

电子科技大学电子工程学院《面向 5G 的 CMOS 毫米波多通道芯片设计》

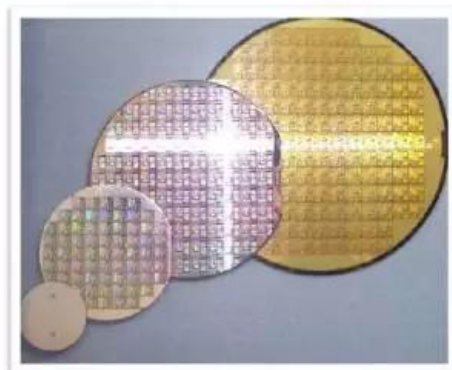
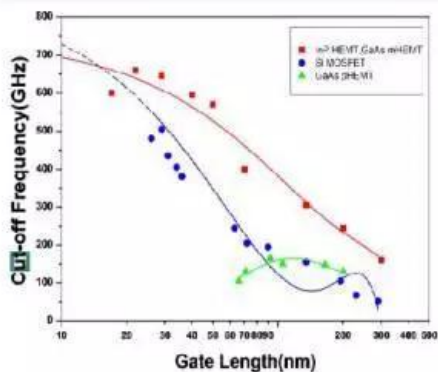
其研究团队认为：

- 1、从工艺角度：CMOS 工艺可媲美 III-V 族工艺，CMOS 毫米波器件同样适用于 5G 高频应用且具有低成本的优势；
- 2、从 5G 高频段应用角度：CMOS 毫米波芯片主要面临硅衬底器件模型建模，电路噪声增加，功放增益降低，多通道相控阵集成和传统封装损耗过大等几个方面的挑战。针对上述挑战，电子科技大学及国内外研究机构已有相应的解决方案；
- 3、从产业现状角度：认为国内集成电路产业投资及人才缺口仍然比较大，期望国家针对集成电路产业能有更大投资额，同时期望更多有志青年投身集成电路产业。

CMOS工艺 vs III-V族工艺

- CMOS工艺（几乎所有消费电子）：
互补金属氧化物半导体
- III-V族工艺（传统微波工艺）：
GaAs、GaN、InP
- CMOS工艺可媲美III-V族工艺：
 F_t & $F_{max} > 100$ GHz
- CMOS工艺的优势：低成本

	CMOS	GaAs
晶圆尺寸	12寸	6寸
晶圆价格	\$1,000	\$10,000
芯片成本	1X	40X



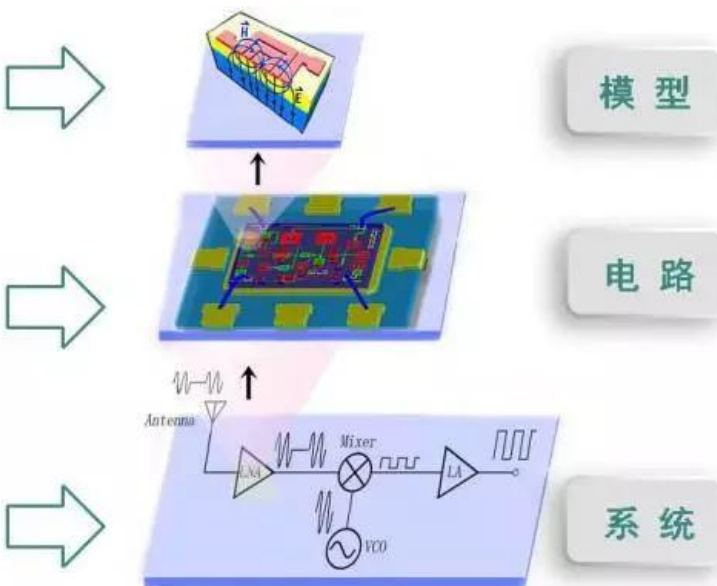
04

硅基毫米波集成电路所面临的挑战

- 硅衬底损耗
- 多层结构
- 器件耦合

- 噪声
- 低击穿电压
- 低直流电压

- 封装
- 大规模MIMO
- 相控阵

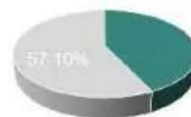


07

人才缺口

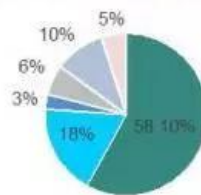
日前，工业和信息化部软件与集成电路促进中心(CSIP)发布的《中国集成电路产业人才白皮书(2016-2017)》显示，目前我国集成电路从业人员总数不足30万人，但是按总产值计算，需要70万人，人才总量严重不足。

国内集成电路人才现状



• 从业人员 • 人才缺口

2017人才招聘需求分析



- 研发类岗位
- 市场销售及客户支持类岗位
- 晶圆制造类岗位
- 封装测试类岗位
- 通用类岗位
- 其他



中电科第五十五研究所《毫米波器件在 5G 中的应用》

介绍了 GaAs 工艺和 GaN 工艺的功率放大器方案以及混合工艺的前端模块方案。

目前毫米波射频前端主要有 Si 全集成和 Si+GaAs 两种技术途径，钱峰副总工对这两种解决方案从性能（EVM、线性度、噪声系数等）、功耗、成本几个方面进行了详细的综合对比，认为 GaAs+GeSi 方案在性价比上更具优势。最后钱峰副总工介绍了中电科 55 所在 5G 毫米波领域所作的工作，作为国内外比较有影响的研究机构，中电科 55 所在毫米波频段拥有一系列产品可以为未来 5G 应用提供丰富选择。

三、毫米波器件在5G基站中的应用

□ 射频前端多种技术方案的比较

各种工艺适合的输出功率范围

工艺技术	P-1	P _{AVE}
GeSi Bicomos/CMOS	≤0.1W	≤10mw
GaAs PHEMT/EPHEMT	~1W	~0.1W
GaN PHEMT	~10W	~1W

*峰均比 10 : 1

毫米波射频前端的解决方案

受制于散热等因素，目前毫米波射频收发前端的方案主要有Si全集成和Si+GaAs两种技术途径，下面我们来具体分析一下：

方案一：参考IBM GeSi 全集成方案

方案二：Si+GaAs方案

Si：采用Si/SiGe工艺实现四/八路幅相多功能芯片；集成了驱动放大器、移相器、可变增益放大器以及必要的数字控制电路。

GaAs：集成高线性功率放大器（PHEMT）、低噪声放大器（PHEMT）、开关（PIN）

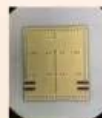
		GaAs+GeSi	GeSi
性能	EIRP	相当	相当
	ACLR	略好	略差
	EVM	略好	略差
	nf	好	差
	功耗	好	差
成本		相当	相当

结论：GaAs+GeSi 方案在性价比上更具有优势。

□ 系列毫米波滤波器产品

● 28.5GHz

通带：27.5~29.5GHz
插损：<3.2dB
带外抑制：31dB@ 26.1GHz, 35dB@ 30.9GHz



28.5GHz滤波器芯片
5.5×6.2×0.4mm³



28.5GHz滤波器装配

● 42GHz

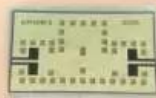
通带：41.1~42GHz
插损：<1.1dB
带外抑制：34dB@ 38.63GHz



42GHz滤波器装配
5.2×3×0.4mm³

● E 波段

通带：71~76GHz
插损：<2dB
带外抑制：25dB@ 78GHz



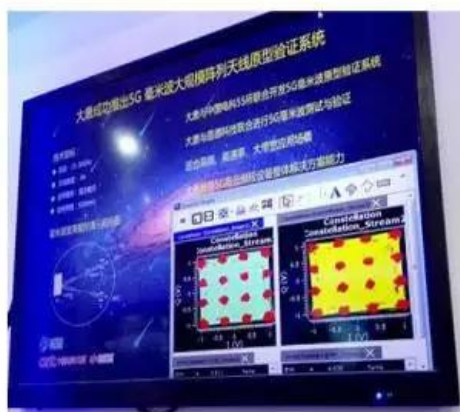
71~76 MEMS滤波器
4.1×2.3×0.4mm³



71~76/81~86GHz MEMS双工器



5G毫米波有源相控阵天线



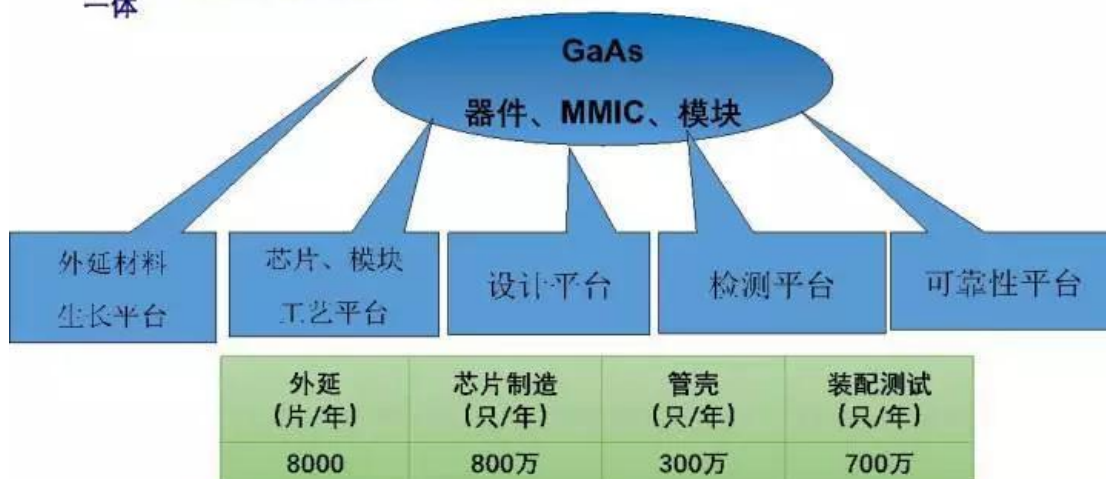
- ◆ 国博电子（55所下属子公司）与大唐移动通信设备有限公司联合开展5G毫米波相控阵系统的研发工作；
- ◆ 与是德科技开展联合测试工作；
- ◆ 与江苏万邦微电子有限公司合作开展波束控制电路研发
- ◆ 在2016年9月份的国际通信展成功现场演示；
- ◆ 目前毫米波有源相控阵天线阵列的研发工作在不断推进。

中电科第十三研究所《5G 时代我们在器件领域的机遇与挑战》

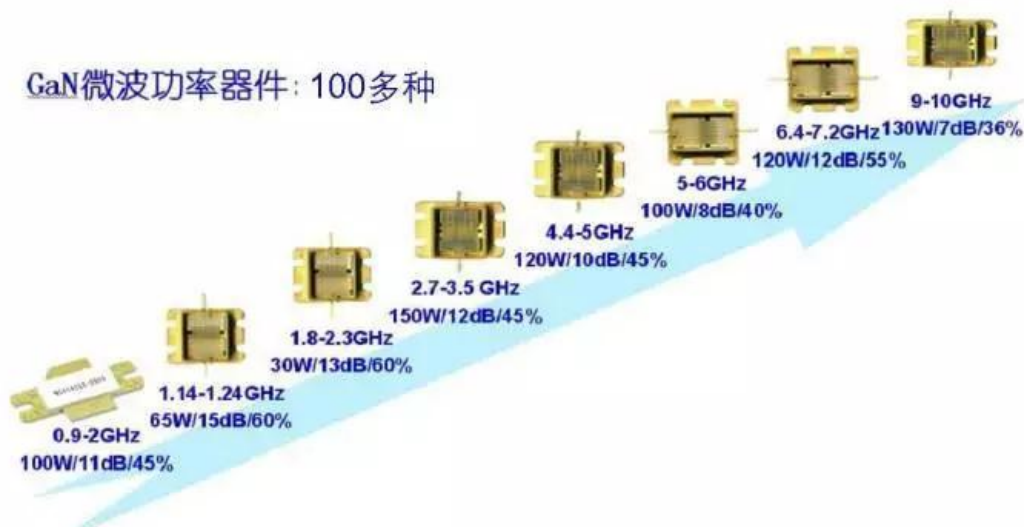
分析了 5G 对器件的应用需求，并重点介绍了 13 所在 5G 领域具备的技术与能力，以及未来发展思路。目前 13 所已经建成国内首家含材料外延的完整的 4-6 英寸 GaAs 产线及 4 英寸 GaN 产线。GaAs 产品含 MMIC、器件和多功能封装电路三种形式，技术指标达到国际先进水平，多个产品型号可替代有关国外公司产品。GaN 产线集材料外延、工艺加工、电路设计、封装、测试、模块、可靠性试验等于一体，部分产品已经和国外同类型的产品性能相当。要志宏副总工坚信随着国内第三代半导体技术产业的快速发展，5G 时代国内半导体产业必然会占有重要的一席之地。

(一) GaAs产业发展情况

集砷化镓材料外延、模型、工艺加工、电路设计、封装、测试、模块、可靠性试验于一体



GaN微波功率器件: 100多种



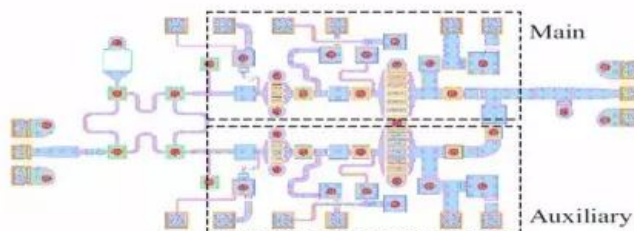
3、5G 毫米波基站功放开发状态

2016年已开发完成并实现小批量供货的产品

工作频率 (GHz)	饱和功率 (W)	饱和效率 (%)	已发货 (只)	新需求 (只)
28	5	31	K级	K级
39	4	26	K级	K级

目前5G毫米波芯片研发工作重点

- 紧跟用户需求，研制其它新频段需求的毫米波功放。
- 毫米波Doherty功放单片是2017年需要重点跟进和解决的关键技术。



信应用的元器件自主研发》

分析了 5G 移动通信对元器件的需求以及元器件自主研发方案，认为 5G 移动通信的特征决定系统中将应用高中频采样技术、射频直采技术以及收发综合一体化芯片。同时，多功能、宽带、高集成度、低功耗、数字可编程器件，宽带、低噪声、数字/模拟电路的 RF IC，高传输速率的光收发器件，高频化、宽带化、高功率化和小型化的滤波器，以及损耗低、精度高、尺寸小的磁性器件将大量应用于 5G 系统。声光电公司目前可以提供以下主要元器件：

ADC：12 位 500MSPS、或者 14 位 250MSPS。

DAC：12-16 位 2GSPS。

波束赋形芯片：工作频率 18GHz。

PLL：8GHz。

MEMS 滤波器：工作频率 $\leq 30\text{GHz}$ ，相对带宽：5%~30%。

FBAR：工作频率 1GHz~5GHz，相对带宽 1%~3%，功率容量 $\leq 2\text{W}$ 。

环形器/隔离器：SIW 和波导两类，频率 24.75-27.5GHz 和 37-42.5GHz。

以及 APD 探测器芯片、DFB 激光器芯片光收发器件等。

针对具有巨大潜力的 5G 市场，声光电公司在现有产品的基础上制定了进一步的自主研发计划，相信一定会在 5G 市场占有一定的份额。

二、5G移动通信与元器件

CETC 中国电科

(一) 5G移动通信将面临的挑战

- **毫米波**：高带宽必须依托高频段，那么5G就很可能使用**超高频段**；
- **微基站**：5G使用的频段较高，受无线电波绕射能力和传播距离的影响，将更多采用站点更多、密度更大的**微基站**来代替**大型宏基站**；
- **大规模阵列天线**：使用毫米波后，天线尺寸也变为毫米级，通信基站可以采用**大规模阵列天线**，实现**多载波聚合**，极大地提升频率效率和传输性能；
- **大规模MIMO技术**：引入阵列天线后，又给**大规模MIMO技术**的实现带来了新的可能，从而实现一对多的并行通信，成倍提高速率，提升系统容量和覆盖范围；
- **波束赋形**：利用通信基站的阵列天线，通过对射频信号的相位控制来实现**波束赋形**，所带来的容量增加就显得非常有价值。

2017/9/14

基于5G移动通信应用的元器件自主研发

10

三、元器件自主研发方案与计划

CETC 中国电科

(一) 声光电公司产品布局

➤ 产品布局



2017/9/14

基于5G移动通信应用的元器件自主研发

21

三、元器件自主研发方案与计划

CETC 中国电科

➤ 声光电公司产品研发能力

- 高速高精度数据转换器研发能力国内领先
- 国内首款GPS/GLONASS/BDS多模卫星导航芯片
- 高性能射频前端收发及信号处理研发能力
- 6英寸0.5μm模拟IC工艺线

- 国内唯一CCD产品研发能力
- 光通信用APD/PIN芯片行业供应商
- 国内领先InGaAs单光子APD (SPAD)
- 国内领先Y波导18GHz高速调制器
- 国际领先宽带大动态微波光子收发组件

➤ 具备声、光、电传感器及其微系统设计工艺能力

- 国内通信导航电子主要供应商
- 国内领先汽车电子生产能力



- 国际先进，国内唯一声表面波器件设计及制造能力
- 40GHz频率合成器设计及制造能力
- 国内唯一石英微机械陀螺、半球陀螺设计及制造能力

- 微波单晶铁氧体设计及制造国内领先
- 磁性材料（稀土永磁、软磁及旋磁）国际先进、国内领先
- 多晶铁氧体器件设计及制造国内领先

2017/9/14

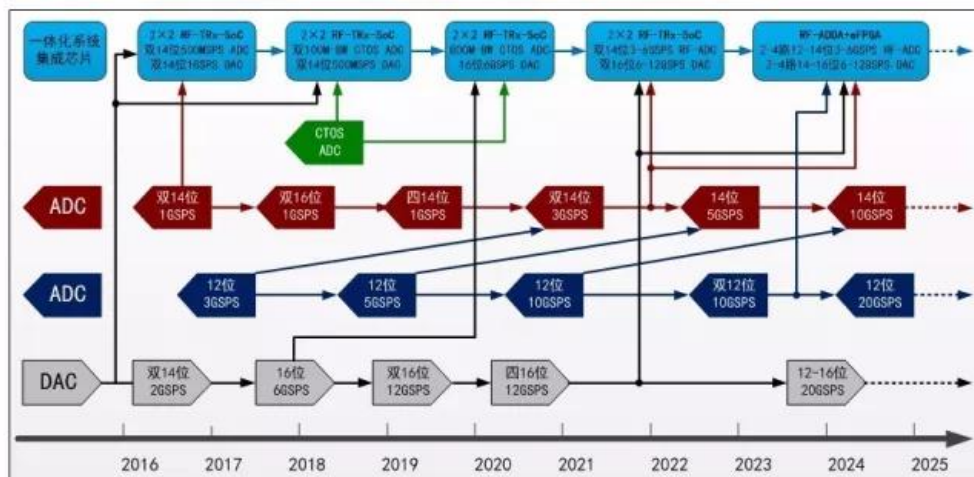
基于5G移动通信应用的元器件自主研发

8

三、元器件自主研发方案与计划

CETC 中国电科

➤ ADC、DAC与射频收发一体化系统集成芯片发展路线示意图



2017/9/28

基于5G移动通信应用的元器件自主研发

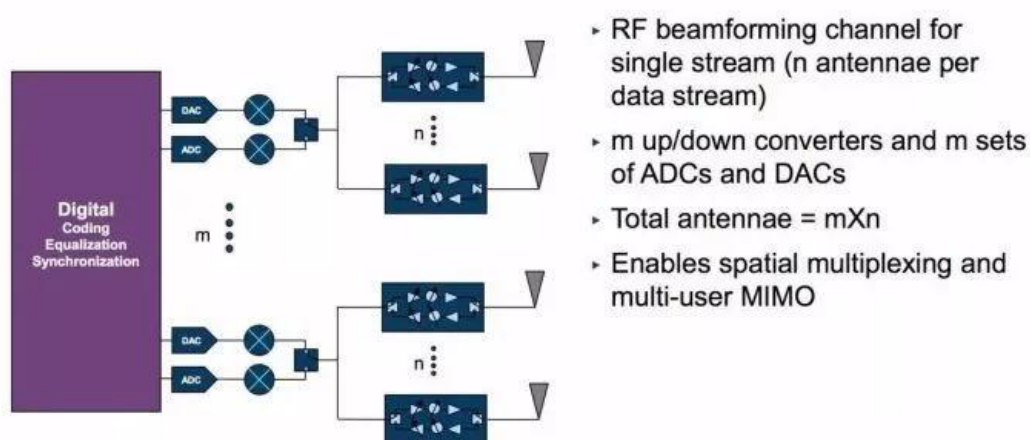
25

ADI 通信业务技术市场《mmWave Massive MIMO 5G Signal Chain Solution》

作为一家专注于数模混合和模拟器件的半导体公司，ADI 提供了 5G 完整的解决方案。ADI 认为由于 5G 高频路损过大，波束赋形将成为关键技术。但和 sub 6G 不同，全数字波束赋形不适用于 5G 高频。目前 ADI 的解决方案是采用一次变频

或者二次变频的架构将信号变到微波,下一步使用更多通道天线单元实现发射所需功率的情况时,将可能实现一个上下变频加上 GaAs 功放的解决方案。最后 ADI 对功耗做了详细比较研究,认为在现在的技术情况下,使用 100~200 左右的天线阵列数时,功率放大器使用 GaAs 工艺总的功耗、性价比是最优的。

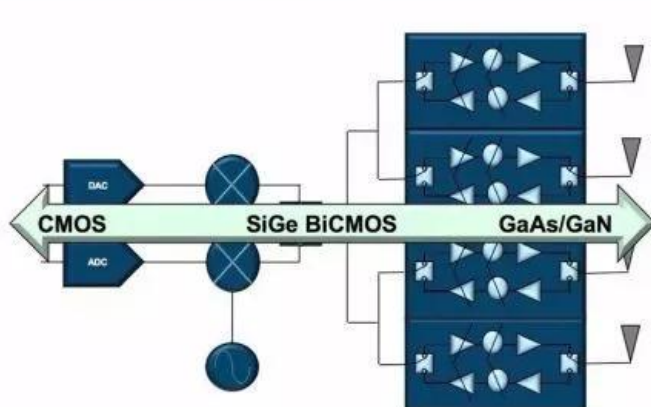
mmwave Hybrid Beam Forming



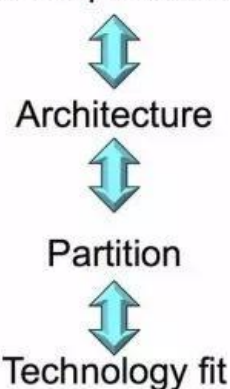
4

ANALOG
DEVICES
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

mmwave Radio Technology

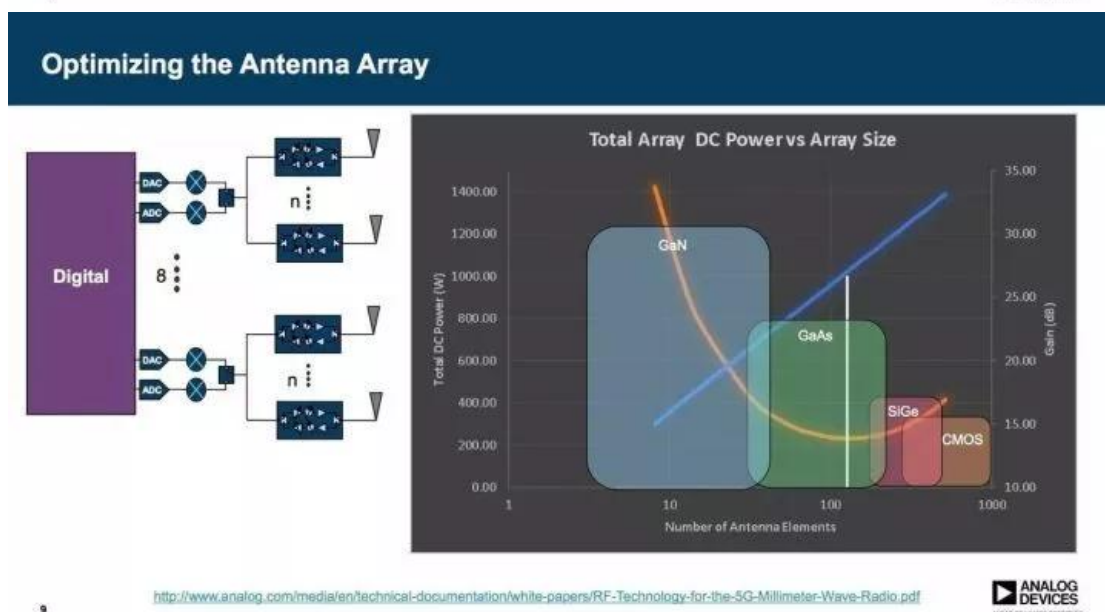
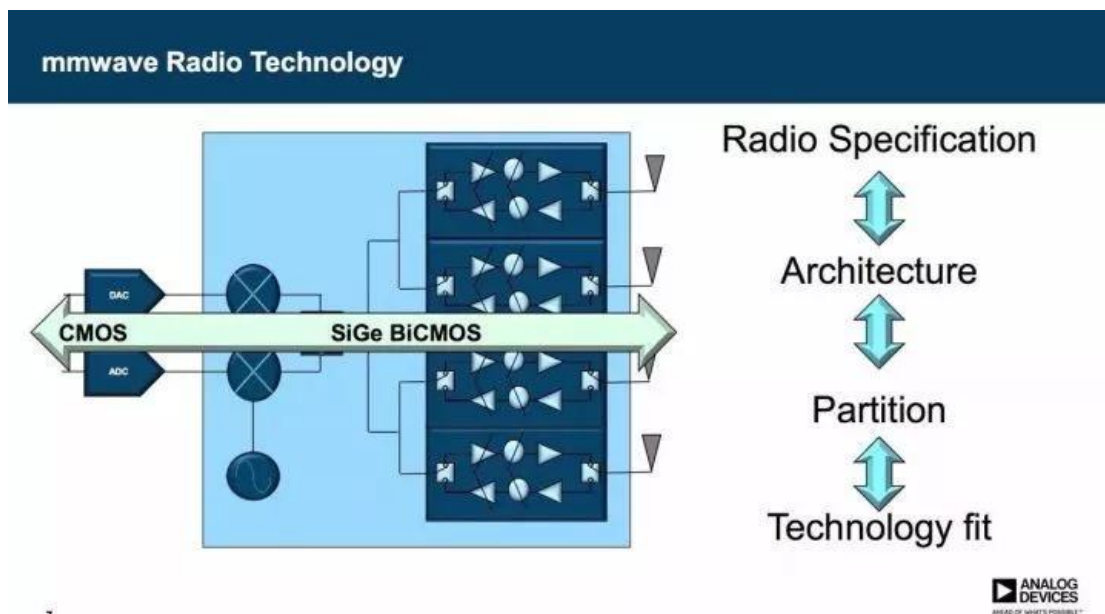


Radio Specification



5

ANALOG
DEVICES
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

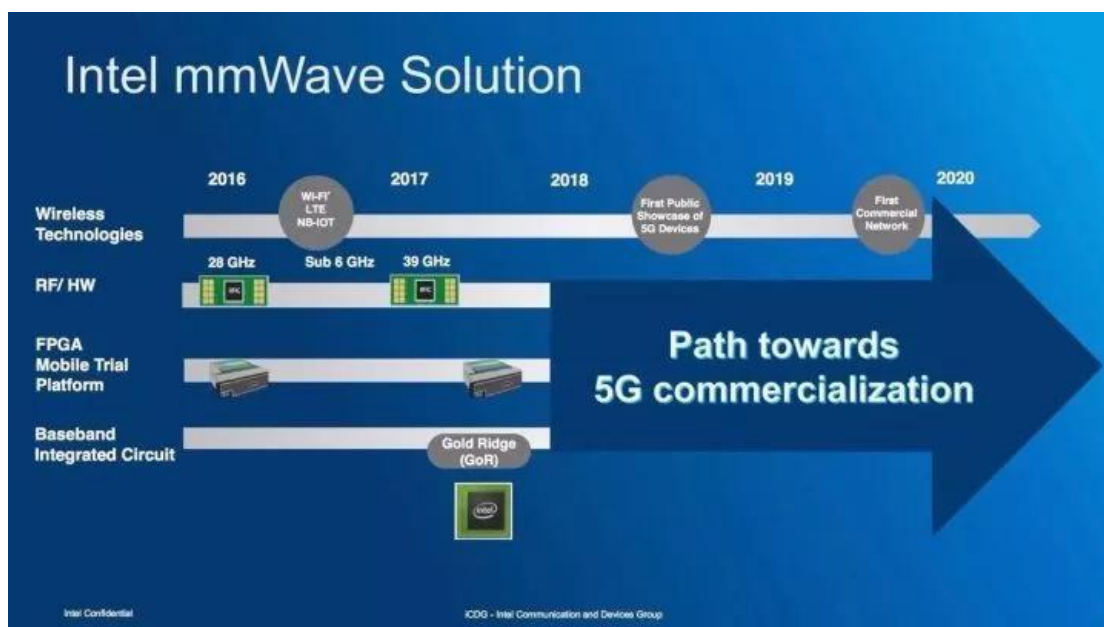


Intel 《New Solutions to Realize 5G High Frequency Device》

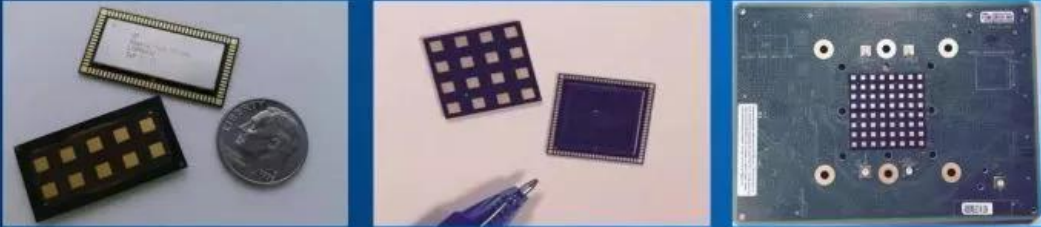
介绍了 5G 毫米波标准化进展及终端设计挑战以及 Intel 毫米波解决方案路线计划。Intel 认为 5G 高频的应用场景主要是热点覆盖和无线通信接入，这两个场景在 2019~2020 年会实现。而 5G 高频大约会在 2020~2021 年进入垂直行业

领域。Intel 于 2016 年就已经推出了 28GHz 产品，今年会推出 39GHz 产品。

2019 年至 2020 年会推出符合 3GPP 标准的高频产品。



Intel mmWave Solution: 28GHz RFIC



mmWave RF IC Feature	Details
RF Bands	26.5 – 29.5 GHz [Extensible]
Number of Tx/Rx	4x2 ant array 4x4 ant array 8x8 ant array
RF BW	up to 800MHz
Polarization	H & V

Intel Confidential | ICDG - Intel Communication and Devices Group

SOITEC 《特制衬底新技术加速 5G 高频发展进程》

重点集中在 SOI 工艺在处理器和网络 SoC、射频前端模块、功率器件、光学器件和成像器件上的应用上的优势。该工艺的优势主要在它的智能工艺上，可以做智能切割、智能堆叠、以及外立面的生长。最后林博文先生探讨了 InP 材料在 5G 毫米波应用上的可行性。

SOI产品的广泛应用



在SOI开发和其他特制衬底制造方面拥有超过20年的专业经验

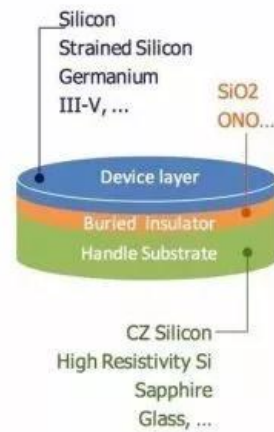
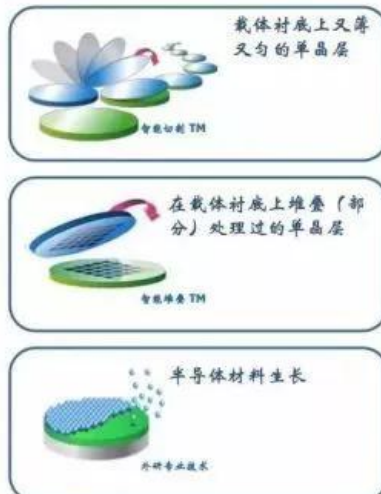
• 6 • C2 - Confidential

> 5G High Frequency Workshop, Chengdu, China

soitec

Soitec的工艺工具箱 Anything on Anything

智能工艺



• 7 • C2 - Confidential

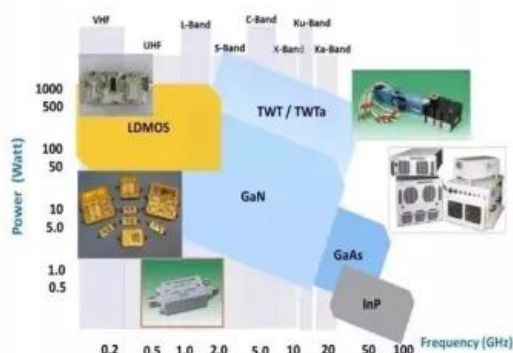
> 5G High Frequency Workshop, Chengdu, China

soitec

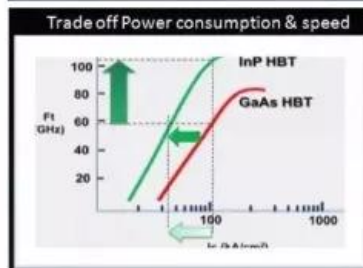
InP - 最先进的功率放大器材料 最佳的 $F_t \times V_{ce(bv)}$ 品质因数 - 5G mmW 的理想选择

▶ 最先进的mmW材料

▶ 最先进的现有产品



Source : Teledyne



Source : Skyworks, CS Europe 2016

soitec

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

