

# 第十四章 集成电路设计进展

冯 鹏

[fengpeng06@semi.ac.cn](mailto:fengpeng06@semi.ac.cn)

中国科学院半导体研究所

# 本章内容

---

- 集成电路领域的著名国际会议和期刊
- 集成电路产业的发展规律与趋势

# 著名国际会议

- IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)  
国际固态电路会议
- IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)  
国际电子器件会议
- IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)  
国际专用集成电路会议
- IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)  
电路和系统国际会议
- Symposium on VLSI Circuits  
超大规模集成电路研讨会
- Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC), IEEE Symposium  
射频集成电路研讨会
- IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (ASSCC)  
亚洲固态电路会议
- European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC)  
欧洲固态电路会议
- IEEE International Conference on Integrated Circuits, Technologies and Applications (ICTA)  
国际集成电路技术与应用学术会议
- IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT)  
国际固态和集成电路技术会议

# 著名国际会议

- IEEE (International Solid-State Circuits Conference, ISSCC)国际固态电路会议由IEEE固态电路学会举办，是世界学术界和工业界公认的集成电路设计领域最高级别会议，被认为是集成电路设计领域的“芯片奥林匹克大会”。



## 芯片必须有测试结果

始于1953年的ISSCC会议，众多集成电路历史上里程碑式的发明都是在这上面首次披露。比如世界上第一个TTL电路(1962年),世界上第一个集成模拟放大器电路(1968年),世界上第一个8-bit microprocessor(1974年),世界上第一个32-bit microprocessor(1981年),世界上第一个1Mb的DRAM(1984年),世界上第一个1Gb的DRAM(1995年),世界上第一个集成GSM transceiver(1995年),世界上第一个GHz的微处理器(2002),世界上第一个多核处理器(2005年)等等。每年吸引了超过3000名来自世界各地工业界和学术界的参加者。

# ISSCC 投稿与录用情况

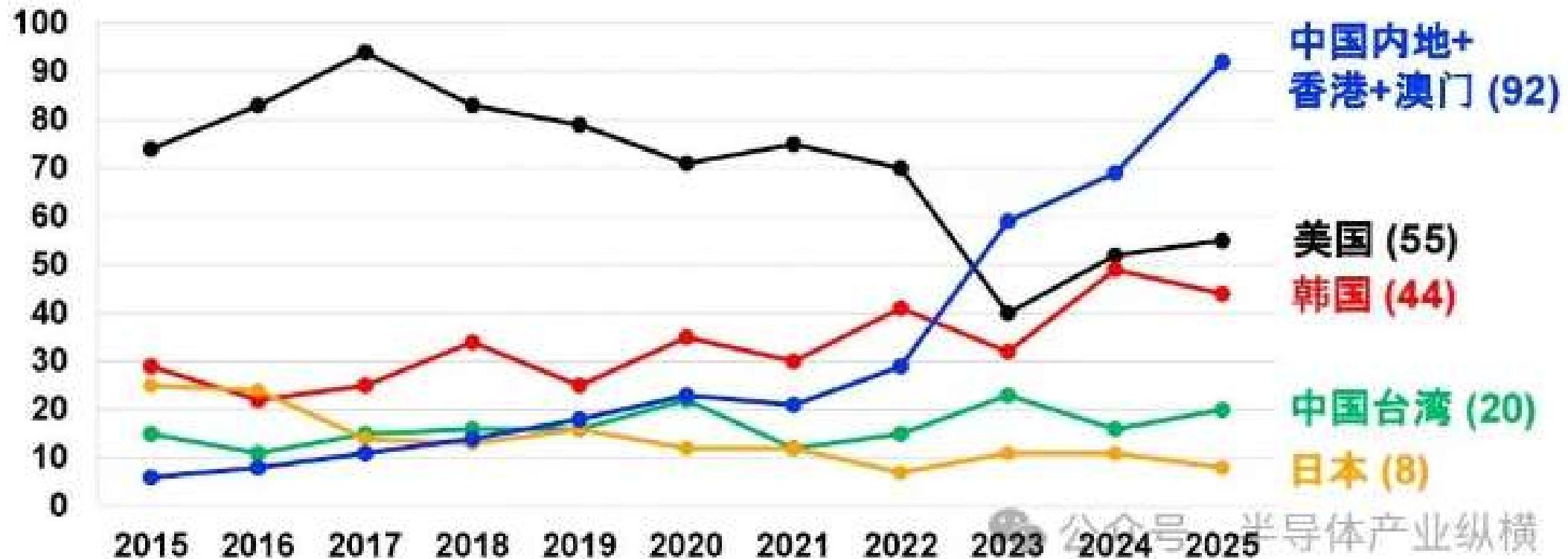
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Submitted	609	629	580	651	629	873	914
Accepted	193*	202*	195*	200*	198*	234*	246*
Accept. Ratio	31.7%	32.1%	33.6%	30.7%	31.4%	26.8%	26.9%
Plenary	4	4	4	4	4	4	4

公众号 · 半导体产业纵横  
\* 8 Invited papers are excluded

246篇论文中，中国大陆发表76篇，较去年54篇大幅增长41%，超越了美国的55篇，保持第一。

ISSCC各技术委员会录用论文分布12个领域中，有3个领域占比超过10%，分别是图像/MEMS/医疗/显示、电源管理和射频电路。

# ISSCC2025录用论文地区分布



- 远东地区发表165篇，大约占三分之二
- 工业界录用论文19篇

# ISSCC趋势 (中国大陆+香港+澳门)



中国大陆及港澳地区发表92篇，中国台湾发表20篇。

# 著名学术期刊

- **IEEE Journal of Solid State Circuits**  
IEEE固态电路杂志
- **IEEE Transaction on Circuits and Systems I and II**  
IEEE电路与系统学报
- **IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems**  
IEEE超大规模集成系统学报
- **Analog Integrated Circuits and Signal Processing**  
模拟集成电路和信号处理
- **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques**  
IEEE微波理论与技术学报
- **Journal of Semiconductors**  
半导体学报
- **SCIENCE CHINA Information Sciences**  
中国科学-信息科学

# 著名学术期刊

## IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC)

### Aim and Scope

The IEEE Journal of Solid-State Circuits publishes papers each month in the broad area of solid-state circuits with particular emphasis on transistor-level design of integrated circuits. It also provides coverage of topics such as circuit modeling, technology, systems design, layout, and testing that relate directly to IC design. Integrated circuits and VLSI are of principal interest; material related to discrete circuit design is seldom published. Experimental verification is strongly encouraged.

Membership in SSCS includes online access to the monthly Journal of Solid-State Circuits through IEEE Xplore. Use your IEEE Web account when you are asked to log-on. The JSSC is the most downloaded periodical IEEE hosts.

## IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS

A PUBLICATION OF THE IEEE SOLID-STATE CIRCUITS SOCIETY



DECEMBER 2015 VOLUME 50 NUMBER 12 IJSCBC (ISSN 0018-9200)

### SPECIAL ISSUE ON THE 2015 IEEE INTERNATIONAL SOLID-STATE CIRCUITS CONFERENCE

Introduction to the December Special Issue on the 2015 IEEE International Solid-State Circuits Conference .....	M. Tokunaga, J.-T. Wu, J. Rymaszewski, K. Okada, and J. Kim	2799
ANALOG PAPERS		
A 60 V Auto-Zero and Chopper Operational Amplifier With 800 kHz Interleaved Clocks and Input Bias Current Timing .....	T. Kanada	2804
A 4-Phase 30-70 MHz Switching Frequency Buck Converter Using a Time-Based Compensator .....	S. J. Kim, R. K. Naraharisetti, Q. Klaas, R. C. N. Pilawa-Podlubny, and P. K. Hasuefuji	2814
An Error-Based Controlled Single-Inductor 10-Output DC-DC Buck Converter With High Efficiency Under Light Load Using Adaptive Pulse Modulation .....	M.-E. Jung, S.-H. Park, J.-S. Bang, and G.-H. Cho	2825
A Q-Modulation Technique for Efficient Inductive Power Transmission .....	M. Kiani, B. Lee, P. Yeow, and M. Ghoramloo	2839
A Light-Load-Efficient 11/1 Switched-Capacitor DC-DC Converter With 94.7% Efficiency While Delivering 100 mW at 3.3 V .....	H. Meyvarez, G. Villar-Piguel, R. Karabulut, H. J. Bergveld, and M. S. J. Steyaert	2849
A 3-Phase Resonant Switched Capacitor Converter Delivering 7.7 W at 85% Efficiency Using 1.1 mH PCB Trace Inductors .....	C. Schrefel and J. T. Staath	2861
DATA CONVERTER PAPERS		
A 4.5 mW CT Self-Coupled $\Delta\Sigma$ Modulator With 2.2 MHz BW and 90.4 dB SNDR Using Residual ELD Compensation .....	C.-Y. Ho, C. Liu, C.-L. Lin, H.-C. Tsui, T.-C. Wang, and Y.-H. Lin	2870
A Continuous-Time Studyy-MASH $\Delta\Sigma$ Modulator in 28 nm CMOS .....	D.-Y. Shin, S. Ho, and H.-S. Lee	2880
A 14 b 35 MS/s SAR ADC Achieving 75 dB SNDR and 99 dB SFDR With Loop-Embedded Input Buffer in 40 nm CMOS .....	M. J. Knauer, E. Janssen, K. Doris, and B. Mutsaers	2891
A 1 mW 71.5 dB SNDR 50 MS/s 13 bit Fully Differential Ring Amplifier Based SAR-Assisted Pipeline ADC .....	E. Lin and M. P. Flynn	2901
A 12b 250 MS/s Pipelined ADC With Virtual Ground Reference Buffers .....	H. H. Boo, D. S. Bowring, and H.-S. Lee	2912
A 5 GS/s 150 mW 10 b SHA-Less Pipeline/SAR Hybrid ADC for Direct-Sampling Systems in 28 nm CMOS .....	M. Roussofizadeh, Y. J. Shin, K. Raviprasad, T. Bang, R. Wu, H. M. Goshikanti, Y.-J. Ko, Y. Ding, C.-S. Huang, W.-T. Shih, M.-H. Hsieh, W.-T. Chiu, T. Li, A. Shmatov, Y.-C. Chen, B. J.-J. Hung, G. Connell, J. Wu, M. M. Zhang, F. Liu, G. Umarov, A. Vines, H. S. Huang, and C.-Y. Chen	2922

(Contents Continued on Back Cover)

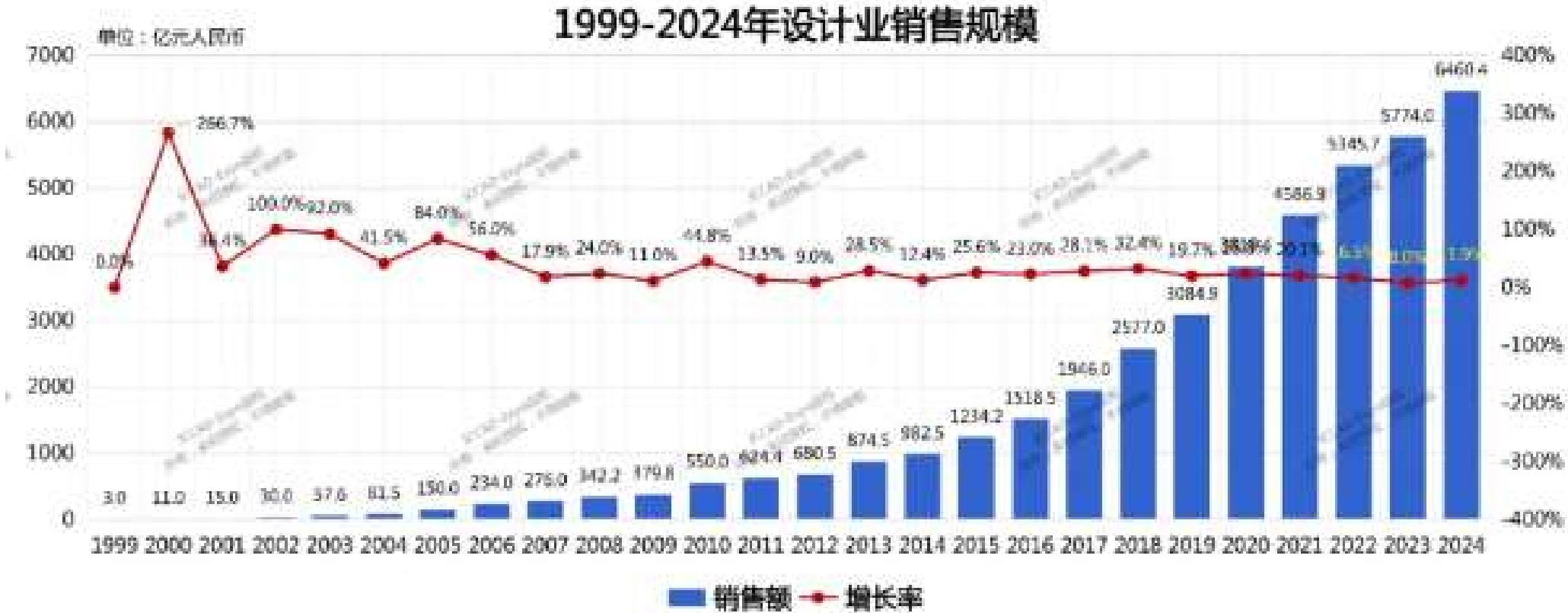


# 本章内容

---

- 集成电路领域的著名国际会议和期刊
- 集成电路产业的发展规律与趋势

# 集成电路的市场规模及增速



中国芯片设计行业2024年预计约为6460.4亿元人民币  
较2023年增长11.9%

数据来源：ICCAD年会（2024），魏少军教授

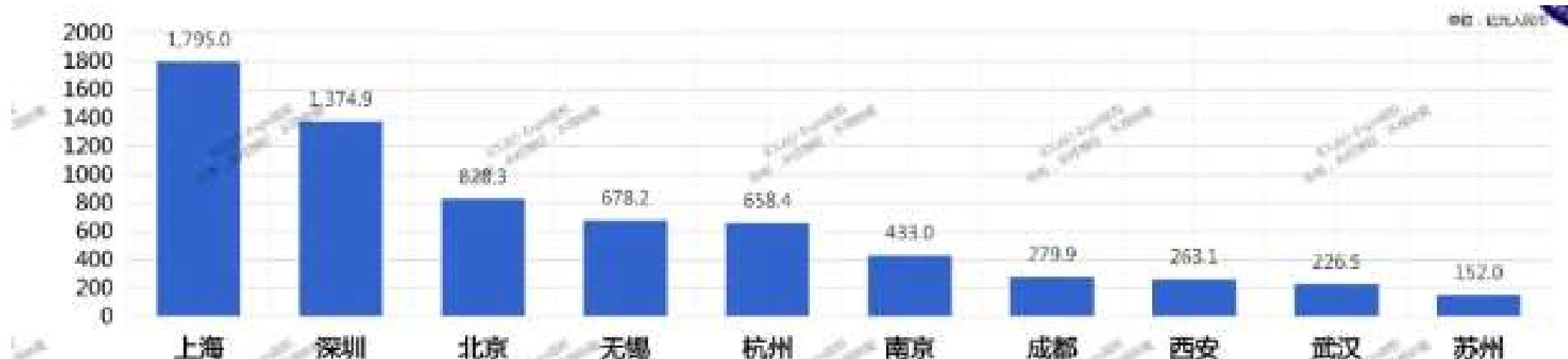
# 集成电路的市场规模及增速



相比2023年增加175家，设计企业数量增速进一步下降。

数据来源：ICCAD年会（2024），魏少军教授

# 芯片设计规模最大的十个城市

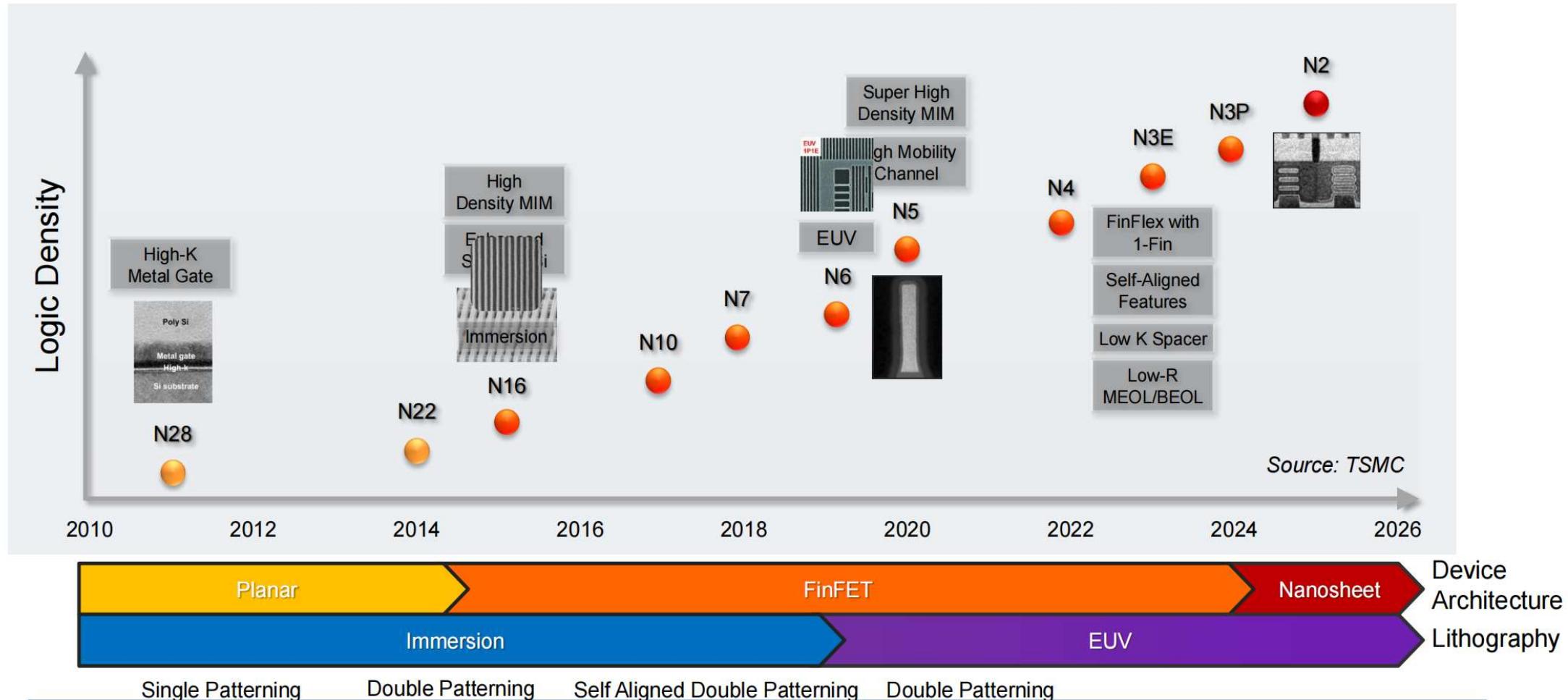


排名	2023		2024	
	城市	销售额	城市	销售额
1	上海	1400.0	上海	1795.0
2	深圳	1201.5	深圳	1374.9
3	北京	907.5	北京	828.3
4	杭州	619.5	无锡	678.2
5	无锡	589.7	杭州	658.4
6	南京	376.2	南京	433.0
7	西安	233.9	成都	279.9
8	成都	223.9	西安	263.1
9	武汉	220.0	武汉	226.5
10	苏州	137.0	苏州	152.0
总计		5909.1		6689.3

上海、深圳、北京继续把持前三位。无锡的设计业规模达到678.2亿元，超过杭州，再次排名第四。虽然杭州在2023年的设计业规模超过无锡，但由于2024年的增长率只有6.3%，远低于无锡的15%，所以位置上与无锡颠倒。同样的，西安和成都的排位也发生颠倒。进入前十的城市设计产业规模均超过150亿元，门槛提高到152亿元，比上年提升了15亿元。

数据来源：ICCAD年会（2024），魏少军教授

# 集成电路工艺演进

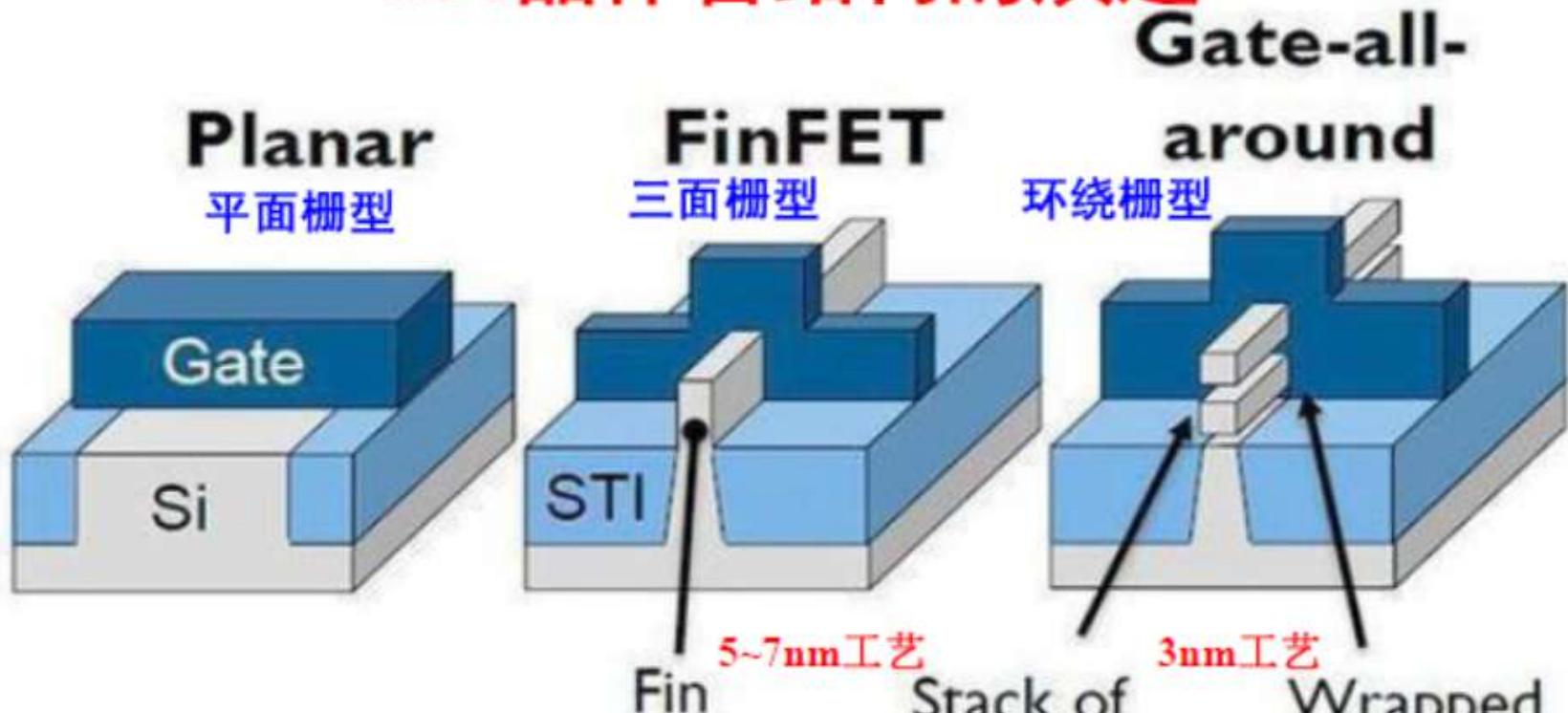


高集成度、低功耗、高能效

数据来源：TSMC

# 集成电路工艺演进

## MOS晶体管结构的演进



$$P = P_{dynamic} + P_{static} = \frac{1}{2} C_{sw} V_{dd}^2 f + I_{leak} V_{dd}$$

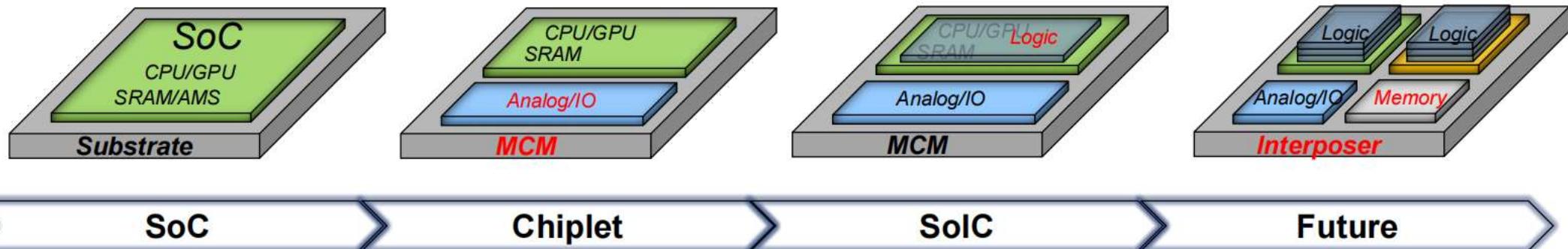
$I_{leak}$  : 晶体管漏电

平面栅型 工艺节点越先进漏电越大，静态功耗越大

新型栅型 三面栅型漏电小，环绕栅型漏电更小，功耗更小

# 集成电路封装演进

- Historically process is optimized for SoC to serve broader audiences
  - With chiplet, process can be further optimized to achieve better PPA



## SoC

- Generations of success
- SRAM & analog/IO face scaling challenges

## Chiplet

- Compute die on node N for highest performance
- Analog/IO on N-1 or N-2 to optimize cost
- MCM for low-cost interconnect

## SoIC

- Logic SoIC to increase performance, CPU, GPU, or SRAM can stack

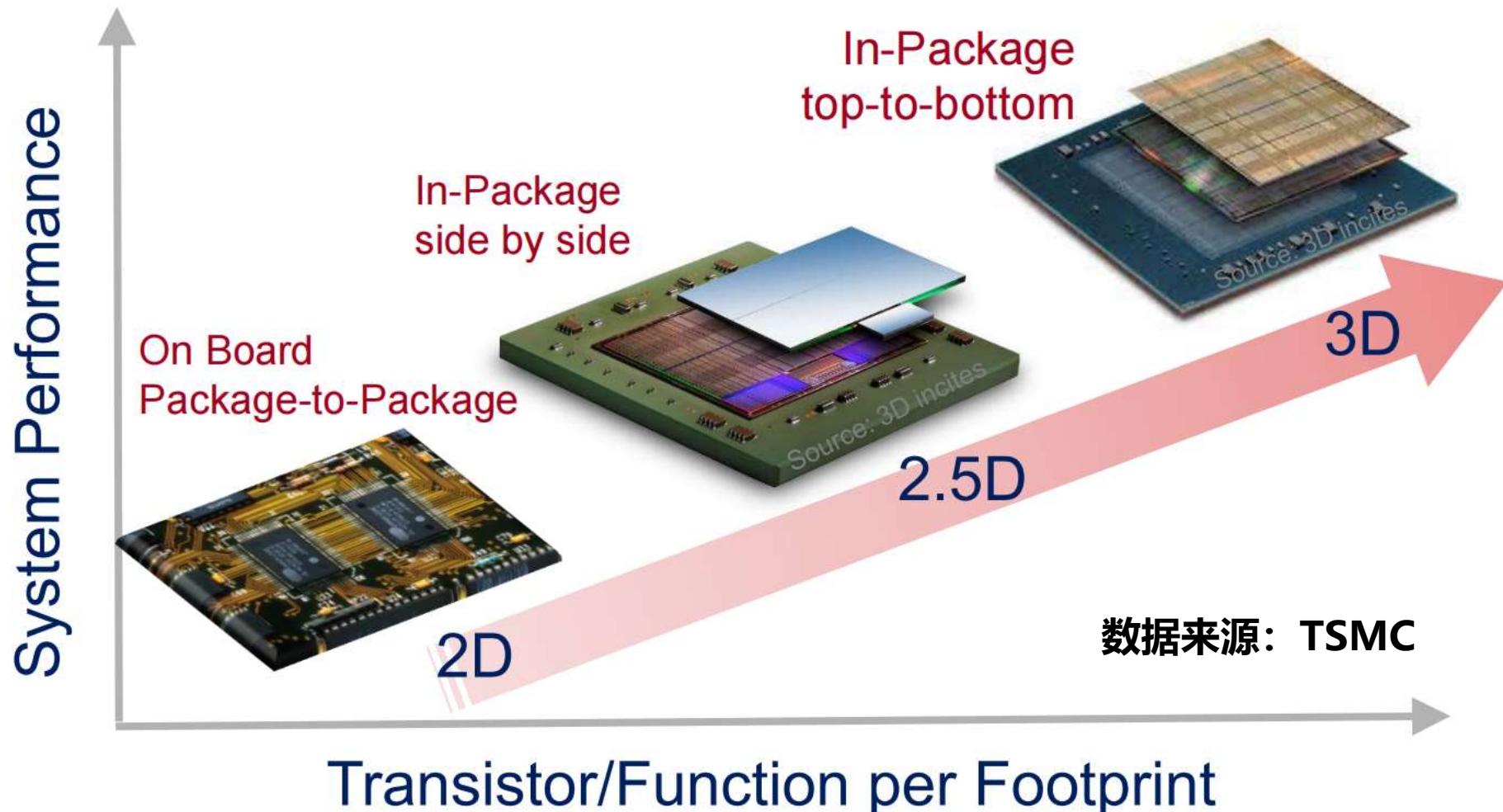
## Future

- Optimizing logic with different technology nodes
- Logic stacking to increase performance
- On-board memory to improve memory bandwidth
- Interposer for higher connection bandwidth

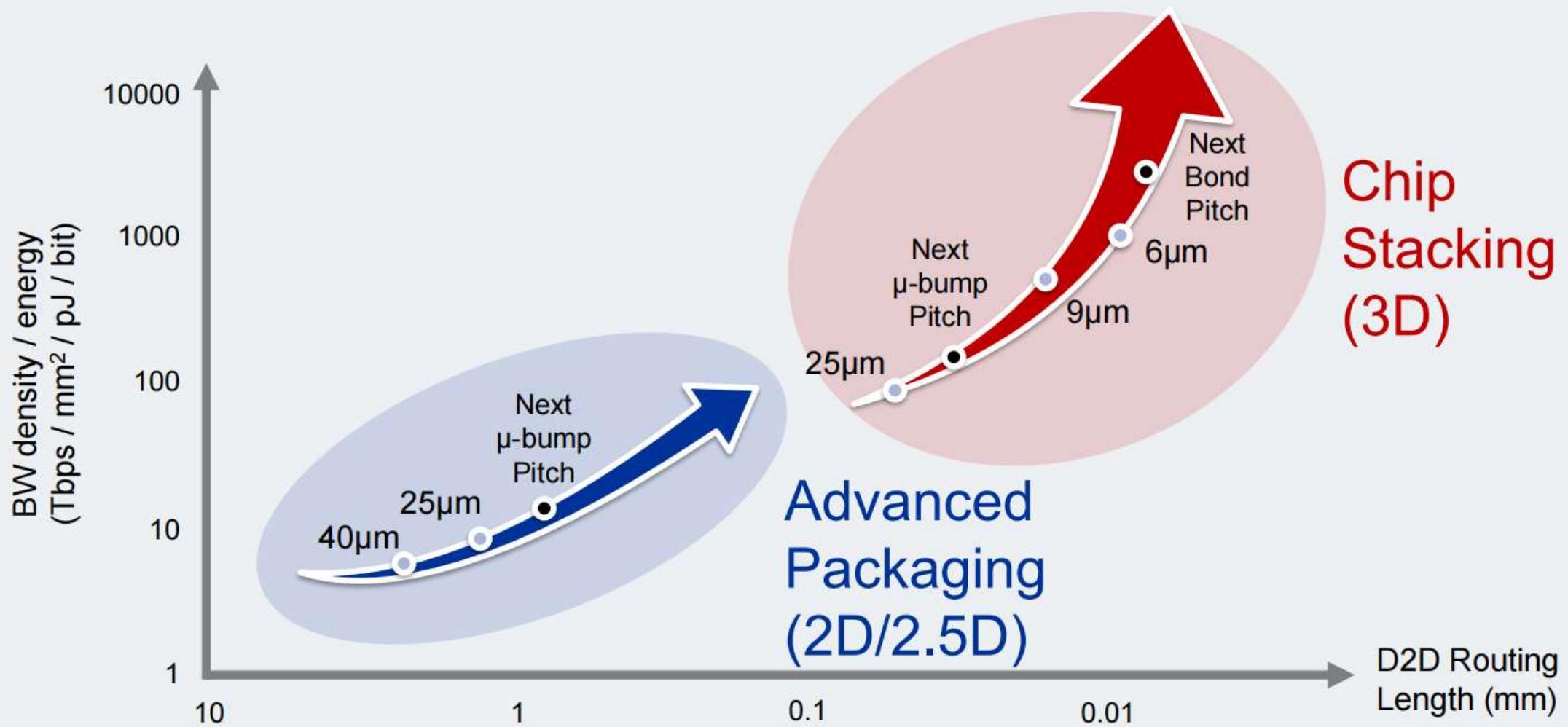
数据来源：TSMC

# 集成电路封装演进

- From 2D to 3D, interconnect **distance** reduces by ~ 1000 times
- From 2D to 3D, interconnect **density** increases by > 1000 times
- Overall chip-to-chip communication improves by > 1 million times

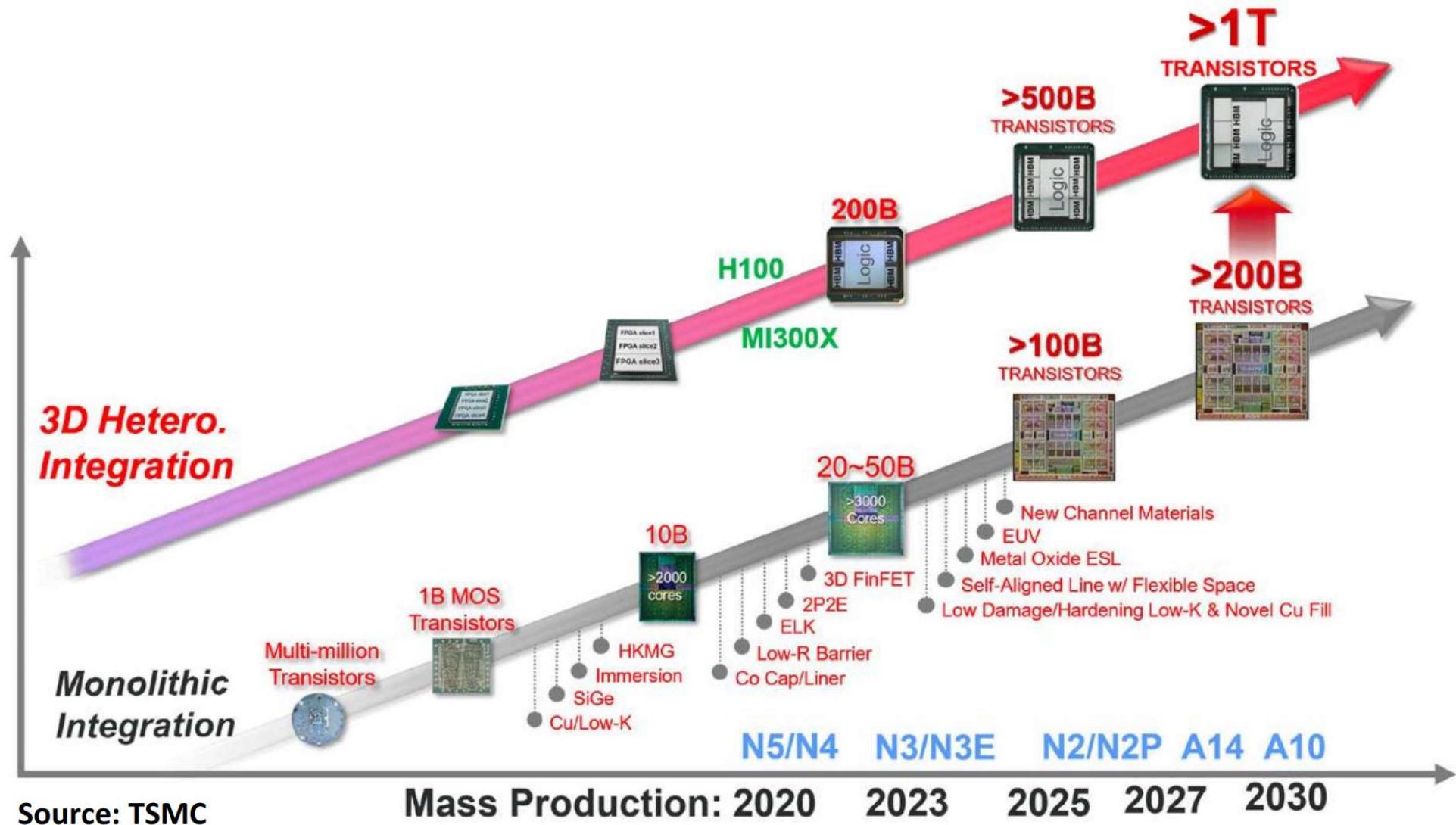


# 集成电路封装演进



数据来源：TSMC

# 集成电路封装演进

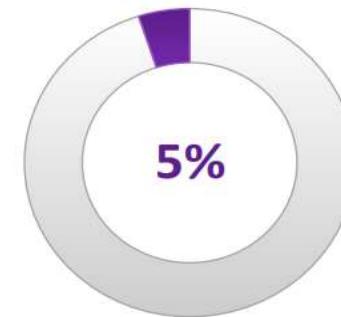


TSMC计划2030年推出1nm 量级制程，单芯片集成200亿个晶体管，并依托先进封装技术，实现单封装集成上万亿晶体管的目标。

数据来源：TSMC

# 半导体集成电路市场规模

~ \$1 Trillion Market 2023年度



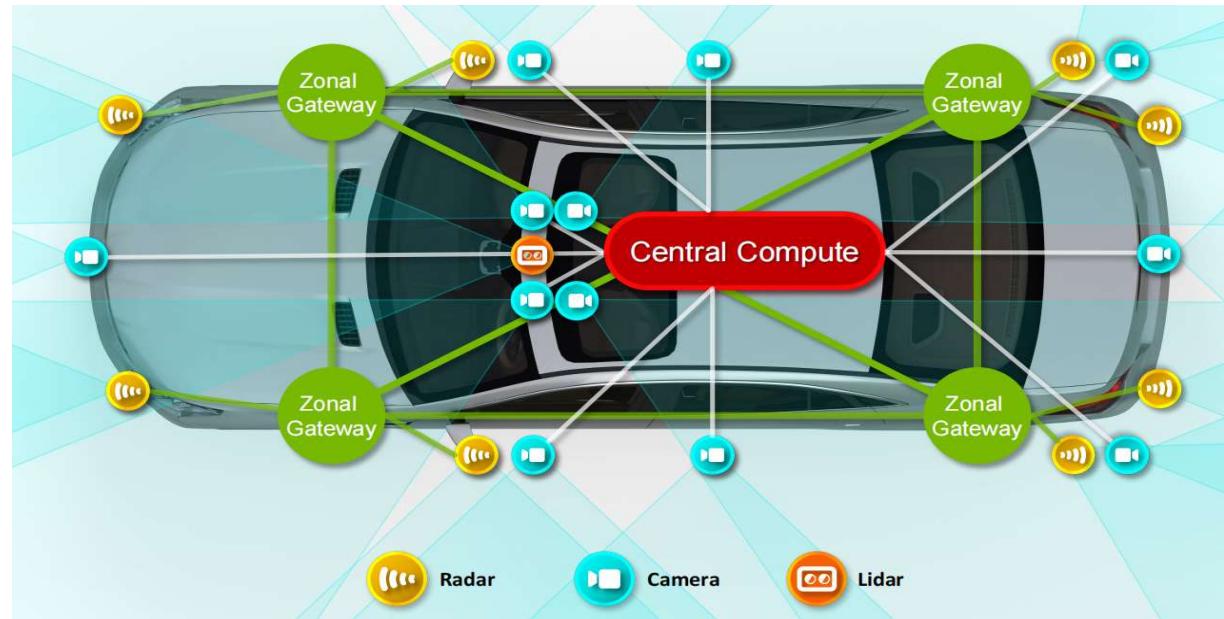
HPC

Mobile

Automotive

IoT

Others



数据来源：TSMC

# 集成电路发展趋势-智能汽车领域

## Auto Megatrends: Safer, Smarter, Greener

**~4.3X**

ADAS / AD Level 2+ to 5  
by 2030

**~8.6X**

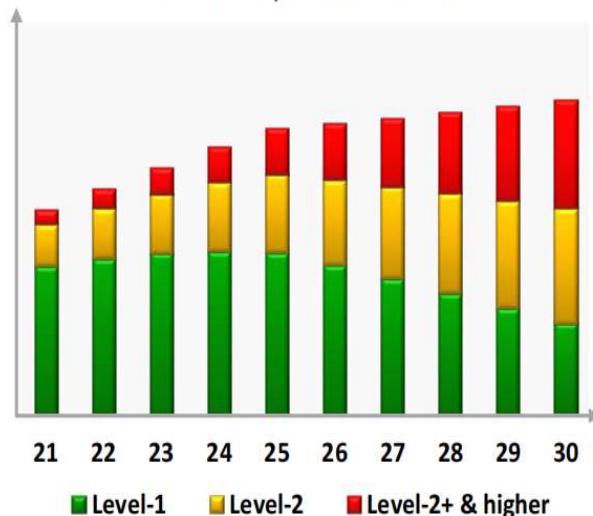
5G Installed in Vehicles  
by 2030

**~2.5X**

Electric Vehicles growth  
by 2030

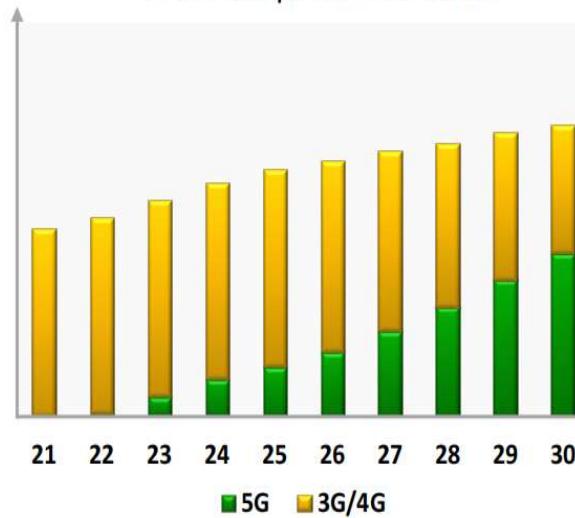
### ADAS / AD

2030 Adoption Rate ~90%



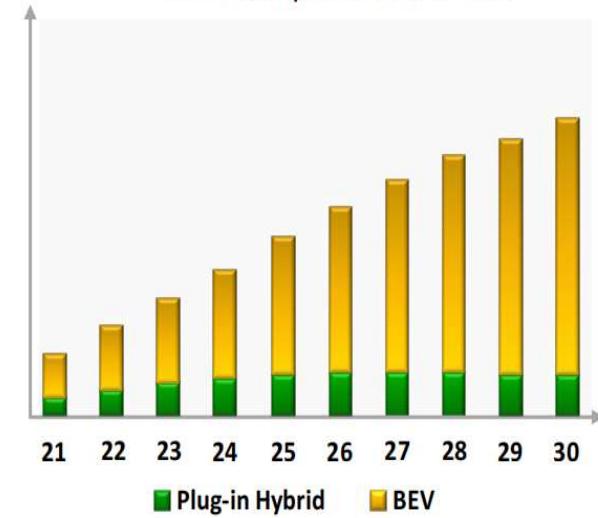
### Connected & Digitization

2030 Adoption Rate >75%

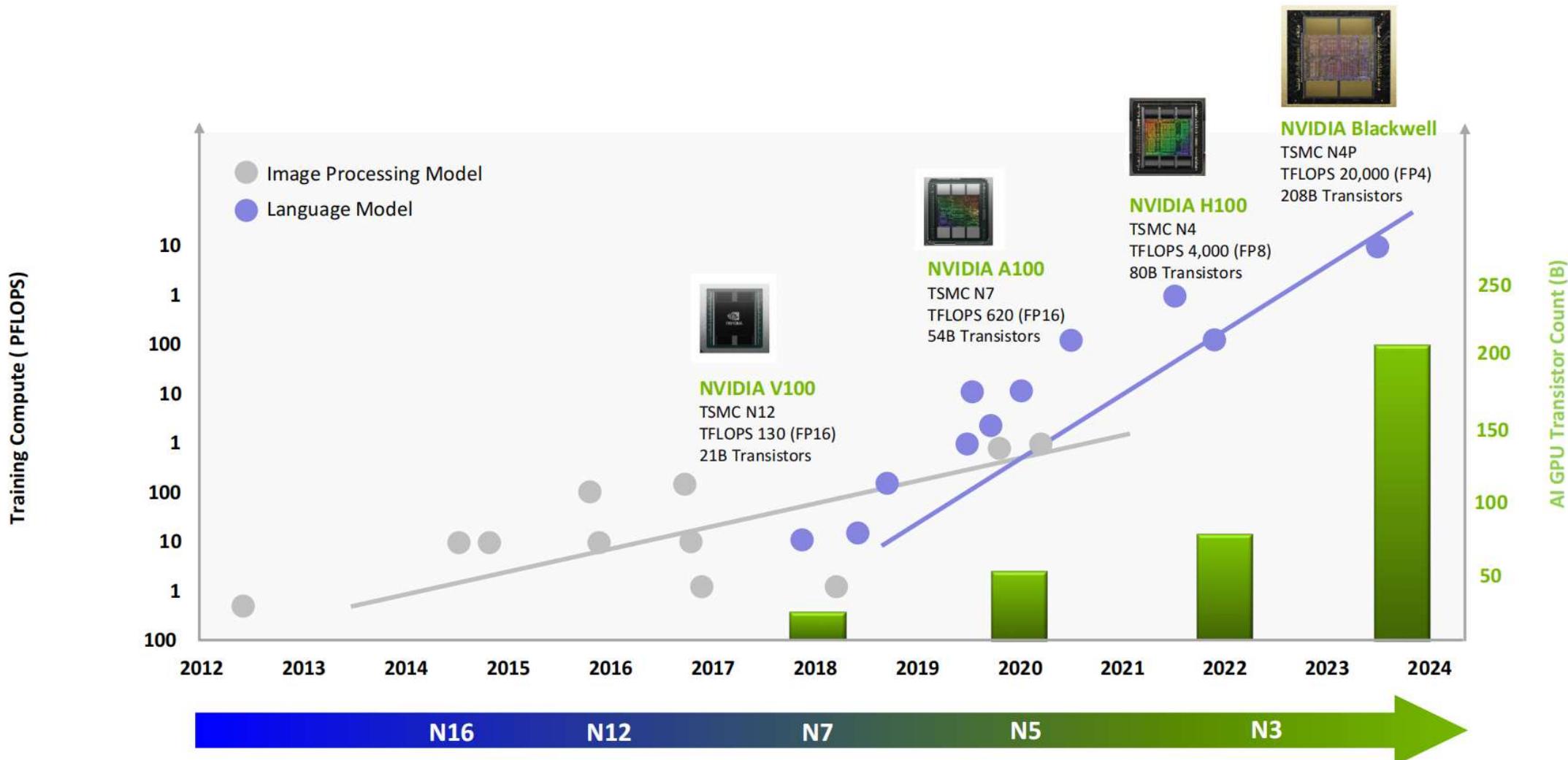


### Electrification

2030 Adoption Rate >40%



# 集成电路发展趋势-AI领域



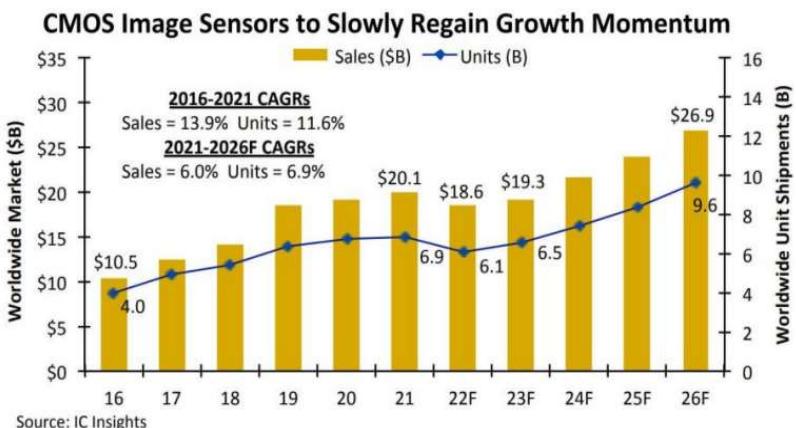
Technology Advancement Ignites Explosive AI Growth

More Compute, Higher Memory Bandwidth, Larger Scale Heterogeneous Integration

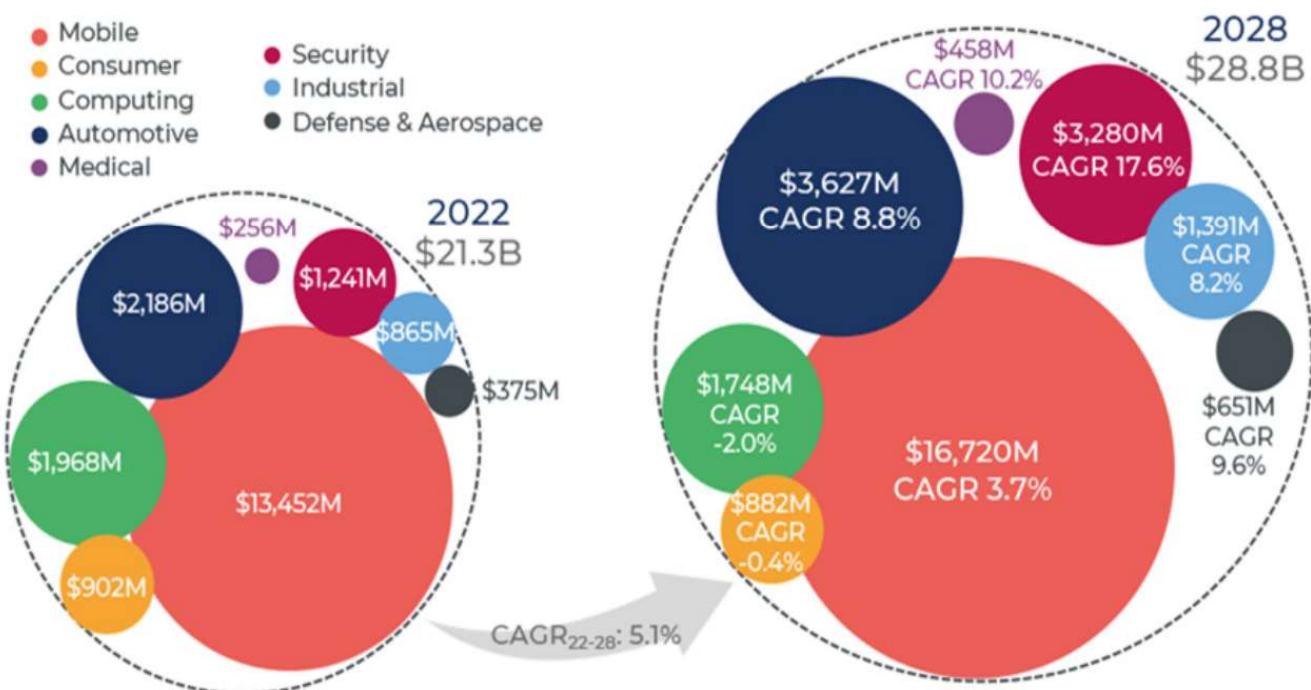
# 集成电路的发展趋势-CMOS图像传感器

- CIS market regain in the future
  - Mobile ↗
  - Automotive ↗

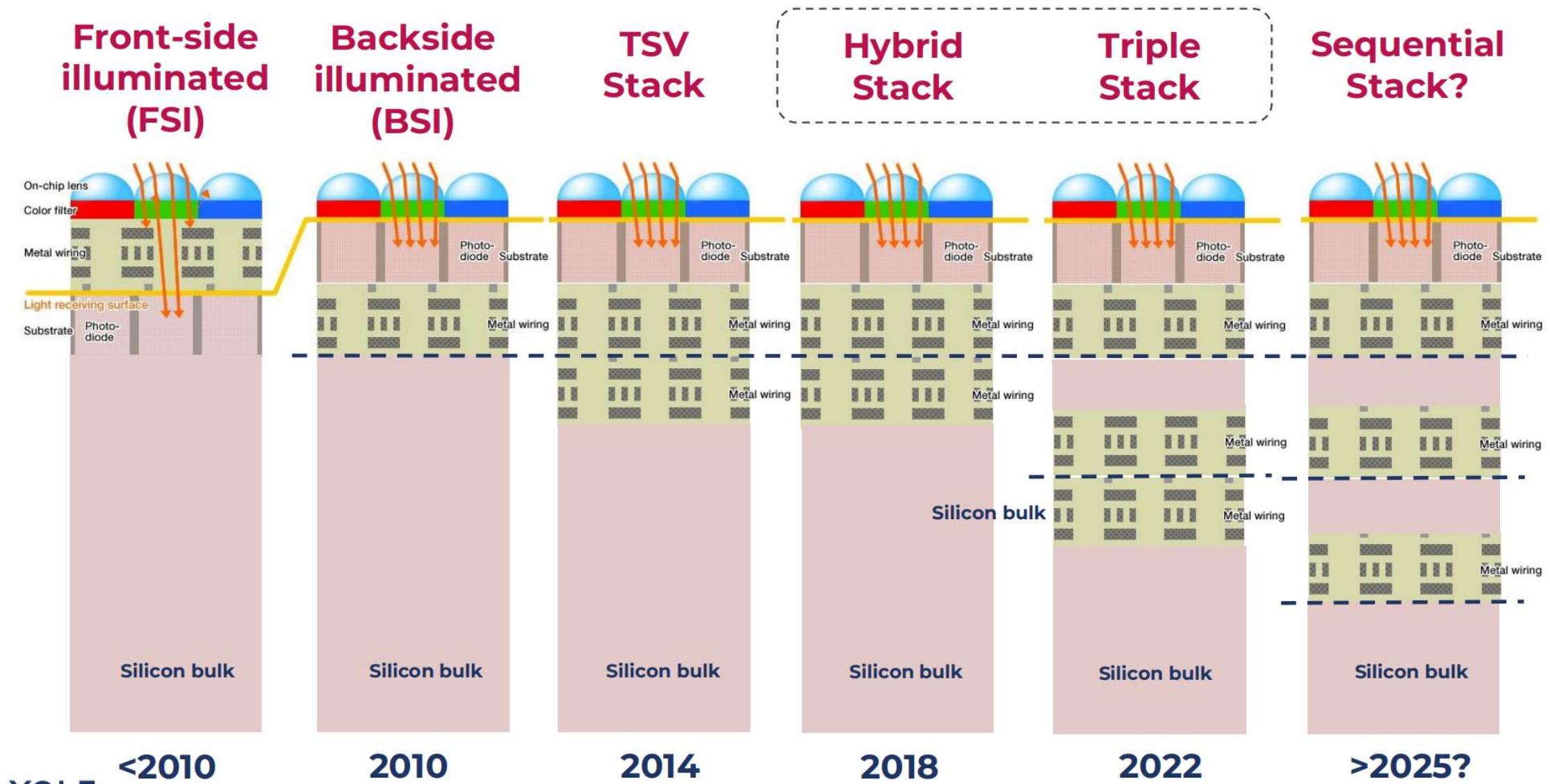
**Beyond cameras, diversified applications are blooming**



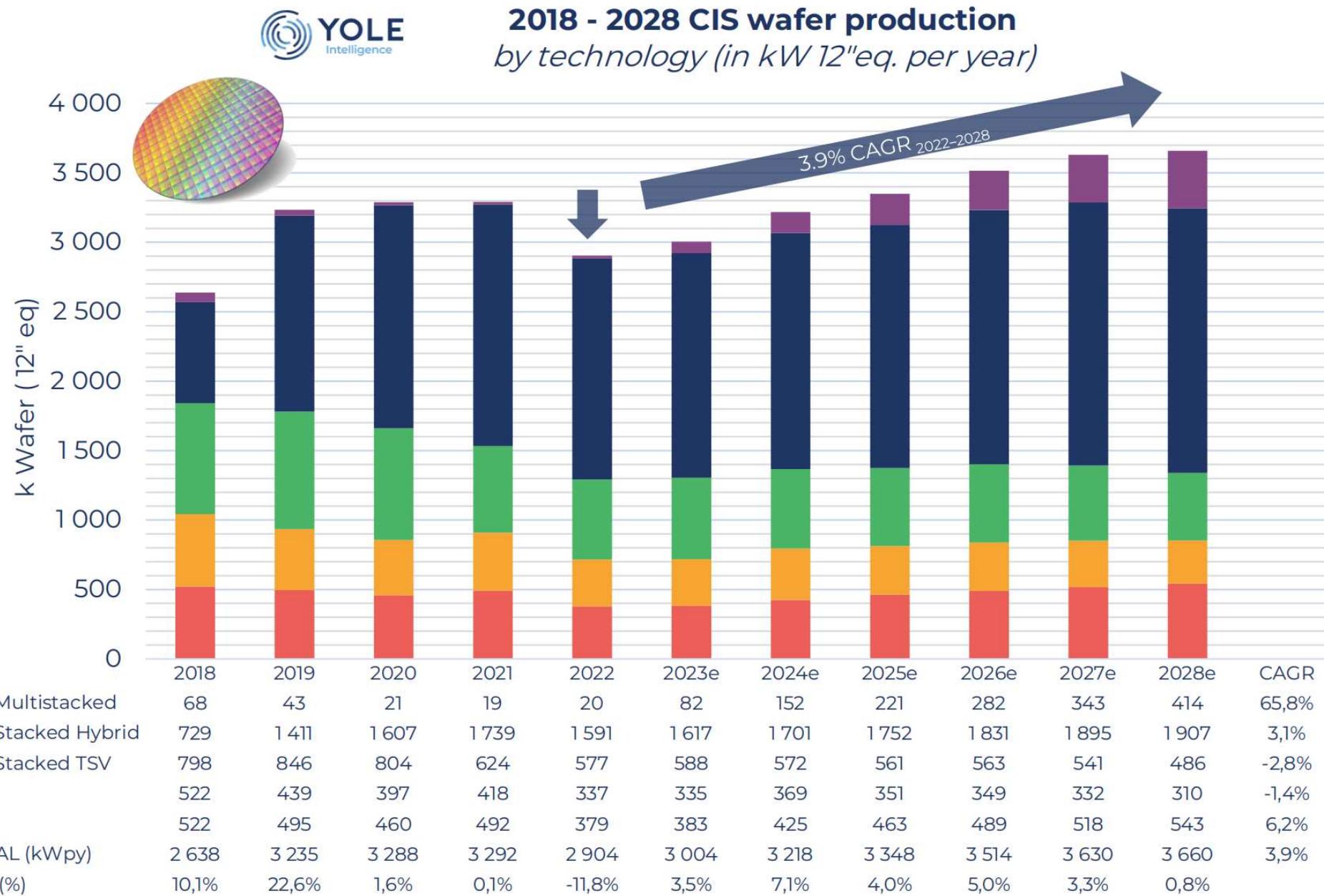
2022-2028 CMOS image sensors market forecast  
(Source: Status of the CMOS Image Sensor Industry 2023, Yale Intelligence, July, 2023)



# 集成电路的发展趋势-CMOS图像传感器



# 集成电路的发展趋势-CMOS图像传感器



# CMOS图像传感器及其信息处理

(20学时)

课程讲师：吴南健

中国科学院大学  
半导体研究所

2024-2025学年春季学期

**通过本课程的学习使研究生能够理解和掌握现代固体成像核心器件图像传感器的成像原理、像素信号处理和片上图像处理方法，为今后开展相关领域的研究奠定基础。**

## **第一章 引论**

**第1节 图像传感器研究发展历史**

**第2节 CMOS和CCD图像传感器**

## **第二章 CMOS图像传感器和图像处理概论**

**第1节 CMOS图像传感器的体系架构**

**第2节 图像传感器的器件和电路**

**第3节 图像传感器的图像处理**

## **第三章 像素器件设计及工艺**

**第1节 硅材料光电特性**

**第2节 像素器件设计**

**第3节 像素器件特性**

## **第四章 像素光学和电信号处理**

**第1节 采样放大电路**

**第2节 模拟数字转换电路**

**第3节 微透镜和滤光片**

## **第五章 CMOS图像传感器架构及工作原理**

**第1节 图像传感器架构及工作原理**

**第2节 图像传感器的性能**

**第3节 图像传感器的格式和彩色成像原理**

## **第六章 片上并行图像处理**

**第1节 图像传感器片上系统**

**第2节 片上并行图像处理**

**第3节 深度学习图像处理**

## **第七章 图像传感器的研究发展热点**

**第1节 研究论文的研读**

# **无线身份识别传感器原理及应用**

## **(20学时)**

**课程讲师：冯 鹏**

**中国科学院大学  
半导体研究所**

**2024-2025春季学期**

通过课程学习，使学生掌握具有身份识别功能的无线传感器基本原理，熟悉极低功耗SOC传感芯片电路的设计思想，同时了解新型无源无线传感器的最新研究进展及其应用领域，为今后从事相关研究工作打下基础。

## 第一章 无线身份识别传感器技术基础

### 第1节 无线身份识别技术简介

### 第2节 无线身份识别传感器的发展现状及应用

## 第二章 具有身份识别功能的无源无线温度传感器

### 第1节 无源无线温度传感器的组成和工作原理

### 第2节 电磁波能量收集及模拟前端电路

### 第3节 极低功耗CMOS温度传感器

### 第4节 极低功耗CMOS非易失存储器

### 第5节 极低功耗数字基带处理芯片

### 第6节 温度传感标签芯片的封装和测试

## 第三章 具有身份识别功能的无源无线湿度/压力传感器

### 第1节 无源无线湿度/压力传感器的应用领域

### 第2节 无源无线湿度/压力传感器的基本原理

## 第四章 无源无线传感信号采集平台

### 第1节 无源无线身份识别传感信号采集平台

### 第2节 人体生理信号无源无线采集平台