化
	还原: 三氯硅甲烷+氢气 → 高纯度多晶硅	H ₂	还原
	溶解旋拉: 多晶硅 → 单晶硅晶棒	氩气	维持惰性隔绝环境, 避免气体杂质留存
	切割、抛光、清洗: 单晶硅晶棒 → 单晶硅硅片		
氧化	炉管内高温加热: 硅芯片+氧气+水蒸气在芯片表面形成干式或湿式 → SiO ₂ 氧化层	Cl ₂ 、HCl、三氯乙烷或二氯乙烯	控制离子侵入氧化层, 去除不必要的金属杂质, 清洗用途
CVD	化学气相沉积: 通过化学反应, 在气体中的原子或分子会沉积在表面一层固体膜	SiH ₄ 、SiHCl ₂ 、SiHCl ₄ 、SiCl ₄ 、TEOS、NH ₃ 、N ₂ O、WF ₆ 、H ₂ 、O ₂ 、NF ₃ 等	形成 CVD 膜
刻蚀	采用物理和化学方法有选择地从硅片表面去除不需要的材料的过程。刻蚀分为湿法和干法, 干法刻蚀以电子气体为介质, 优势明显被广泛使用。	CF ₄ 、SF ₄ 、C ₂ F ₆ 、NF ₃	硅片刻蚀
		氯基和溴基气体	改进气体、提高各向异性和选择性
		CCl ₄ 、Cl ₂ 、BCl ₃ 等	铝和金属复合层的刻蚀
离子注入	将需要的杂质掺入特定的半导体区域	三价掺杂气体: B ₂ H ₆ 、BBr ₃ 、	P 型半导体的掺杂

	中以改变半导体的电学性质	BF ₃ 等	N型半导体的掺杂
		五价掺杂气体: PH ₃ 、POCl ₃ 、AsH ₃ 、SbCl ₅ 等	

2) LCD 领域:

特种气体在 LCD 行业中主要应用于成膜和干刻工艺。液晶显示器分类种类众多,其中 TFT-LCD 的反应时间快、成像质量高、且成本逐渐降低,是目前应用最广泛的 LCD 技术。TFT-LCD 面板的制造过程可分为三大阶段:前段阵列工(Array)、中段成盒工序(Cell)以及后段模块组装工序(Module)。电子特气主要应用于前段阵列工序的成膜和干刻阶段,经过多次成膜工艺分别在基板上沉积 SiNx 非金属膜以及栅极、源极、漏极和 ITO 等金属膜。

电子特气在 TFT 加工中的应用

环节	分类	技术	所需电子特气	作用
成膜	栅极、源极、漏极和 ITO 等金属膜	溅射(利用带电离子轰击材料表面,使其原子获得足够能量而溅出进入气相,并在工件表面沉积)	氩气	做溅射气体(溅射率高,成本低)
	SiNx 非金属膜	等离子体增强化学气相沉积技术(PECVD)	硅烷(SiH ₄)、氨气(NH ₃)、磷烷(PH ₃)、笑气(N ₂ O)、NF ₃ 等	受激发产能低温等离子体
刻蚀			CF ₄ 、O ₂ 、氯气	刻蚀硅岛、沟道和接触孔

3) LED 领域:

特种气体在 LED 照明中主要应用于 LED 外延片和芯片的制作过程。LED 主要生产流程包括:外延片生长、芯片加工以及封装应用,电子特气主要应用于外延片生长和芯片的加工芯片。

LED 生产外延片制造和芯片制造

环节	流程	所需电子气体	用途
外延片制造	MOCVD 设备将 II 或 III 族金属元素的有机化合物与 IV 或 V 族非金属元素的氢化物相混合后通入反应腔 混合气体流经加热的衬底表面时,在衬底表面发生热分解反应,并外延生长成化合物单晶薄膜	H ₂ 、N ₂	作载气
		6N 以上高纯度的 V 族氢化物(如 NH ₃ 、PH ₃ 、AsH ₃)	作反应气
注:电子气体的纯度越高,工艺效果越好。若气体中含有杂质分子,如微量水汽,就会显著降低 LED 设备的光输出设备效果。			
芯片制造	对 LED pn 结的两个电极进行加工,包括清洗、蒸镀、光刻、蚀刻、融合、研磨等环节 划片、测试和分选	BCl ₃ 、Cl ₂ 等	用于刻蚀环节

4) 太阳能电池领域:

电子特气在两类主流电池片太阳能晶体硅电池片和薄膜太阳能电池片的生

产过程中扮演着重要角色。太阳能电池是一种利用太阳光直接发电的光电半导体薄片，由于太阳能是可再生的清洁能源，太阳能电池具有广阔的发展前景，电池片是太阳能电池的核心组件。电子特气在太阳能电池片的多项生产环节中发挥重要作用，包括扩散、刻蚀、沉积等工序。

电子特气在太阳能电池片生产工艺中的应用

分类	环节	使用电子特气	作用
晶体硅 电池片	硅片腐蚀刻绒，在扩散炉石英管内扩散磷原子，以在 P 型硅片上形成深度约 0.5 μ m 的 n 型导电区，在界面形成 pn 结	POCl ₃ 、O ₂	用于扩散工序
	等离子刻蚀刻边，去除磷硅玻璃	CF ₄	用于刻蚀工序
	在受光面上通过 PECVD 制作减反射膜，并通过丝网印刷烧结工艺制作上下电极	SiH ₄ 、NH ₃	用于减反射层 PECVD 工序
薄膜太 阳能电 池片	通过溅射或 LPCVD 方法在玻璃基板上制造透明导电膜 TCO	DEZn、B ₂ H ₆	用于 LPCVD 沉积 TCO 工序
	通过 PECVD 方法沉积 P 型、i 型和 n 型薄膜	SiH ₄ 、PH ₃ 、H ₂ 、TMB、H ₂ 、CH ₄ 、NF	用于沉积工序

特种电气提纯是制备工艺的核心技术壁垒。特种气体纯度的提高，能够有效提高电子器件生产的良率和性能。电子特气中水汽、氧等杂质组易使半导体表面生成氧化膜，影响电子器件的使用寿命，含有的颗粒杂质会造成半导体短路及线路损坏。而伴随半导体工业的不断发展，产品的生产精度越来越高。以集成电路制造为例，其电路线宽已经从最初的毫米级，到微米级甚至纳米级，对应用于半导体生产的电子特气纯度亦提出了更高的要求。

我国特种电子气体行业在 2006 年后进入快速发展阶段。近年来，主要跨国气体公司都纷纷进入中国，APCI、法液空公司、BOC 公司、普莱克斯、日本酸素公司、日商岩谷气体公司等已占领我国大部分特气市场，尤其是电子气体市场，合资和独资的半导体集成电路企业生产工艺中所使用的电子气体主要被这些国外气体公司所垄断，国内特种电子气体市场份额近 70% 由跨国气体公司占据。

国内特种电子气体主要研发和生产企业有中船重工七一八研究所、江苏南大光电材料股份有限公司、佛山市华特气体有限公司、中昊光明化工研究设计院、中昊光明化工研究设计院有限公司、大连科利德化工科技开发有限公司、苏州金宏气体股份有限公司等企业。

电子特种气体从生产到分离提纯以及运输供应阶段都存在较高的技术壁垒，市场准入条件高，全球市场主要被几家跨国巨头垄断。包括美国空气化工、普莱克斯、德国林德集团、法国液化空气、日本太阳日酸株式会社等公司占据了全球

电子特气 90%以上的市场份额。

三、含氟电子气体市场壁垒高，纯化和包装环节提升空间大

国内含氟电子气体产业自 2000 年开始发展，目前已具备部分产品的大规模生产，但由于市场接受度不高，国内企业多采用出口转内销的方式“曲线”销售，近年来随着政策的支持，这种模式逐渐被打破，产品的研发、生产及销售逐渐走上正轨。

含氟电子气体是电子气体领域的高端产品，主要包括氟化物系列、含氟硅化物、含氟硼化物和含氟锆化物等电子气体，主要用作清洗剂、蚀刻剂、掺杂剂和成膜材料等，约占电子气体市场用量的 33%左右。

含氟电子气体行业具有投资大、技术门槛高、用户认可周期长的行业壁垒，国内电子气体行业发展历史较短，相较外资企业具有的技术优势、用户优势，短时间内难以竞争。

国外的含氟电子气体除 C_4F_6 和 C_5F_8 尚未实现大规模生产，其他种类品种齐全、规模大、产品品质较高，龙头企业主要有杜邦、索尔维、昭和电工、林德、空气产品、液化空气、马西森等气体公司，占据国内相关半导体行业市场用量超 90%。

国内电子气体产业自 2000 年才开始建立体系，早期比较依赖合资引进技术，造成技术积累相比较为薄弱，也未带动相关材料产业的发展。目前，国内企业已能够自主规模化生产 CF_4 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 C_2F_6 、 $C-C_4F_8$ 、 SF_6 、 NF_3 、 BF_3 、 COF_2 等含氟电子气体，但在短时间内难以获得下游企业的认可，市面上仅 CF_4 、 SF_6 和 NF_3 有一定量的销售。

含氟电子气体的生产具有合成、纯化、分析检测和包装四大核心技术。国内相关技术和配套设备与国外相比还有一定提升空间，主要的关键点在纯化和包装材料两大领域。

合成技术上，国内氟化工企业具有较高技术基础，但目前国内生产含氟电子气体的企业多以进口粗制品加工为主。合成技术较为复杂，国内生产含氟电子气体的企业多从国外直接进口粗品气体原料进行后续的开发生产。实际上，国内的传统氟化工行业较为成熟，随着氟化工企业逐渐进入含氟电子气体行业，这一趋势将会逐渐逆转。

纯化技术上，半导体行业对电子气体纯度要求越来越高，国内企业在相关配套设备和仪器材质上还有提升空间。气体纯化方法主要有精馏法、吸附法、冷冻法、膜分离法等，实际生产中多采用其中的几种组合。在下游集成电路的刻蚀及清洗等过程中，百万分之几的微量杂质气体进入工序中即能使元件存储的信息量减少，从而导致产品质量的下降，气体的纯度决定了半导体的质量和性能，因此含氟电子气体整体往超超纯净的方向发展，对相关配套设备及仪器的材质的要求较高，国内大部分企业产品的纯度达不到 99.99999% 的要求，仅能应用于低端领域。

分析技术上，微量和痕量杂质的检测是把控电子气体纯度的关键环节，不同的含氟电子气体具有对应的分析方法。目前分析方法有电量法、露点法、电解法和光腔衰荡光谱法等，其中电解法不适用于含 P_2O_5 的气体分析；露点法不适合用于饱和蒸气压与水接近的气体分析；光腔衰荡光谱法不适用于光照易分解和含有对水的吸收光谱有干扰的组分的气体，各有局限性，应用中根据不同的含氟电子气体选择适当的方法，总体技术成熟。

包装技术上，储气钢瓶的内壁处理技术和标准亟需提升。含氟电子气体主要使用经过处理的、可保证内部气体稳定的钢瓶包装，钢瓶的内壁需经氧化、钝化、涂树脂、化学及电化学抛光等多道工序处理，内表面具有较高的光洁度和惰性，目前国内的相关技术和标准相比国外略显滞后，继续提升。

国家已颁布的《国家集成电路产业发展推进纲要》、《中国制造 2025》、《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》等政策，正促使国内超大规模的集成电路、显示器、太阳能电池等产业的高速发展，含氟电子气体的市场领域愈发广阔。

在《中国氟化工行业“十三五”规划》中，进一步提出含氟电子气体属于重点研发和培育类，逐步引领传统氟化工企业逐渐向含氟电子气体领域渗透。

在技术上，含氟电子气体生产提纯的一系列技术也是目前氟化工行业研究和开发的热点，其中纯化和包装材料的研发是国产产品进军高端应用领域的关键因素。

四、中科昊海高纯特种电子气体项目奠基

11月12日上午，安徽中科昊海气体科技有限公司高纯特种电子气体项目奠基仪式在阜阳颍东区煤基新材料产业园隆重举行。

为了打破国外气体公司对高纯电子气体的技术垄断，2019年1月，北京中

科富海和昊源化工集团强强联手，共同成立了安徽中科昊海气体科技有限公司，建设高纯特种电子气体项目。经过各方大半年的努力奋战，该项目基础设计已全部完成，详细设计已接近尾声，即将进入土建施工阶段。该项目首期工程投资约1亿元，占地30亩，建设周期16个月，将于2020年底投产。

高纯电子气体是发展集成电路、光电子、微电子，特别是超大规模集成电路、液晶显示器件、半导体发光器件和半导体材料制造过程中不可缺少的基础性支撑源材料，被业内称为电子工业的“血液”和“粮食”。该项目利用低温工程提取高纯电子气技术打破了国外垄断，建成后将有效缓解高纯特种电子气体严重依赖进口的尴尬局面，全力促进解决国家战略气体资源“卡脖子”问题。

五、华特气体成为佛山首家科创板上市企业

2019年12月26日，广东华特气体股份有限公司（以下简称：华特气体）在上海证券交易所鸣锣上市，成为佛山首家登陆科创板的企业和我国气体行业首家科创板上市企业。

据了解，华特气体本次发行股票超2722万股，发行价为22.16元/股，预计募集资金总额超6.6亿元。本次募集的资金计划用于开展气体中心建设及仓储经营项目、电子气体生产纯化及工业气体充装项目、智能化运营项目及补充流动资金，助力企业争当气体行业的领先者。

据公开资料显示，位于南海区里水镇的华特气体是国内领先的综合性气体公司，其生产的特种气体产品约230余种，广泛应用在集成电路、新型显示面板、光伏能源、航空航天、深海装备等新兴行业。目前公司已有约20种高纯度自主研发的电子特种气体打破关键材料的进口制约，覆盖了包括中芯国际、台积电（中国）等国内80%的8寸以上集成电路制造厂商，并进入英特尔、德州仪器等跨国公司的供应链体系。

此次成功登陆科创板，华特气体将借助资本市场的力量，进一步推动国内特种气体行业的发展。

六、顺义又一新兴产业发展迅猛，2025年将实现产值300亿元

据悉，中关村顺义园已具备第三代半导体产业发展独特优势，到2025年将实现产值300亿元。

中关村顺义园已具备第三代半导体产业发展 10 大独特优势有：

- 1、顺义区正在推进建设占地面积达 20 万平方米的半导体产业标准化厂房，解决产业项目落地难、落地贵、落地慢等痛点；
- 2、目前建设了国内首个聚集全产业链的第三代半导体材料及应用联合创新基地，总面积 7.1 万平方米；
- 3、成立了汇集国内第三代半导体顶尖企业和研究机构的第三代半导体产业技术创新战略联盟，成员单位已达 120 家；
- 4、建成了“国家级众创空间”第三代半导体联合创新孵化中心，入孵企业 60 余家；
- 5、编制了《顺义区第三代半导体产业发展规划》，对产业发展提出了指导性意见；
- 6、联合中关村管委会共同出台了《关于促进中关村顺义园第三代半导体等前沿半导体产业创新发展的若干措施》，重点支持企业研发、生产、制造、应用等多个环节，实现从设计、晶圆加工、衬底和外延制备以及设备和材料研发的第三代半导体产业全链条覆盖；
- 7、举办了国际第三代半导体论坛、国际第三代半导体创新创业大赛、5G 创新者峰会等一系列有行业影响力的活动；
- 8、引入了国联万众、华北光电、镓族科技等优秀企业；
- 9、储备了一批国际水准的第三代半导体创新项目和科技资源，为产业发展夯实了基础；
- 10、为打造北京第三代半导体创新型产业集聚区，顺义区将设立总规模 50 亿元专项基金，解决企业落地难、落地贵、落地慢问题。

据了解，未来 5 至 10 年，顺义区将成为产业链条完整、规模集聚效应明显、技术创新成果显著、辐射带动能力强、成果转化和溢出效益大、金融支撑体系完善的，最具规模和影响力的第三代半导体技术创新策源地、产业发展先行示范区和成果转移转化辐射源，到 2025 年实现产值 300 亿元。

七、日本氦气不足影响科研应用

据悉，日本正面临氦气不足的问题，东京迪士尼乐园 2019 年 10 月起已限量销售氦气球。但问题还不仅限于此，氦气不足已影响到科研应用等领域。

氦气是开采天然气时产生的副产品，用途广泛，在核磁共振成像等医疗产业、科研领域都不可或缺，目前全球需求增大，供不应求。日本氦气完全依靠进口，其中超过60%从美国进口。由于美国近年来氦气产量减少，且优先供应美国国内，日本从美国进口的氦气也相应大幅减少，且价格高涨。

由于氦气优先供应医疗等产业应用，日本科研领域氦气不足问题较大。日本宇宙航空研究开发机构的一个研究小组2019年就将氦气球高空大气观测次数由6次减少到1次。日本物理学会等机构近日不得不发出一份联合声明，呼吁产官学合作，加大氦气的回收再利用并提高氦气储备能力。

据报道，日本国内销售的氦气有四分之三没有被回收，而是直接排放到了大气中。从2019年10月起，东京大学固体物理研究所启动了氦气再液化项目，加强氦气的循环利用。

中国电子气供应与利用百人会

2020年1月8日

联系方式：010-87378841/67315044

传真：010-67315244

邮箱：cgia@263.net

网址：www.cigia.org.cn

地址：北京市朝阳区东四环南路365号十八空间创意园区D001

