

The background features a hand in a white glove holding a blue microchip with a grid of pins. Below the chip is a pink circuit board with various components and traces. The overall scene is set against a blurred background of blue and pink light effects.

# 联栅功率管

杭州优捷敏半导体技术有限公司



# 目录

01 产业介绍

02 项目介绍

03 技术优势

04 知识产权

05 核心团队

06 盈利模式

07 发展规划

08 研发规划

09 市场规划

10 资金规划



# 产业介绍

# 01



# 功率器件的重要性

## 电力电子装置的 “CPU”

功率器件的平台

50~60年代SCR

70年代GTO

80年代IGBT

联栅功率管突破现有技术瓶颈:

IGBT 闩锁

IGCT  $di/dt$   $dv/dt$

SIC MOS 短路失效

成为新一代技术平台。

# 国内外研究现状及技术产业格局

- 功率器件现在主流技术是绝缘栅架构（IGBT），发展到第七代，已经30多年了。核心技术都掌握在国外，德国英飞凌，日本三菱，富士电机、瑞士ABB，美国仙童、ST等，国内的芯片主要集中在低端领域，单管和IPM（小模块）、PIM，士兰微占变频器市场10%，中车、国网、比亚迪在各自全产业链有功率半导体部分，中车并购了英国Dynex，国内高压做得最好，但大功率芯片也只是样品和实验室验证阶段。因为国内工艺水平和国外的差距很大，此外还有设备禁运和技术秘密等，我国IGBT与国外相差三代。
- 联栅架构是我国原创技术，突破绝缘栅架构的天花板，将成为新一代核心技术。联栅架构的创始人李思敏80年代参加各种功率器件研讨会，吸取了各类功率器件结构上、工艺上的优点，融合在联栅功率管的研发制造中。1986年，他合作开发了中国第一只高压IGBT，1994年，“863”计划，中国五位专家派到美国引进IGBT技术，他学成归来，意识到中美差距，希望从一个新的技术路径突破国际垄断。于是，在北大微电子所王阳元院士支持下，1996年启动联栅功率管的成果转化。历经20多年，无数次失败改进以及市场对研发方向的创新启发，在无锡上华形成了成熟、量产的工艺平台，新产品研发一次成功。
- 联栅架构是中国的原创技术，在发明专利基础上结合了中国现有不高的工艺条件水平研制出来的产品，适合中国国情可大规模制造，从知识产权壁垒和制造工艺上不会受到设备禁运、技术秘密等卡脖子。联栅功率管目前使用3um MOS线工艺，这样的工艺线在中国有100多条。核心是专利保护的架构创新，联栅功率管进行了专利布局，并且随着研发、制造不断有新专利产生，基础专利申请了国际专利进入欧美国家阶段。

# 国内外研究现状及技术产业格局

- 新型的第三代半导体技术，我国和国外起步差距不大，已经投资了百亿，希望超越国外。但应用十多年，SIC MOS产品尚未成熟，未规模应用，只在特斯拉MODEL 3逆变器中部分试用了ST公司的SIC MOS。
- 联栅晶体管GAT类比第三类半导体，具有高能效、高功率密度、低成本（是SIC MOS成本的1/10）、高可靠性及工艺产品成熟。有望在新型的应用场景，如新能源汽车、汽车快充、光伏、储能等中功率领域超越SIC MOS，形成新的技术、产业格局。
- 在高压大电流方面，（智能电网、高铁、大型设备等）主流技术是IGBT和IGCT，日本三菱、瑞士ABB等，功率器件全部是进口，价格昂贵，并且触及到IGBT技术的天花板，导致可靠性下降，系统控制复杂，成本高昂，制约了电力电子产业的进一步发展。例如新兴的领域，也是我国十四五规划新基建重点领域特高压和柔性直流输电，解决西电东送，光伏、海上风电等发电传输问题的核心器件，未来投资450亿。联栅晶闸管GATH是柔直发展的新型大功率器件，优捷敏正在和国网展开合作，逐步开发联栅功率管的应用，从底层元器件到系统、整机。
- 联栅功率管目前做的是硅产品，碳化硅联栅结构（SIC GAT/SIC GATH）进行了专利布局，获得国家发明专利授权。未来SIC材料成熟，可以开发SIC 联栅产品，有更强的性能。

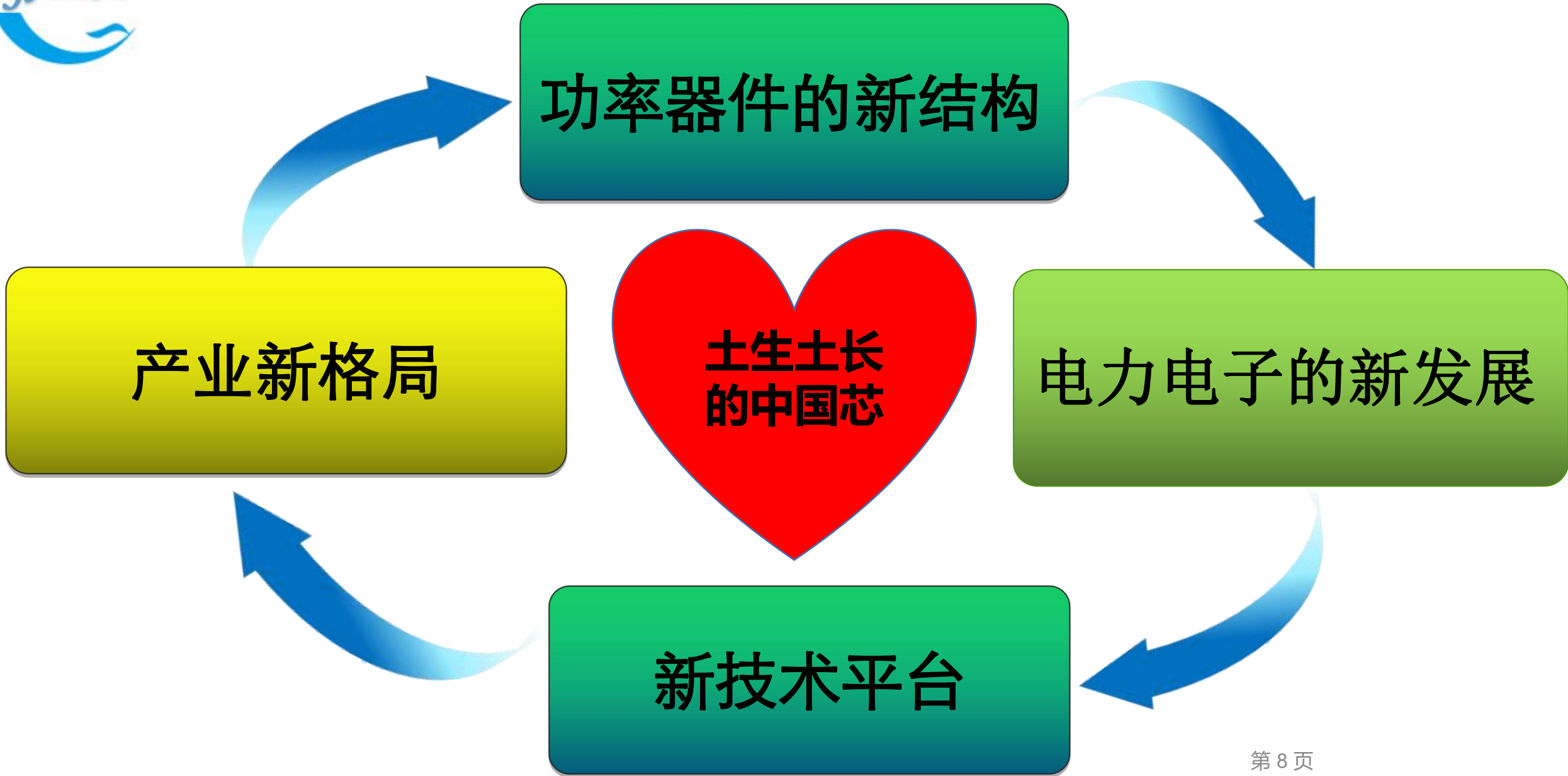


# 项目介绍

# 02

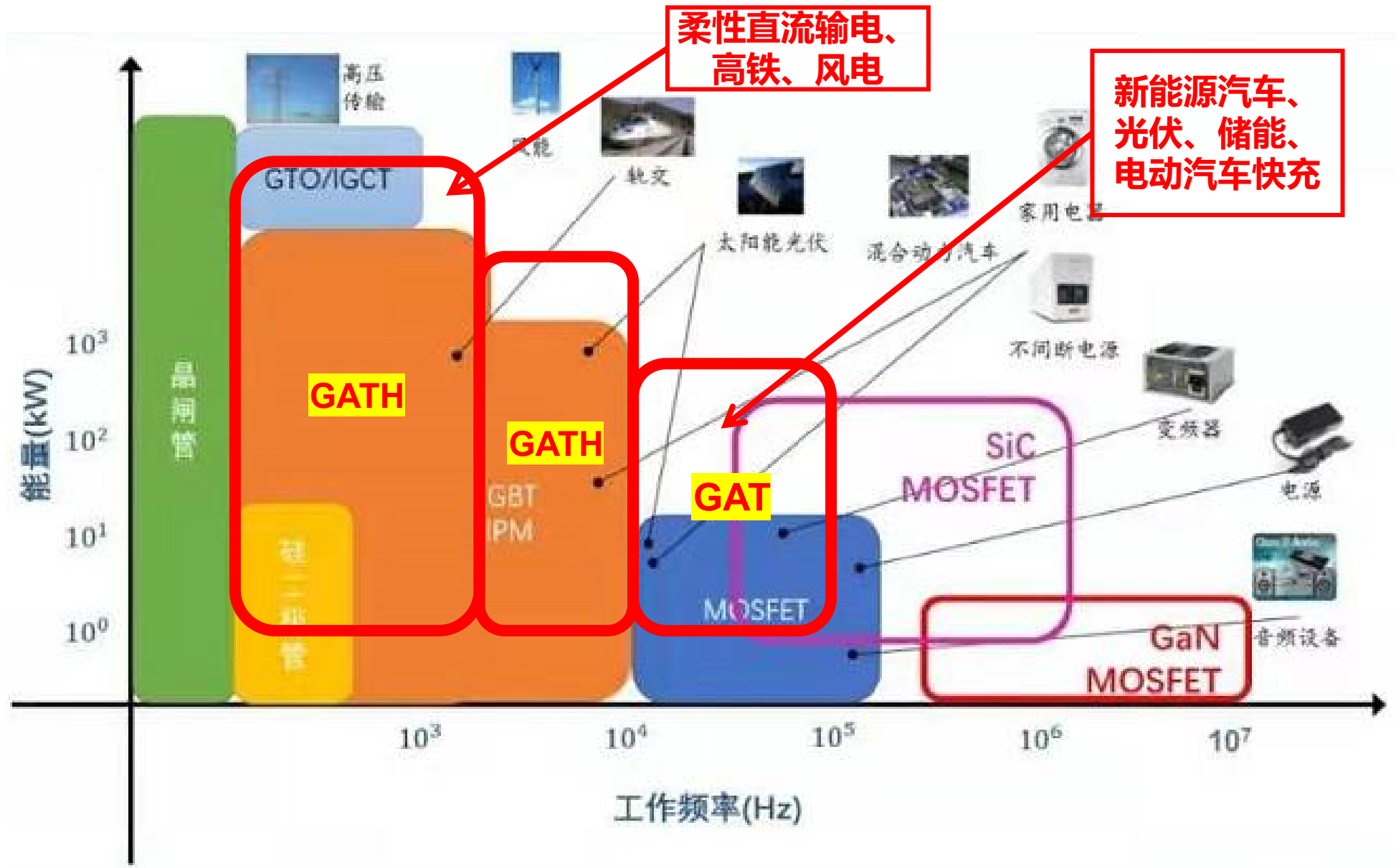


# 从心出发：一芯+四新





# 功率半导体的分支



# 战略意义

- 功率器件是电力电子装置的CPU，用于电能转化，变流技术场景
- 功率器件市场220亿美元，辐射到整机、节能减排万亿级市场。国内市场占一半，但芯片90%依赖进口，特别是高端芯片。
- 新基建，双碳目标重点领域：特高压、柔直、轨道交通、新能源汽车及快充、光伏风电储能等。

功率器件其他应用场景：通讯电源、变频器、逆变器、电机电驱、大型设备、家电、电源、UPS、军工、船舶等

- 联栅架构是功率器件底层架构的创新，突破现有技术天花板
- 联栅功率管将带来电力电子行业格局的改变

# 竞争地位及优势

联栅功率管是功率器件的新的技术分支。

①纵向一体化：与国网形成产业链伙伴关系，合作开发新型大功率器件——联栅功率管的及配套驱动。配套开发之后可向产业下游延伸市场资源，形成联栅技术纵向产业链。

②横向一体化：形成垂直产业链关系后，横向产业化发展，做市场规模。

③多领域产业生态圈发展：联栅功率管是功率器件底层架构，是基础性通用器件。未来可以延续扩展的优势领域：如柔性直流输电、风电、变频器、电力电子变压器、新能源汽车、电机电驱、电动汽车快充等多领域。

④战略意义：我国功率器件90%依赖进口，特别是高端领域。底层架构的突破带来电力电子产业格局的变化。

# 荣誉

- 获得科技部火炬中心“全国颠覆性技术创新大赛”复赛优胜项目

## 荣誉证书

杭州优捷敏半导体技术有限公司

贵单位“联栅功率管项目”荣获 2021 年度全国  
颠覆性技术创新大赛优秀项目。

科技部火炬中心  
二〇二一年

## 荣誉证书

杭州优捷敏半导体技术有限公司：

贵单位 联栅功率管

项目，荣获 2021 年度全国颠覆  
性技术创新大赛优胜项目。

科技部火炬中心  
二〇二一年

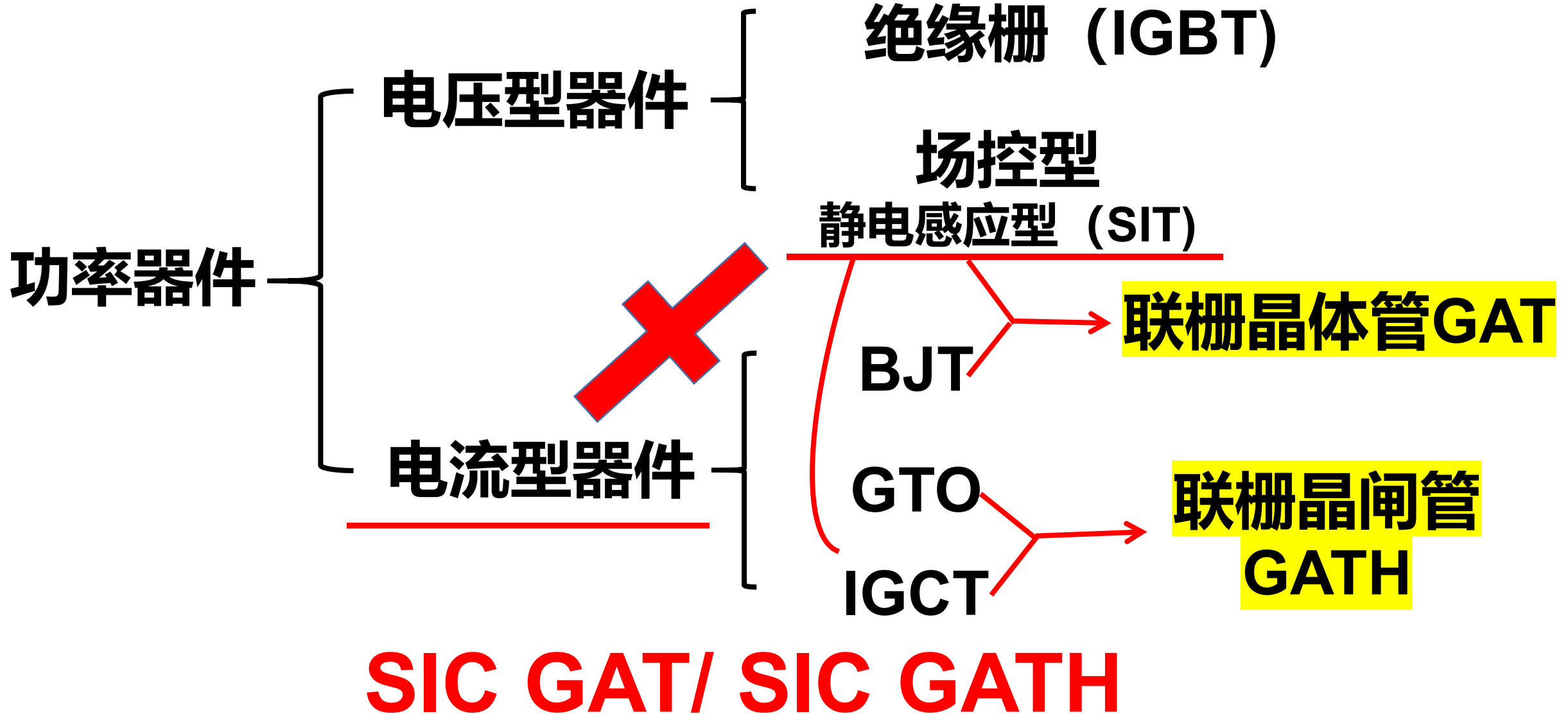


技术优势

03

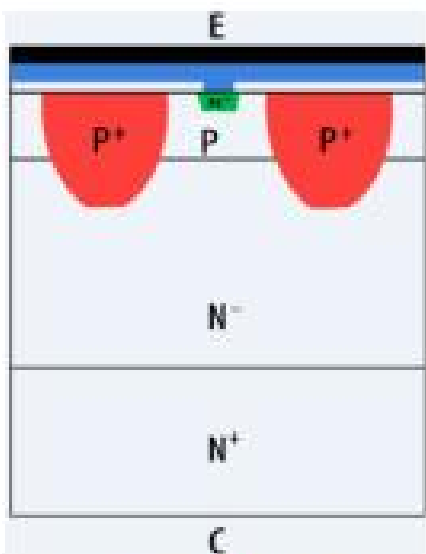
# 技术路线

联栅功率管是电压型静电感应功率管与  
电流型双极型功率管的复合型功率管

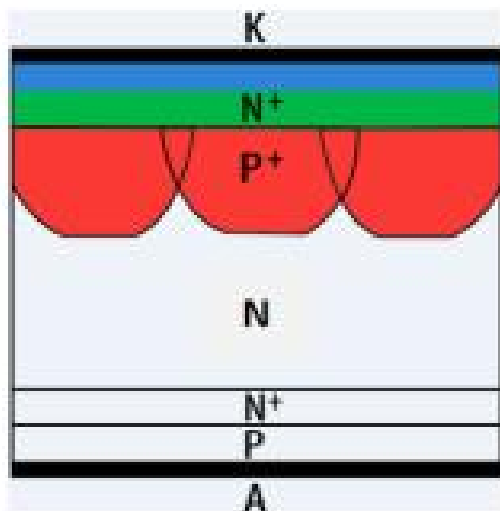


# 联栅功率管

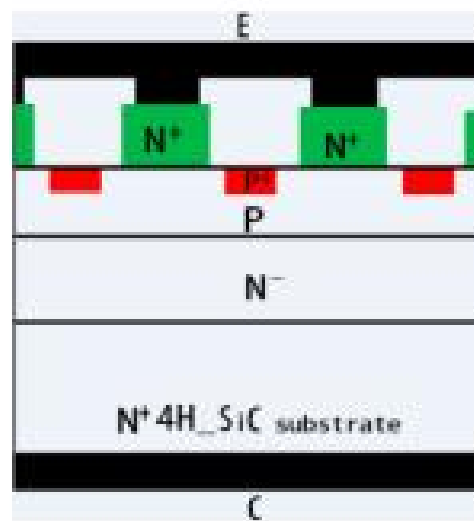
- 联栅功率管是采用联栅架构的静电感应功率管与双极管的复合型功率器件。



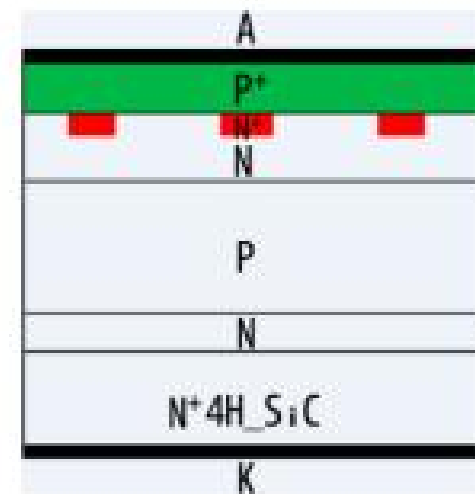
GAT 结构



GATH 结构



SIC GAT 结构



SIC GATH 结构

联栅架构是采用多晶硅发射极和栅上无铝仅在栅区汇流条上面布铝的架构。其特点是元包细微（ $10\mu\text{m}$ 左右），电流均匀，驱动能力强。

# 联栅的突破：**微细元包**的电流型功率管

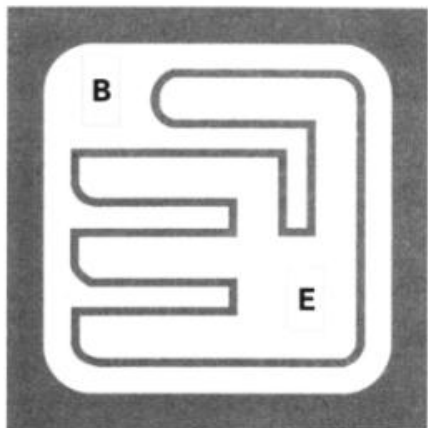


图1 BJT 版图

- 失效模式
- BJT电流集边效应
- IGCT开通集边
- 关断挤流

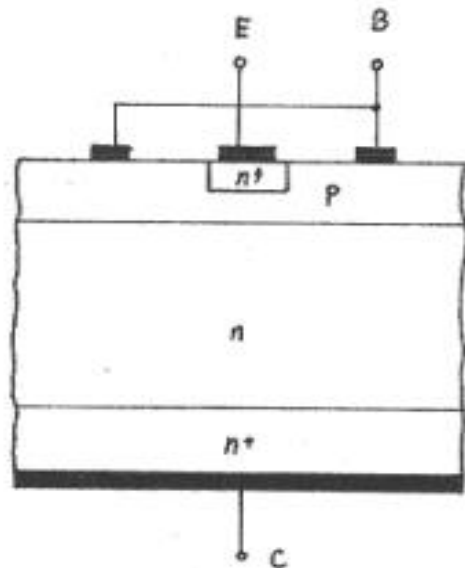


图2 BJT 结构图

- 失效原因
- 元胞尺寸大
- 内部电流不均匀

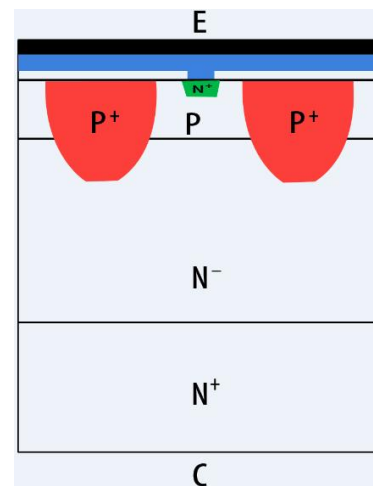


图3 GAT结构图

- 联栅结构
- 多晶硅发射极
- 栅上无铝



图4 GAT版图

- 重复单元 $10\mu\text{m}$
- 电流均匀一致性好
- 开关速度快





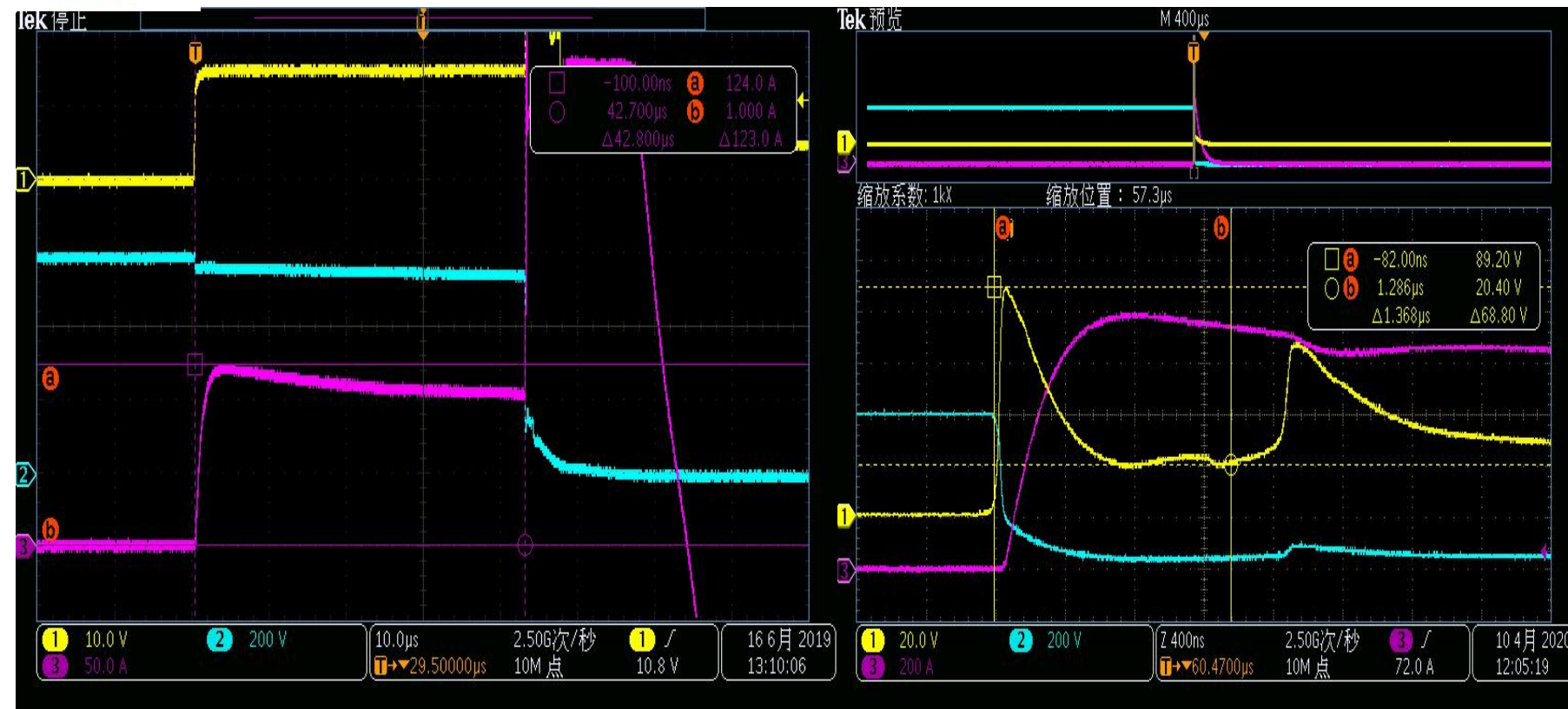
# 1.高可靠

GATH产品20N12与IGBT1200V25A最大电流输出能力对比测试:

在同样供电电压600V下,  
GATH能输出近**1000A**, 而IGBT在123A左右, GATH是IGBT的近**10倍**

实验验证: 450V 联栅功率管 GAT 用于LED **900V**冲击**24000**次不坏

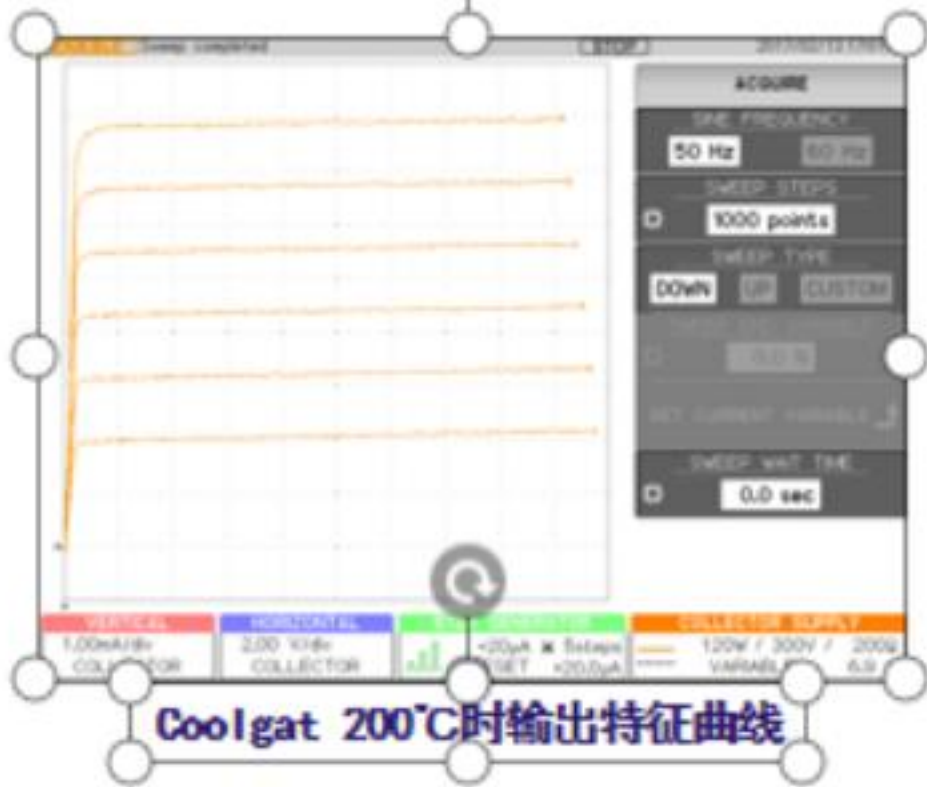
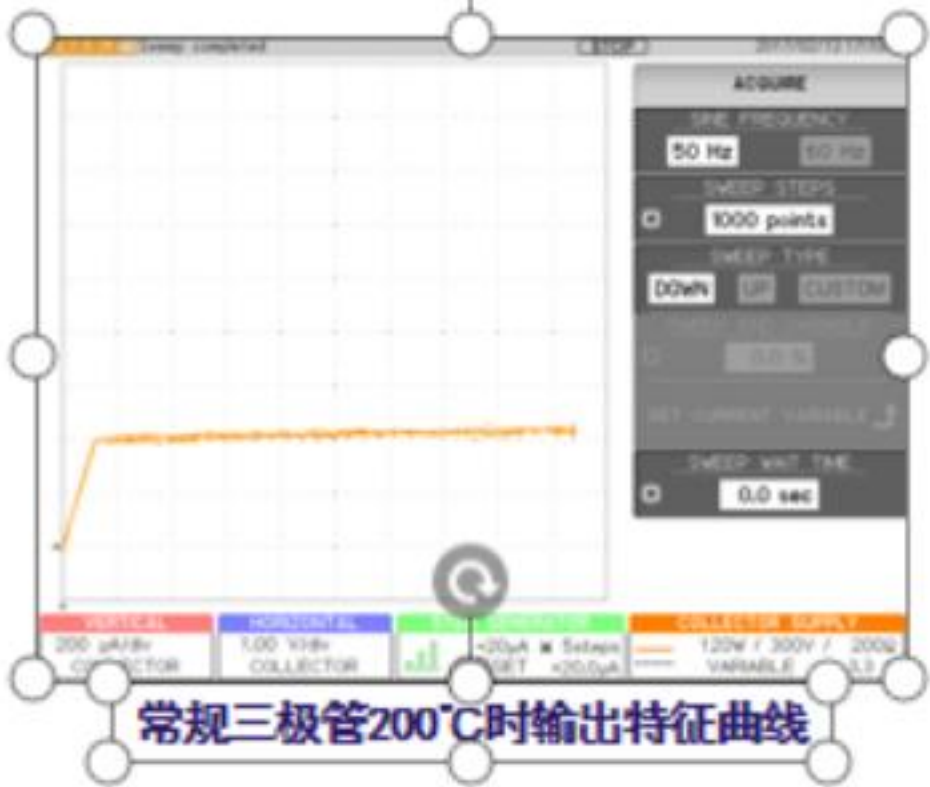
IGBT 450V 耐压650V



品种	有源区面积	脉冲电流密度	比例
GATH (20N12)	4mm <sup>2</sup>	25000A/cm <sup>2</sup>	30
IGBT (25N12)	16mm <sup>2</sup>	800A/cm <sup>2</sup>	1

200°C下输出特性对比:

## 2.最高工作温度



在200°C时，coolgat仍然还有正常的输出特性，而常规三极管已经没有正常的输出特性了。



# GATH与IGBT性能对比

特性	参数/类别	IGBT	GATH
鲁棒性	最高电流密度 (A/cm <sup>2</sup> )	800	25000
电流能力	正常工作电流密度 (相对)	1	2
电压能力	过电压尖峰能力	弱	强 2/3 IGBT耐压规范
温度	最高工作温度 (° C)	175	200
成本	成本 (相对)	1	1/3



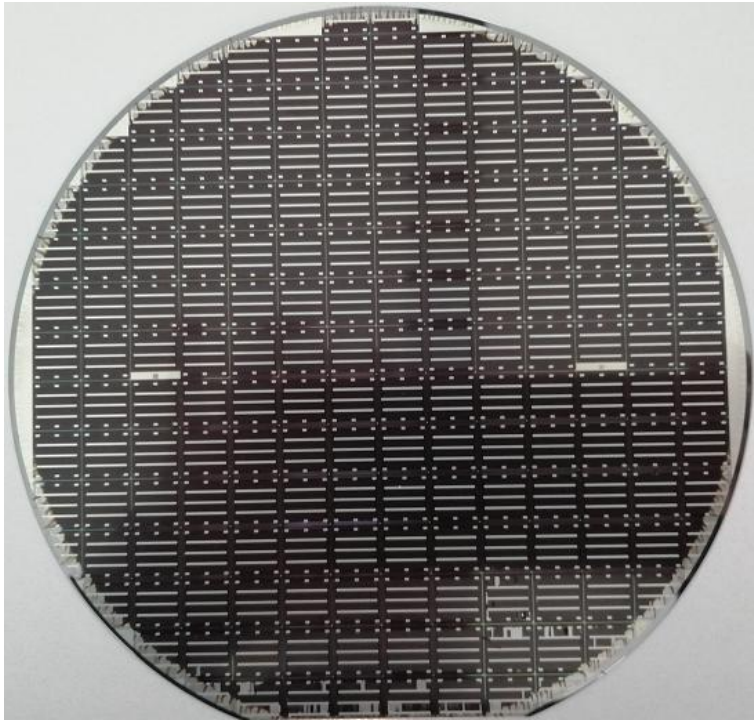
# GATH的产品能力

品名	电压	电流	芯片面积	晶圆
400N25	2500V	400A	15*15	150
200N33	3300V	200A	15*15	150
150N45	4500V	150A	15*15	150
100N65	6500V	100A	15*15	150
150N80	8000V	150A	25*32	200

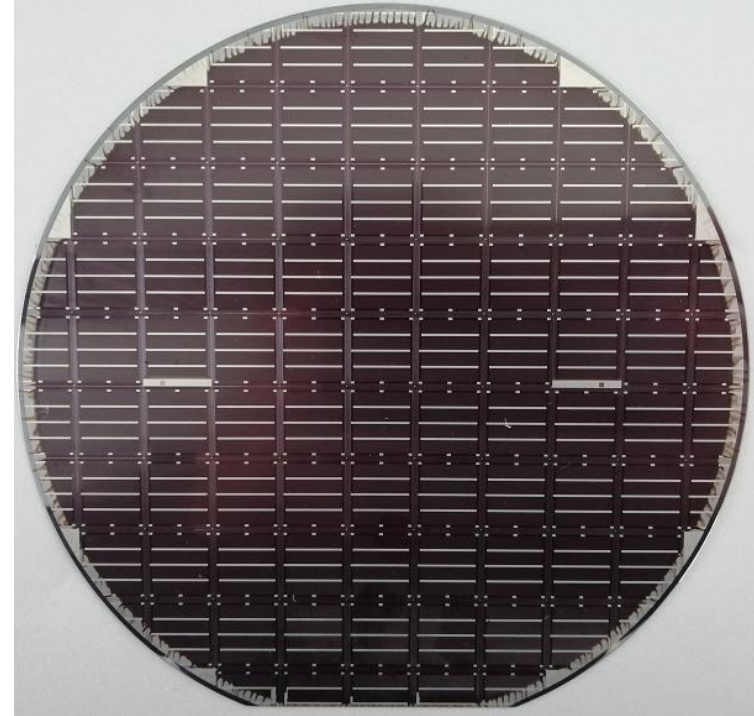


# 联栅产品

最大单颗管芯15\*15



**1700V 200A**



**1200V 600A**

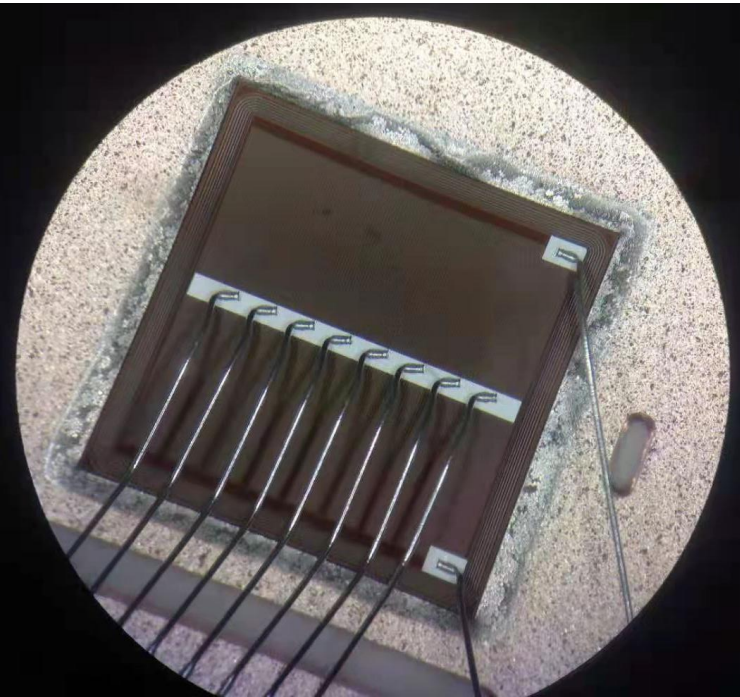
**1700V 400A**

**应用于风电、光伏、大功率电源、变频器等**



# GATH产品

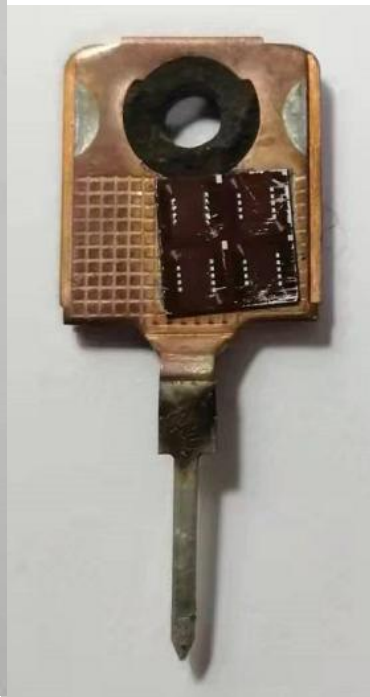
成品率96%以上



1700V 100A芯片



1700V 100A单管



1200V 50A/150A模块

## 细分市场一、柔性直流输电

1、IGBT是柔直的核心（十四五，4000亿，功率器件450亿，结构性机会）

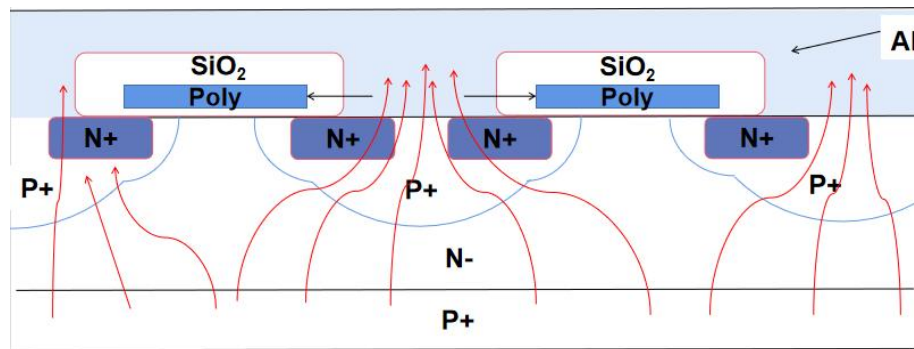
2、IGBT的问题：功率容量难再提高，故障电流耐量低

芯片机理：IGBT过流失效；结构：IGBT闪烁

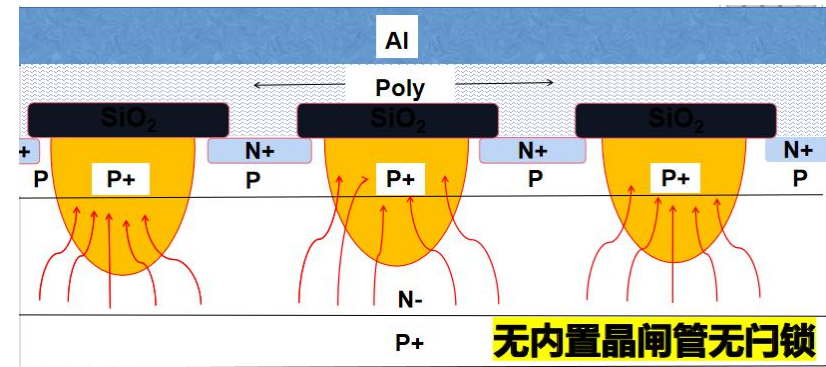
3、GATH替代IGBT：电压8000V；电流能力大2-3倍；故障率降低一个数量级

GATH是微细单元的全控型晶闸管：8000V 6000A GATH替代4500V 3000A IGBT

4、国网孵化：GATH驱动开发，1700V模块检测（为高压大电流、柔直应用预备）



IGBT闪烁局限 结构：绝缘栅和内置晶闸管



联栅的突破：微细元胞

# 产业链合作

## 国网双创平台（研联院）

## 与直流所合作孵化光伏风电项目



(本页无正文, 为各方签字盖章页)

甲方: 全球能源互联网研究院有限公司 (盖章)



法定代表人或委托代理人: 李进宇 (签名)

日期: 2021年12月8日

国网未来科学城众创空间

(国网联研院大中小企业融通发展平台)

入驻协议

附件 3: 《双创孵化培育基金定向委托类项目联合申报意向书》

双创孵化培育基金定向委托类项目联合申报意向书

成果转化、产品销售等产生的收益, 由合作方共同享有。合作方可以通过协商的方式确定收益分配的比例。

(五) 合作方单位及其有关人员均应遵守《中华人民共和国保守国家秘密法》和科学技术《科技保密规定》的要求, 负有为其他合作方的技术保密的责任, 并应采取相应的保密措施。本意向书申请的项目涉及到的合作方技术秘密成果, 未经其它合作方同意, 均不得向第三方泄露(包括的技术、用途以及图片、视频资料等)。

乙方: 杭州优捷敏半导体技术有限公司 (盖章)



法定代表人或委托代理人: 李进宇 (签名)

日期: 2021.12.8

项目名称: 新一代功率器件——联栅功率管的应用开发及市场化

申报单位: 国网智能电网研究院直流输电技术研究所

杭州优捷敏半导体技术有限公司

申报日期: 2022年1月

单位名称: 国网智能电网研究院  
直流输电技术研究所

单位名称: 杭州优捷敏  
半导体技术有限公司

(盖章)

年 月 日



(盖章)

年 月 日



2021年12月



# 三方合作开发GATH

## ●联研院直流所（功率驱动技术研究室）

- 从事特高压直流输电、柔性直流输电、直流电网等领域的基础理论研究、关键技术开发、核心装备研制的高端研发机构。先后承担了“973”、“863”和“科技支撑”等数十项重大科研项目。具有大功率电力电子实验室，北京市和国家电网公司重点实验室等实验条件。

## ●北京联研国芯

- 国内中大功率IGBT研发与销售，国际领先的高压大功率可关断器件及驱动装置试验与开发的国家重点实验室，专业而严格的等效试验和验证。联研国芯的IGBT驱动系列产品广泛应用于矿用变频、造船、轨道机车牵引、SVG领域，以及风电、光伏发电、储能及等新能源领域。

## ●杭州优捷敏半导体

# 我们要解决的问题

联栅  
功率管

GATH

国网直流所  
功率驱动技术  
研究室

联研国芯

GAT

GATH  
驱动

GAT  
驱动

特高压、柔直

高铁、轨道交通

变频器、  
电机电驱、风电

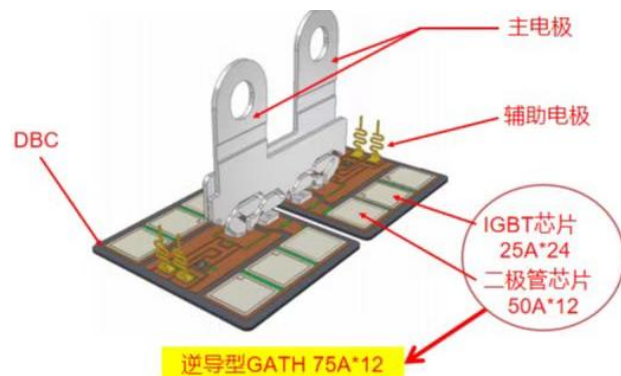
逆变器 (光伏)

充电桩 (快充)

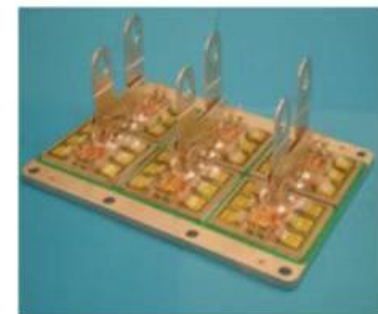
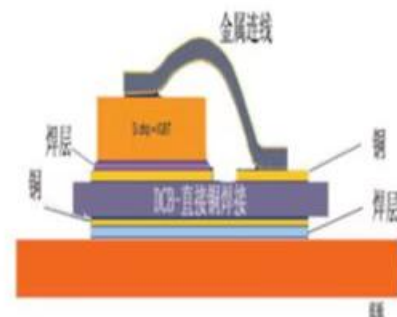
.....

## 细分市场二、高铁

- 1、中车3300V IGCT成熟应用，IGBT进口：ABB（瑞士）、英飞凌（德国）、三菱（日）、日立（日）（卡脖子）
- 2、渠道：永济电机（中车）、55所（青岛四方）
- 3、产品研发规划：工艺成熟，芯片设计、外延设计可以采用4500V（柔直）同款，最后减薄，形成3300V产品。
- 4、研发进展：预计3个工程批，生产定型
- 5、6500V 600A (200A) 芯片成本1/10



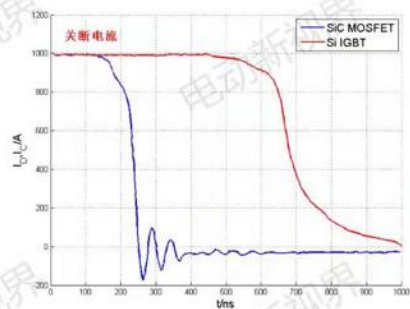
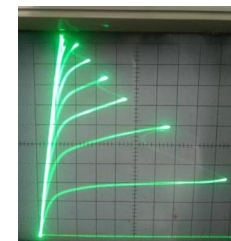
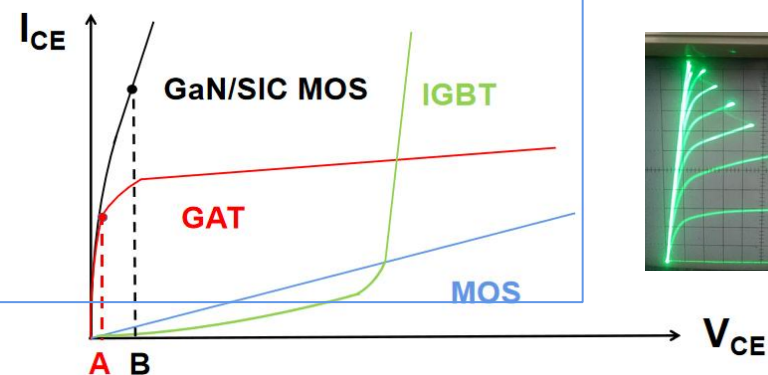
6500V IGBT模块产品内部结构



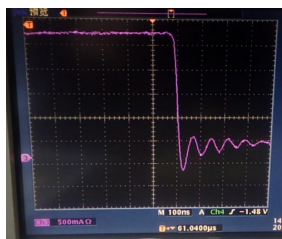
# 项目三 GAT光伏成套装置（新能源汽车、电动汽车快充、光伏储能方向）

- 随着新能源用电的发展，整机提出高功率密度、高效率、低成本的要求。
- 现有技术问题：
  - MOS 面比电阻大，静态功耗大（与电压成正比）
  - IGBT 拖尾，动态功耗大，0.7V弯头，静态功耗也大
  - SIC MOS，贵，未规模使用
  - 国网孵化项目：解决GAT驱动问题及工程样机

功率管的电流输出特性曲线



IGBT/SIC MOS关断波形

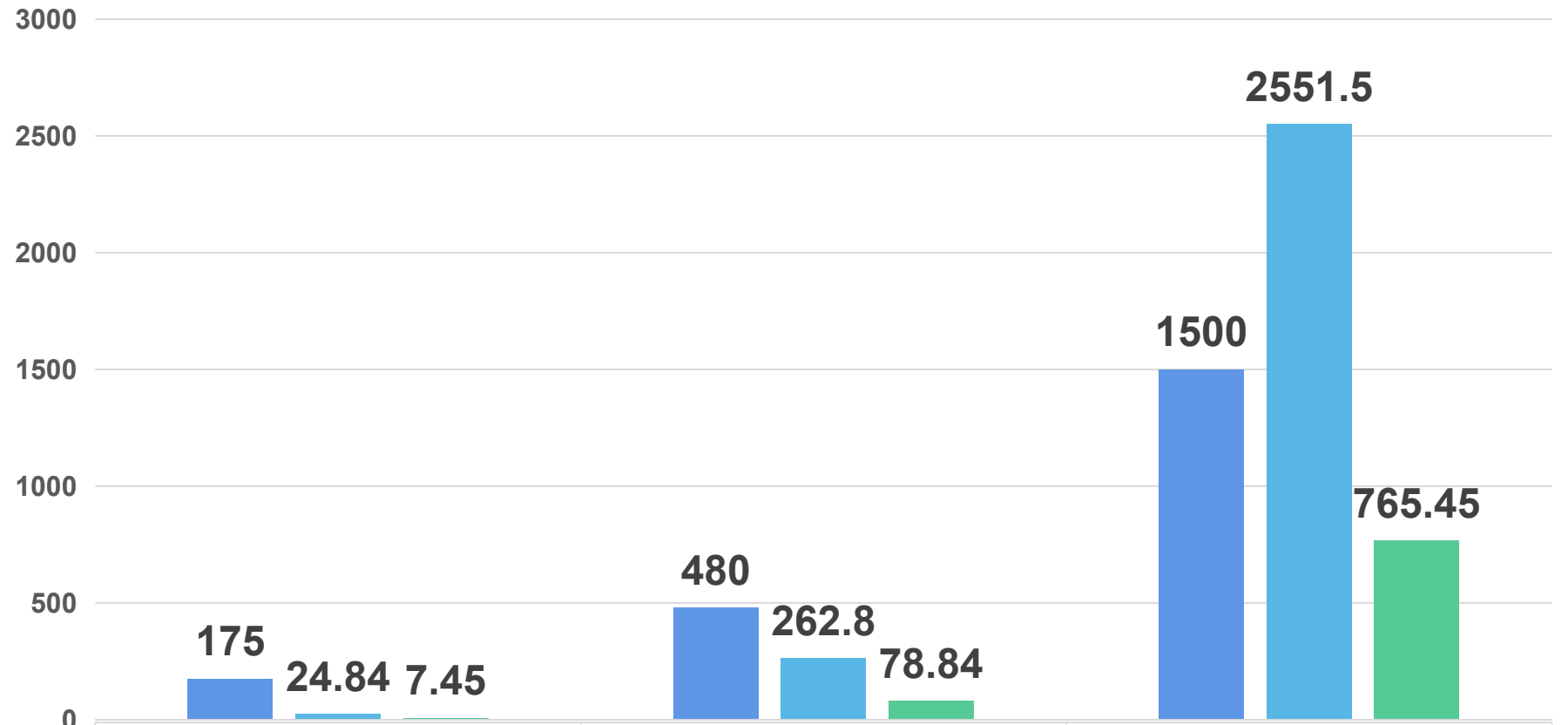


SIC MOS电流波形



GAT电流波形

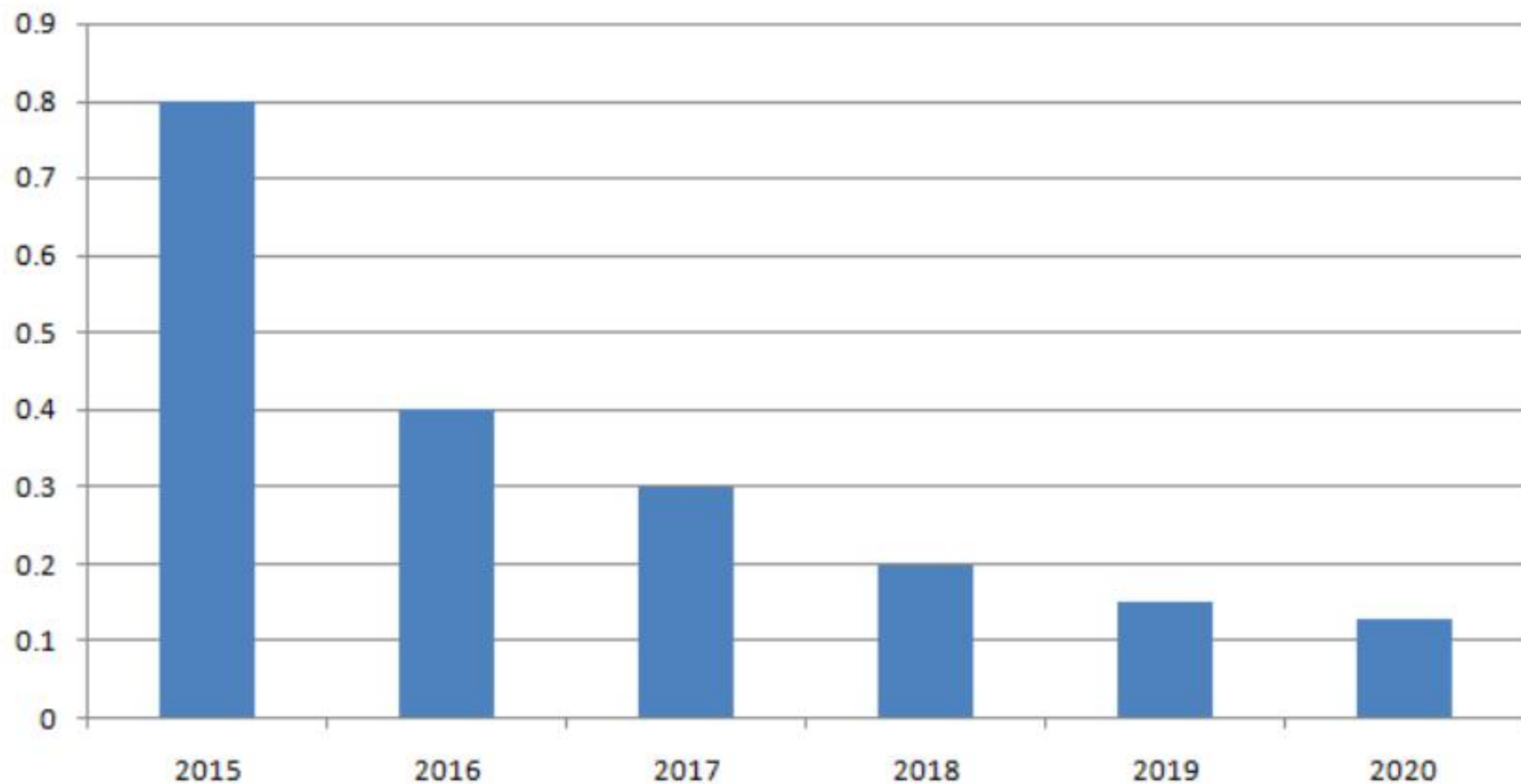
# 电动汽车充电桩功率器件十年产值趋势预测表



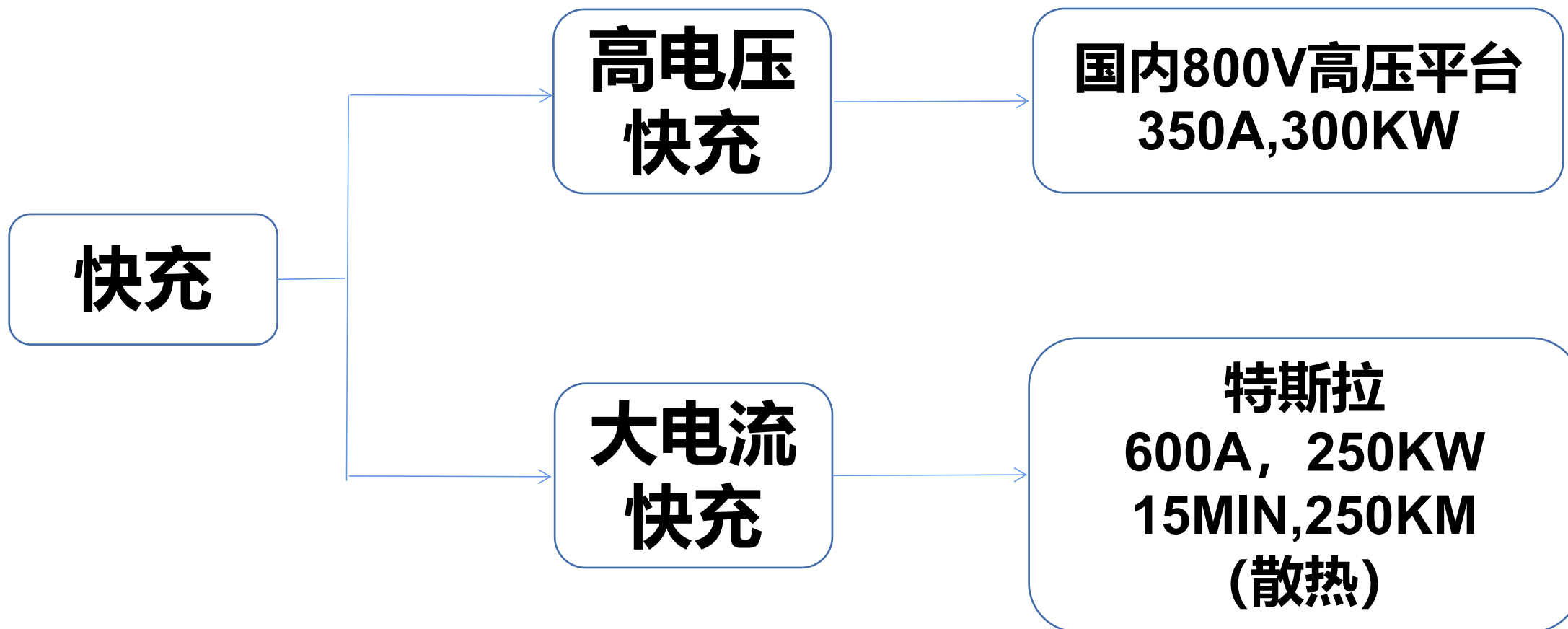
	2020年	2025年	2030年
■ 充电桩保有量 (万台)	175	480	1500
■ 充电模块累计产值 (亿元)	24.84	262.8	2551.5
■ 功率器件累计产值 (亿元)	7.45	78.84	765.45

■ 充电桩保有量 (万台) ■ 充电模块累计产值 (亿元) ■ 功率器件累计产值 (亿元)

## 2015-2020充电模块价格趋势



# 电动车800V高压快充方案



# 800V高压平台趋势下，半导体元器件升级需求显著

- 耐压、损耗、抗高温
- 功率器件耐压等级1200V
- MOS 做不了高压
- IGBT 高压下开关/导通损耗急剧升高，成本上升、能效下降
- SIC MOS 贵
- GAT满足800V快充对芯片的需求+低成本



# 新能源汽车充电桩（快充）领域功率器件的新技术——GAT

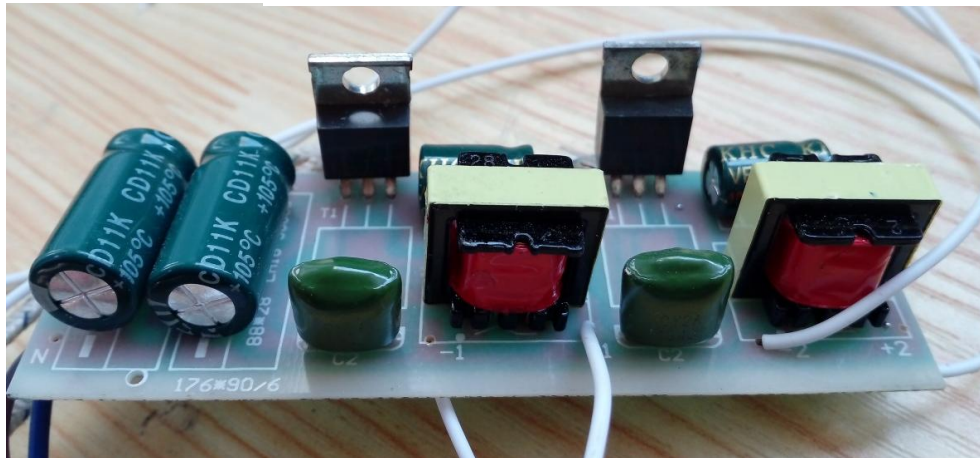
产品类型/600V	MOS	IGBT	SIC MOS	GAT	
面比电阻 $m\Omega \cdot cm^2$	100	轻载电阻 很大	3.5	3	
实用电流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	1	1	2.5	0.5	
导通压降(V) (T=25°C)	10	1.6	0.87	0.15	驱动功耗0.16
				总共0.31	
导通压降(V) (T=175°C)	20	1.9	1.74	0.22	驱动功耗0.16
				总共0.38	
拖尾电流 (ns)	<100	500-1000	<100	<100	
实际工作频率 (KHz)	50-200	10-20	20	50-100	
最高工作温度 (°C)	200	150-175	150-175	200	
最大电流密度 (A/cm <sup>2</sup> )	500	800	——	10000	
芯片相对成本	1	1.5	15	0.5	

# GAT样机温升对比测试

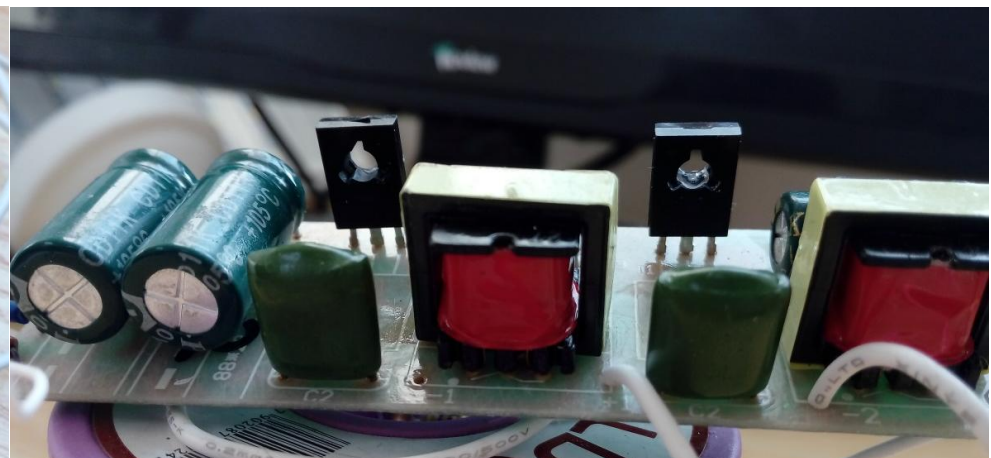
表3 LED方案温度测试

GAT/BJT对比	品名	温度(°C)	芯片面积(mm <sup>2</sup> )	封装	温度降低(°C)	温升降低比例(%)	功率
GAT	UG07	87	1.4*1.4	TO126铜	23	21%	40W-50W
BJT	13005	110	2.52*2.52	TO220铜	—	—	45W

80瓦 LED 驱动电源方案 (并联2个40W)



BJT方案

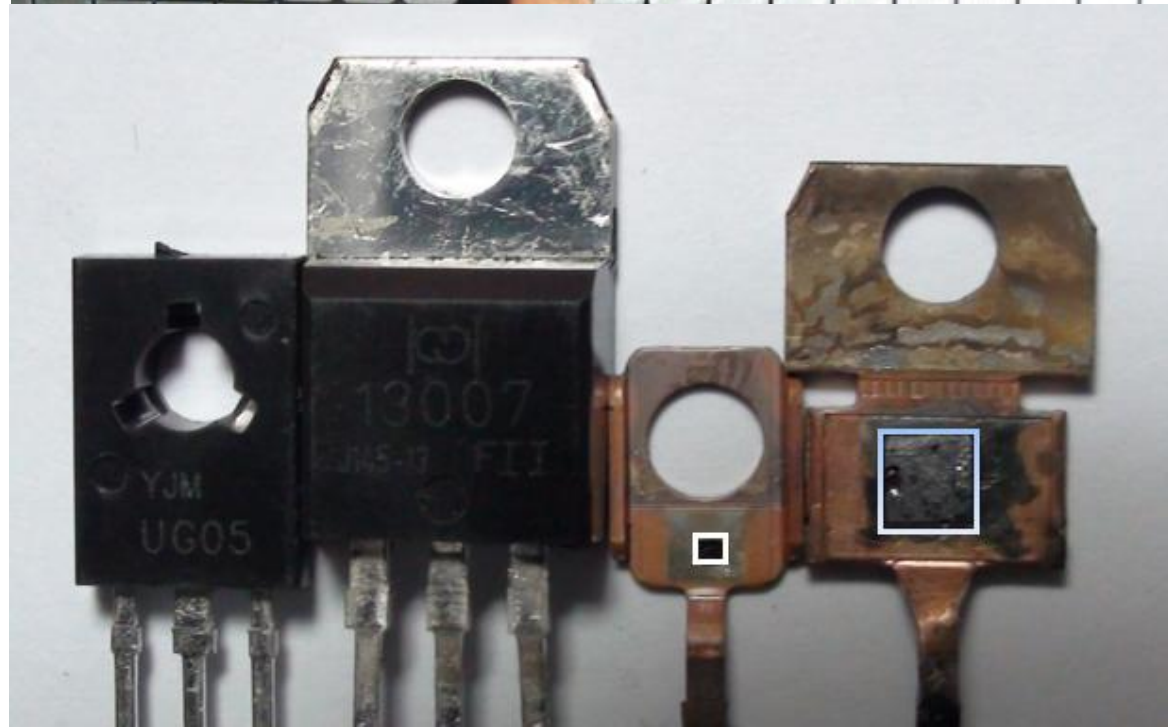
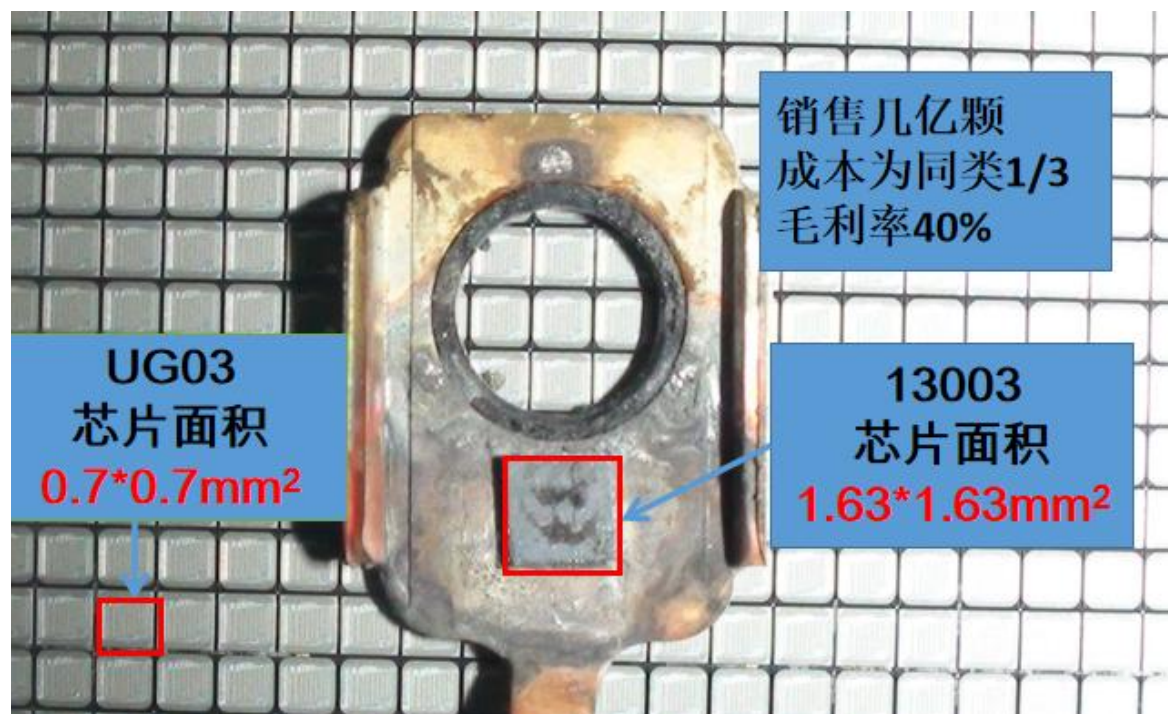


GAT 方案

# 前期产品GAT基础

- 应用场景：电源、节能灯领域
- 已销售：几亿颗
- 优势：发热低、寿命长、小芯片、小封装、低成本

类型	GAT	BJT	BJT
品名	UG407	13005	13007
芯片尺寸	1.4*1.4	2.6*2.6	3.3*3.3
成本/价格	0.18元	0.4元	0.65元



# 联栅功率管实际替代性

**优势:高可靠、高能效、低成本**

**劣势: 驱动比电压型功耗大**

**替代性: 芯片要求可靠性高、昂贵领域  
(高端进口90%)**



知识产权

04

# 专利清单

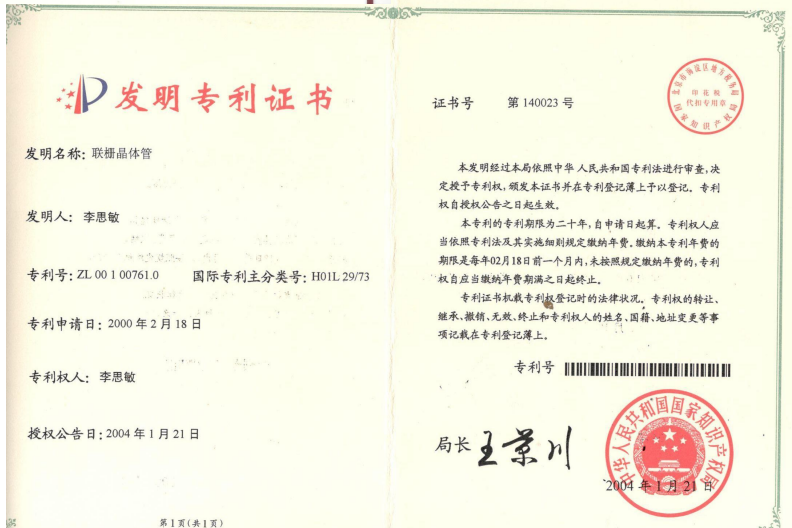
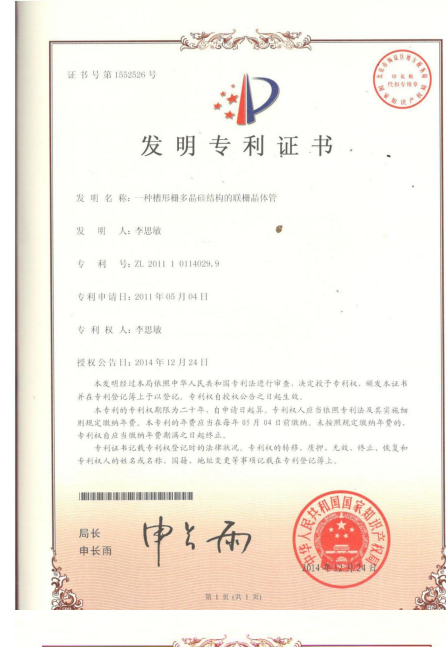
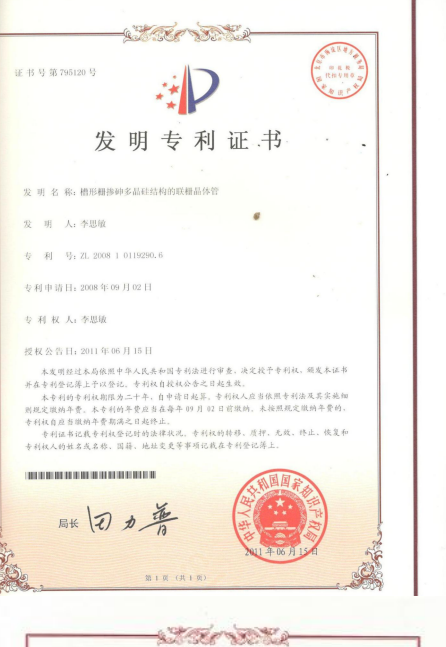
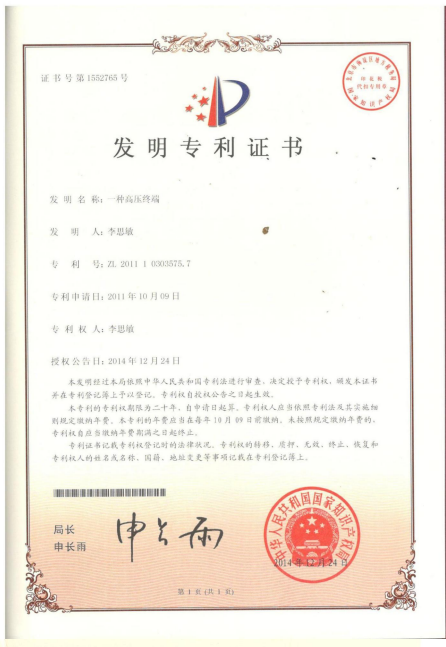
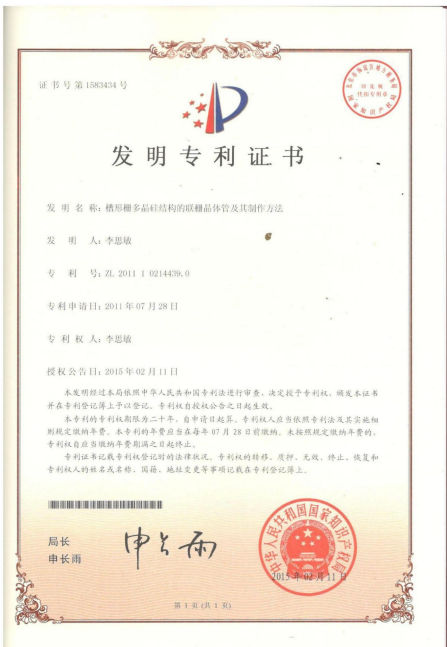
编号	申请号	名称	申请日期	法律状态
1	CN201810756090.5	一种门极可关断晶闸管及其制造方法	2018.7.11	授权PCT
2	CN201801756210.1	一种碳化硅门极可关断晶闸管及其制造方法	2018.7.11	授权PCT
3	CN201810756251.0	一种碳化硅双极型晶体管及其制造方法	2018.7.11	授权PCT
4	CN201710604859.7	一种双极管	2017.7.24	授权
5	CN201610443158.5	一种平面型多晶硅发射极晶体管及其制造方法	2016.6.20	授权
6	CN201410347507.4	双高阻层槽形栅多晶硅结构的联栅晶体管	2014.7.21	授权
7	CN201110303575.7	一种高压终端	2011.10.09	授权
8	CN201110214439.0	槽形栅多晶硅结构的联栅晶体管及其制作方法	2011.07.28	授权
9	CN201110114029.9	一种槽形栅多晶硅结构的联栅晶体管	2011.05.04	授权
10	CN200810119290.6	槽形栅掺砷多晶硅结构的联栅晶体管	2008.09.02	授权



# 知识产权

# 9项国内发明专利 3项国际发明专利

# (基础专利)





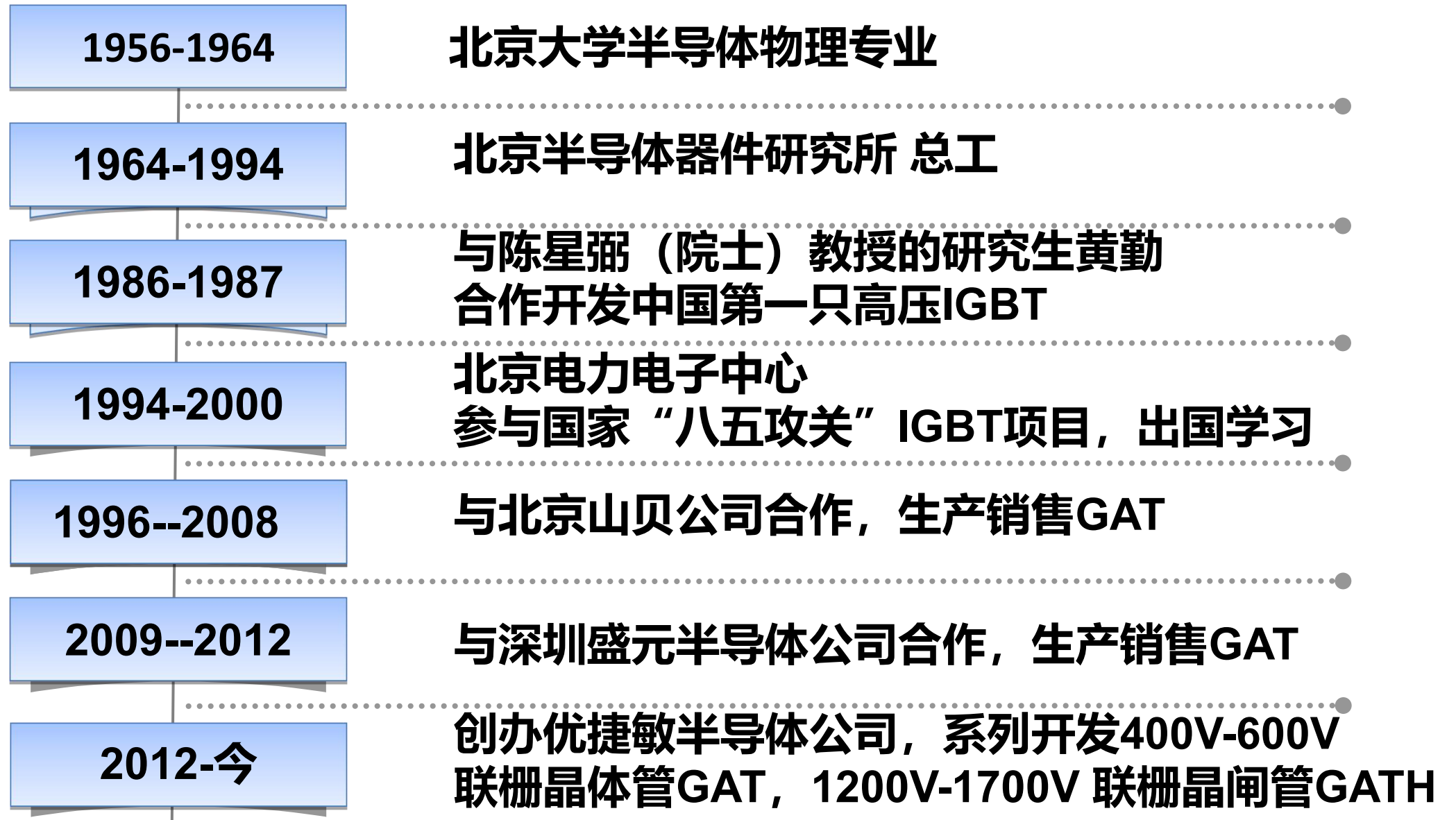
核心团队

05



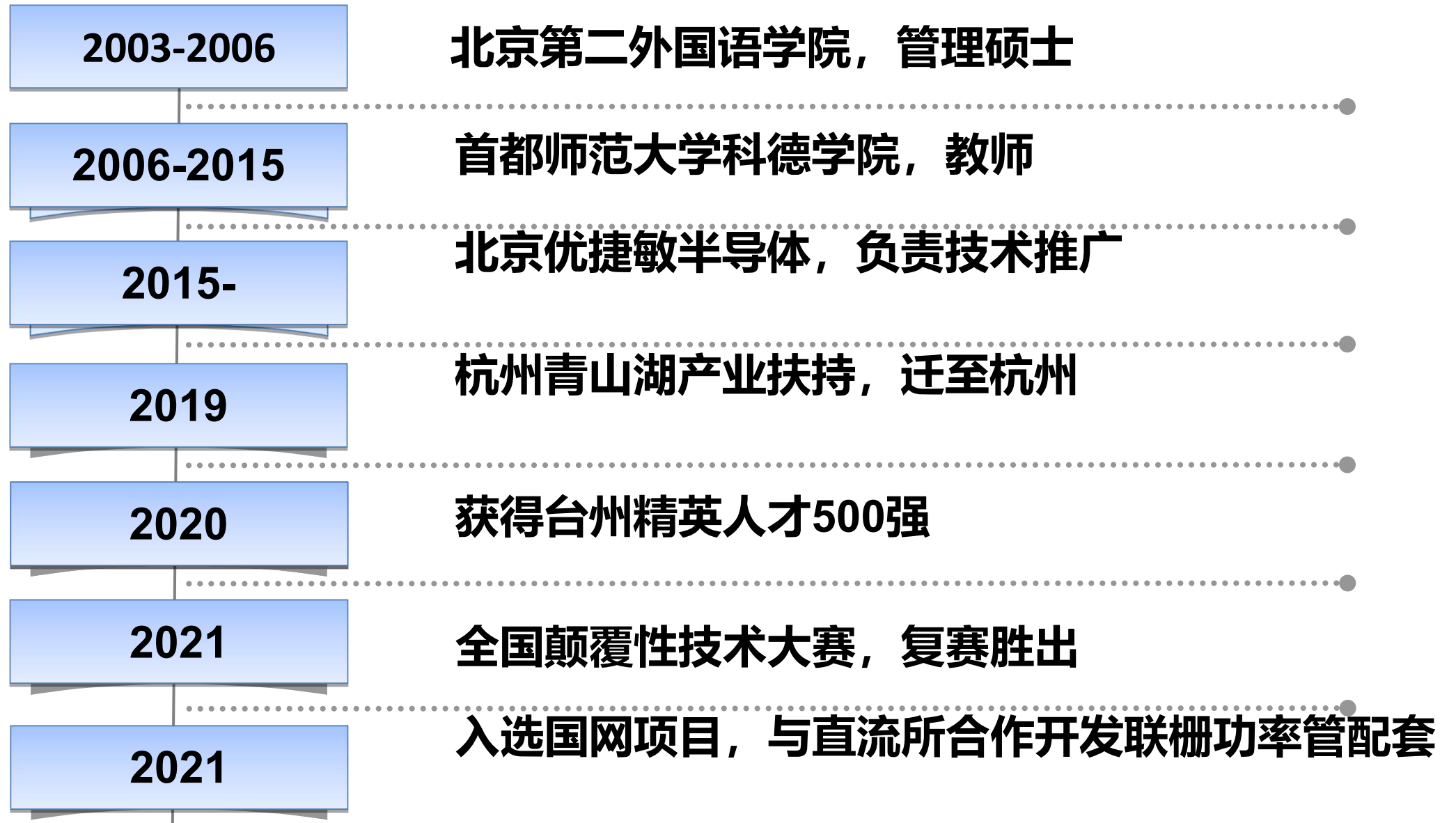


# 技术创始人：李思敏





# 公司创始人：李连宇





# 核心团队

创始人  
李思敏

芯片工艺  
郝菊

沈阳工业大学电子科学与技术  
中电集团47所15年  
上华工艺整合5年  
负责浸塑镀膜，氧化扩散、光刻工艺

芯片设计  
高秀秀

西安理工大学硕士，中级研发工程师，  
厦门元顺微ESD,TVS设计，仿真产业化，  
厦门三安集成电路，SIC JBS设计。  
从事SIC MOSFET、JBS、栅氧可靠性  
功率器件设计研发

运营  
李连宇

供应链管理  
许清鹏

市场  
蔡刚

# 产业链合作

国网智研院双创孵化

国网直流所（牵头）

杭州优捷敏（芯片）

北京联研国芯（驱动）

华亿隆科技有限公司（逆变器样机）

深圳市渐佳科技有限公司（试产）

世强（元器件分销商）

# 逆变器团队

- 1、市场团队
- 蔡刚（市场总监）
- 深圳市华亿隆科技有限公司（整机应用、试产单位）
- 深圳市渐佳科技有限公司（华南总经销）
- 浙江贝诚电子科技（华东代理）
- 重庆洪能电子（四川代理）
- 2、高校合作：
- 浙江大学电气工程学院，电力电子技术研究所
- 天津理工大学电气电子工程学院
- 3、专业电商、网站：
- 华强北、世强电子、电源网、北极星风力发电网等



# 变频器团队

地方支持

芯片设计

优捷敏半导体

封装设计

江门宇之光

驱动研发

北京联研国芯

应用研发

青铜剑汇川

销售团队

乐清云华

深圳海飞乐

长三角工程师创新中心



盈利模式

06

# 以充电桩为例，GAT给产业链带来性价比的提升



● 功率管成本对比

SJ MOS	IGBT	SIC MOS	GAT
--------	------	---------	-----

● 充电模块的节约

25元	50元	100	5元
-----	-----	-----	----

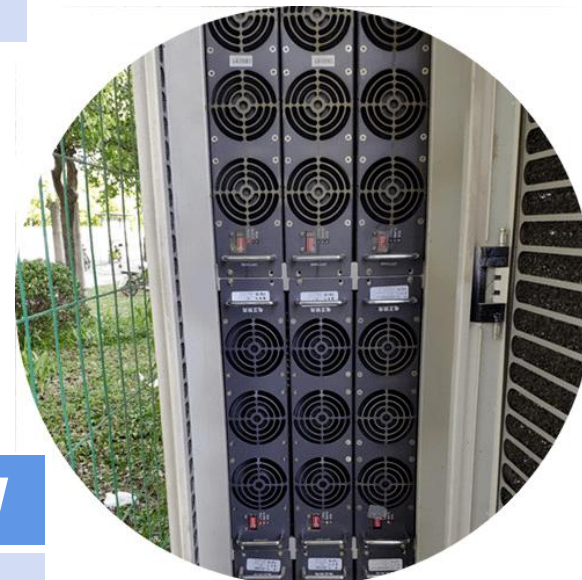
● 功率提高20KW-30KW，优化散热系统，体积减小

● 整机的节约：以180KW充电桩为例

● 减少25%运营成本，减少充电桩体积

● 芯片毛利40%以上

充电模块功率	15KW	20KW	30KW
功率模块数量	12个	9个	6个







# 发展规划

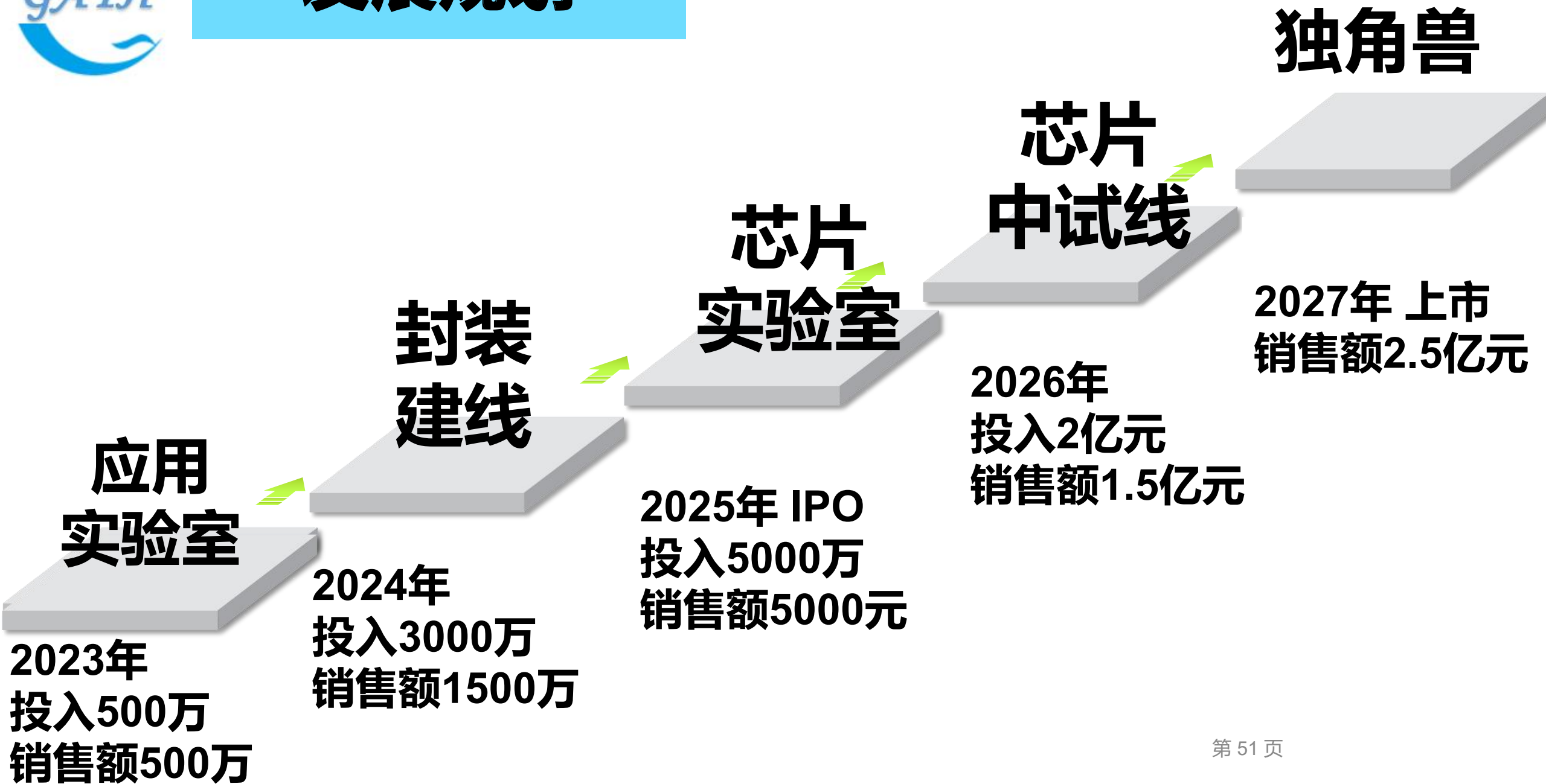
# 07

# 目标/愿景

- 近期目标：科创板
- 中期目标：独角兽
- 长期目标：新一代技术（国际前10）



# 发展规划





# 应用实验室建设——固定资产投资计划

名称	用途	资金需要
5000V/600A 动态参数测试系统	应用实验室	300万
8500V/600A 静态参数测试系统		
8500V/6工位 高温反偏测试系统		
600A/6工位 功率循环及热测试试验台		
精密高温试验箱		
气候模拟试验箱		
稳态湿热试验箱		
温度冲击试验箱TC		
盐雾试验箱		



# 封装固定资产



**各种封装机台400多台，封测机台200多台**



# 基础设施建设：实验室+生产线

- 1.应用实验室（500万）
- 2.芯片实验室（5000万）
- 3.芯片产线（中试线2亿）
- 4.SIC产线（20亿）
- 实验室建设：初期配套市场开发和研发需求，逐步完善申请国家重点实验室
- 产线建设：初期配合研发需要做中试线，随着产能增加逐步完善。
- 目前做硅产品，碳化硅联栅结构有基础专利，可做技术升级储备。

# 研发团队建设

- 应用团队：
  - PI（底层结构设计）5人； 应用开发：10人； 技术支持：30人
- 芯片团队：
  - 芯片设计5人； 芯片工艺8人； 研发管理3人（跟线）
- 测试：3人
- 知识产权：2人



# 研发规划

# 08



# 研发规划

- 由芯片底层架构的创新带来芯片产业链一系列的创新，产业化推广是系统工程。
- 涉及功率器件产业链需要配套系统化的研发方向：
- 芯片工艺、芯片设计、芯片底层应用开发、应用领域配套线路（BOM单）开发、测试、封装、标准制定等
- 建设包括：基础设施建设，团队建设，组织建设等方面

# 建立并完善产学研体系

- 现有高校资源：

- 1、芯片设计、工艺

- 西安理工大学 自动化与工程学院

- 中科院微电子所

- 2、封装测试

- 中科院电工所研究所（联合北大IGCT工艺平台）

- 3、应用开发

- 北方交通大学电气工程学院（IGCT应用）

- 浙江大学电气工程学院，电力电子技术研究所

- 天津理工大学电气电子工程学院

- 4、碳化硅国家重点实验室

- 湖南大学

# 产品研发规划

产品型号	电压	电流	应用场景
150R4500	4500V	150A	柔直
200R3300	3300V	200A	高铁、风电、高压变频、矿机、船舶、军工等
100R800	800V	100A	超充等替代1200V IGBT
600V系列	600V	200A/300A	光伏、储能等替代单管MOS/IGBT/SIC MOS



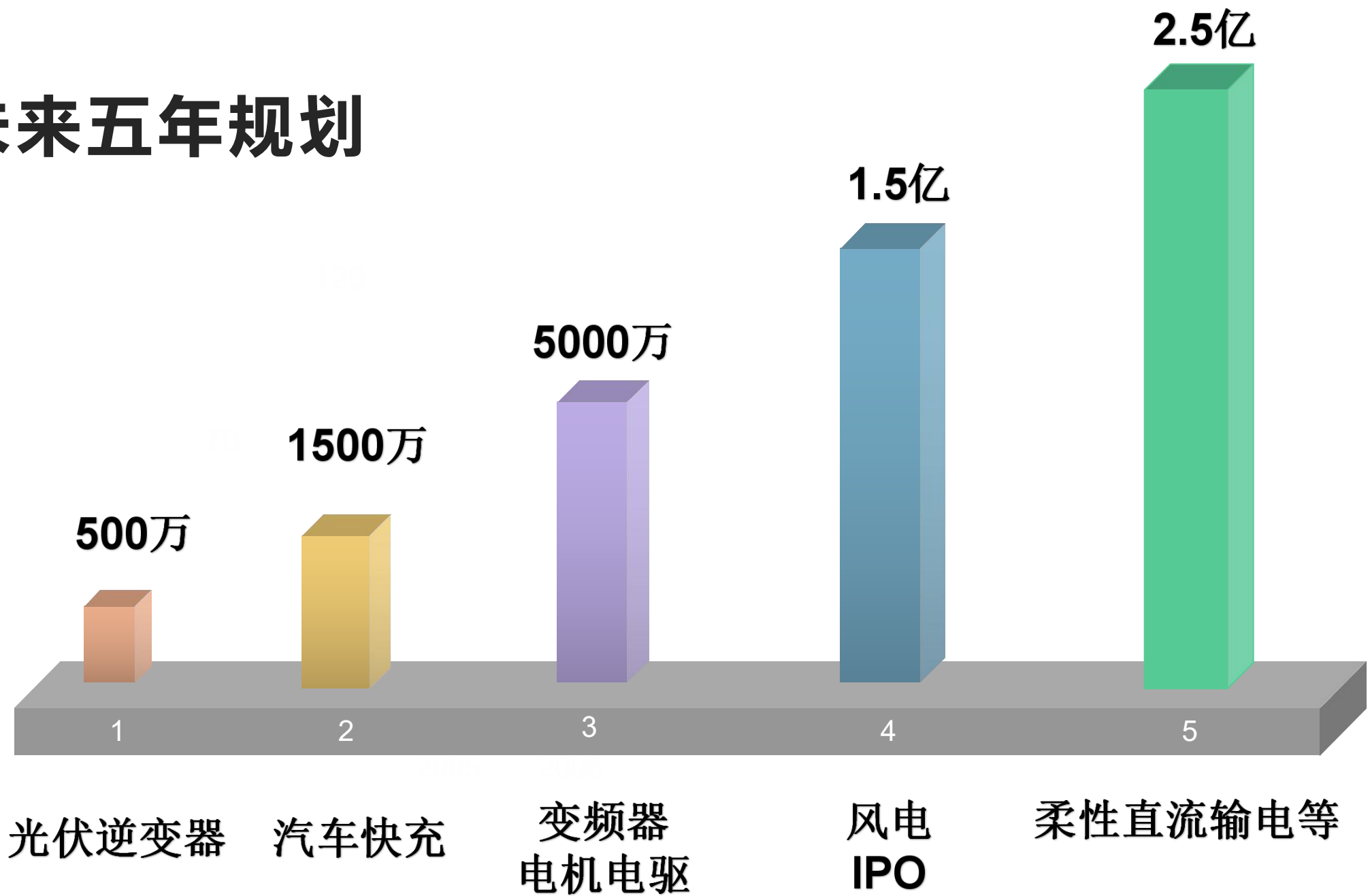
# 市场规划

# 09

# 业务拓展（万元）

市场/年度/业绩	1	2	3	4	5
逆变器	500	1000	2000	3500	5000
充电桩、充电模块等	——	500	2000	7500	10000
风电、电机电驱、变频器等	——	——	1000	3000	5000
柔性直流输电、高铁等	——	——	——	——	5000
合计	500	1500	5000	15000	25000

# 未来五年规划



# 产业配套，产业联合

- 细分市场纵向产业链
  - 昱能科技
- 横向授权
  - 斯达嘉兴（模块）
  - 宁波达新（芯片设计）



# 资金规划

# 10



# 融资需求：1000万，出让10% 股份

项目	金额	备注
芯片研发	100万	3300V (高铁) 4500V(柔直)
应用实验室	500万	基础设施300万，人员200万
GAT逆变器试产	200万	UG613逆变器样机试产
汽车快充试产	100万	UG617充电模块试产
专利布局	100万	申请200-300个国内外专利
合计	1000万	

创新卓越

共赢发展

谢谢!



优捷敏半导体