

智能视觉系统芯片

吴南健

nanjian@red.semi.ac.cn



中国科学院半导体研究所
半导体超晶格国家重点实验室

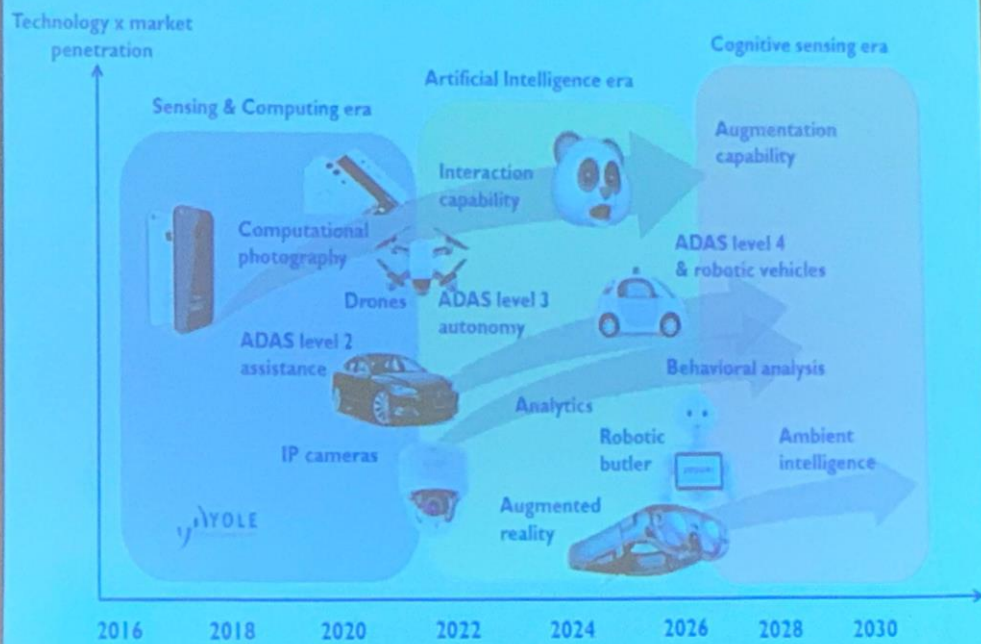
2021年05月15日
重庆



内容

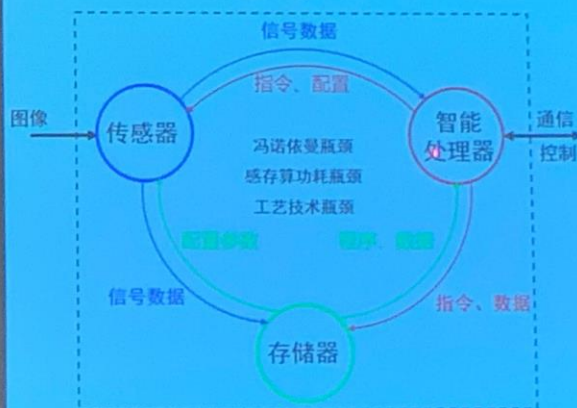
- 智能视觉系统芯片概念
- 智能视觉系统芯片架构
- 成像和处理技术的发展
- 视觉系统芯片例及趋势

人工视觉技术发展的趋势



智能视觉系统

基本要素



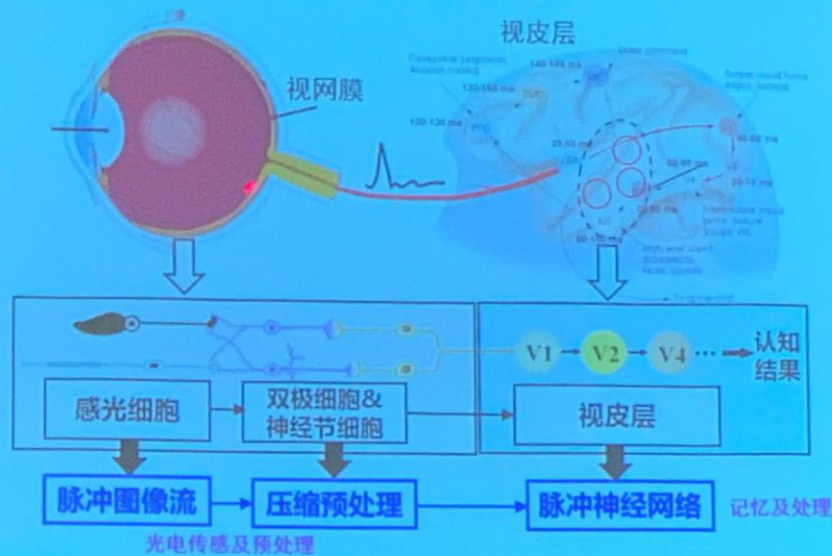
技术和应用趋势

- 传感数据快速增长
- 视觉感知快速响应
- 信息感知的智能化

瓶颈 ↓ 挑战

- 数据传输交互瓶颈
- 计算几何倍数提升
- 有限能量供给瓶颈

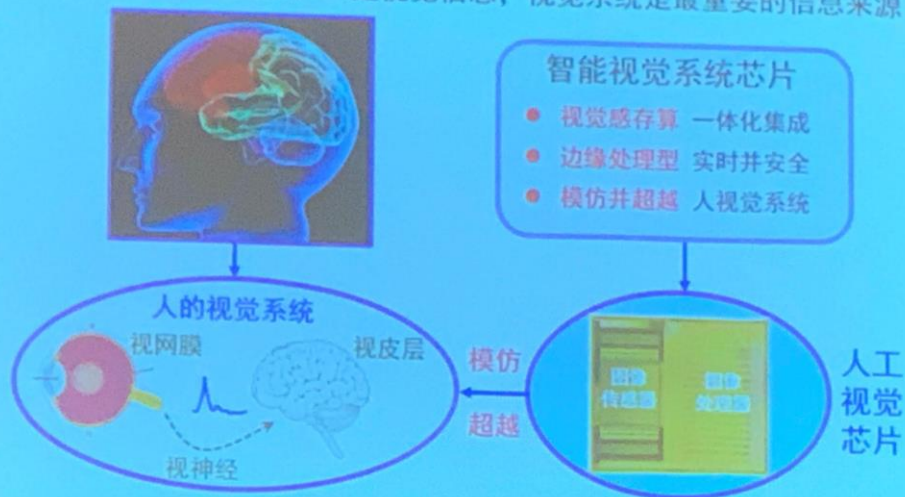
人的视觉系统



(部分图片来自互联网)

智能视觉系统芯片

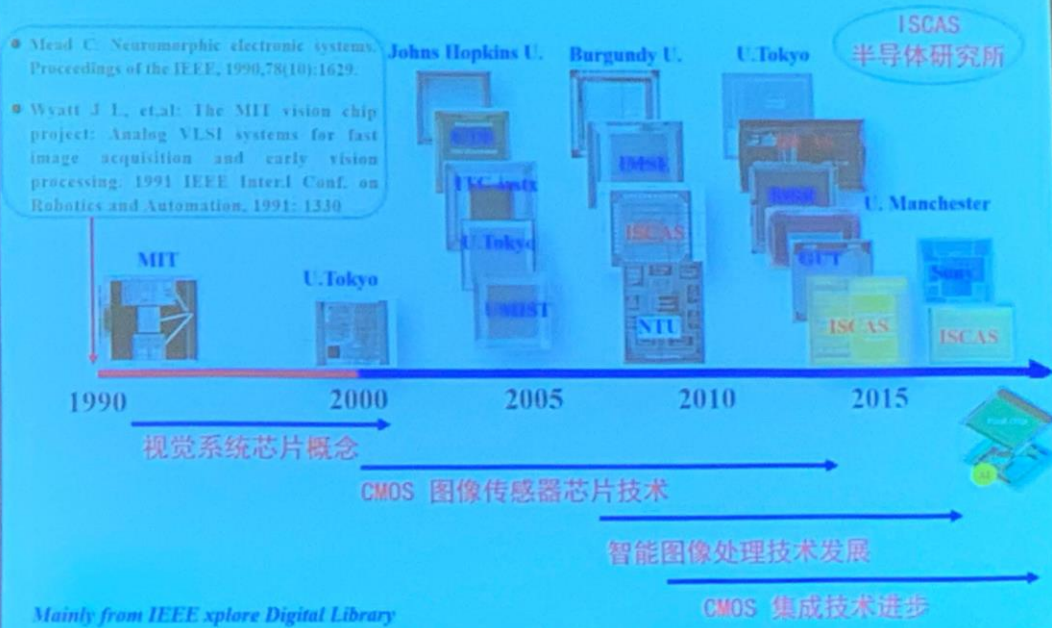
人类获取信息总量的80%是视觉信息，视觉系统是最重要的信息来源



意义:视觉芯片是以半导体集成技术实现模仿和超越人类视觉系统功能

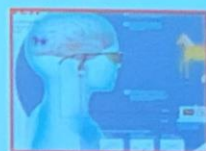
特点: 近像素处理、冗余信息少、速度快、功耗低、成本低、应用灵活

国内外智能视觉芯片研究现状



智能视觉系统芯片的应用领域

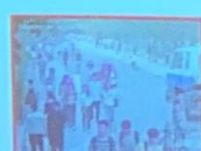
工业
消费
安全
国防
科研



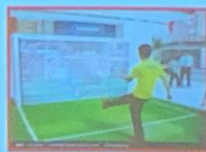
盲人导航



自动驾驶



智能监控



体感游戏



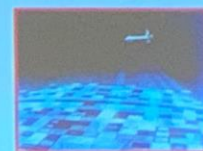
机器人



增强现实



无人机视觉



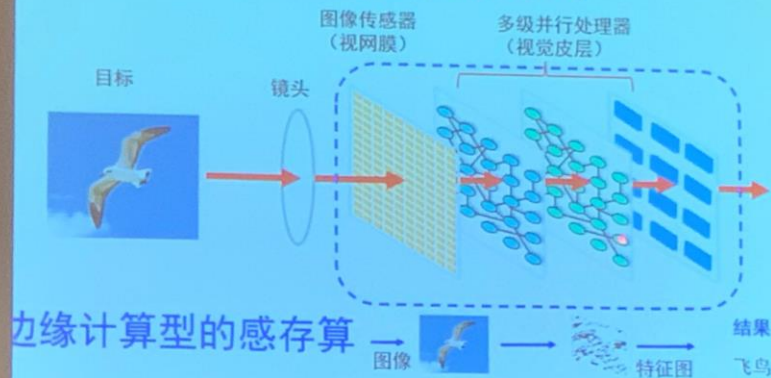
航空观测



目标跟踪

(图片来自互联网)

智能视觉系统芯片



系统芯片：图像传感器、深度神经网络处理器、分布式存储器（感存算）
 芯片功能：图像获取、图像增强、特征抽取、识别及解释、图像记忆
 芯片性能：帧率 >1000fps、速度 > 传统的视觉系统、功耗 W 量级

人的视觉系统与硅芯片的参数对比

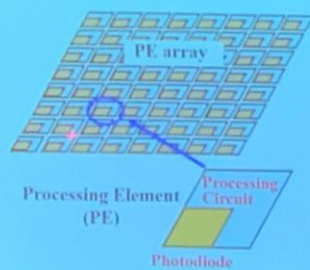
	人类		芯片		
视网膜	感光细胞	1.2×10 ⁸ 个 视杆细胞，弱光视觉 5~6×10 ⁶ 个 视锥细胞，彩色视觉	像素个数	10 ⁸ ~10 ⁹ 个/chip	=
	响应时间	40~150 ms	响应时间	ns ~ ms	快
	响应波段	400~760 nm	响应波段	200~1100nm	宽
视觉皮层	神经元规模	皮质 1.4~1.6×10 ¹⁰ 个 其中视觉皮层大致占 1/3	神经元计算单元规模	10 ² ~10 ³ 个/chip	少
	突触规模	每神经元约千个突触连接	突触计算	10~10 ³	=
	响应速度	钠离子通道 ~1ms 钾离子通道 ~10ms	MOS器件响应速度	10 ps	快
	恢复速度	0.5~3.5ms		1ps	快
互联线	传递速度	20~30m/s	传递速度	3 × 10 ⁹ m/s	快

智能视觉系统芯片架构的演进

功能	图像获取	图像增强	特征提取	图像识别	优缺点
处理方式	二维图像 $O(N \times N)$	原始图像 滤波图像 $O(N \times N)$	滤波图像 特征向量 $O(N)$	特征向量 识别结果 $O(K)$	
架构 I					像素级并行 处理速度快 分辨率低 识别能力差
架构 II	像素	冯诺依曼处理器 处理单元阵列	冯诺依曼处理器 行处理器阵列	多核处理器	多核并行处理 特征提取快 识别速度慢 算法复杂度高
架构 III	像素	冯诺依曼处理器 处理单元阵列	冯诺依曼处理器 行处理器阵列	非冯诺依曼处理器 并行阵列	多核并行处理 处理速度快 算法复杂度低
架构 IV	像素	冯诺依曼处理器 处理单元阵列	CNN神经网络 处理单元阵列	非冯诺依曼处理器 并行阵列	多核并行处理 特征精度高 识别精度高 计算量大

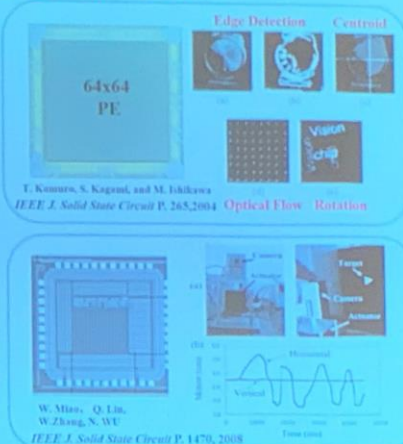
智能视觉系统芯片

像素与处理单元一体架构



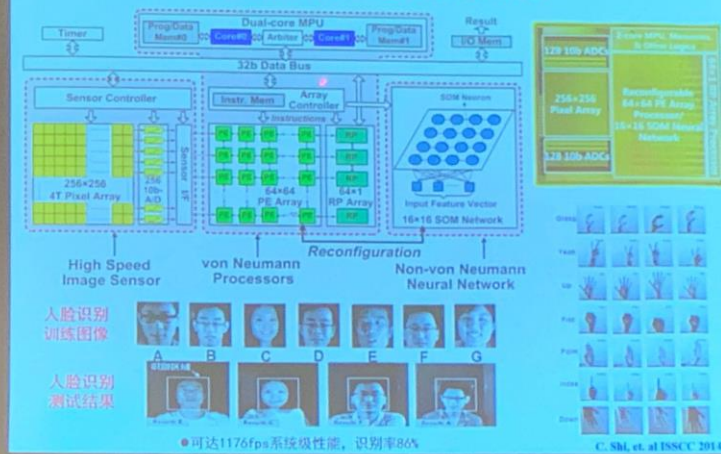
优点: 1) 可编程图像处理
2) 并行度高速度快

缺点: 1) 广域特征提取困难
2) 分辨率提升很困难










智能视觉系统芯片

像素阵列与处理器分离架构



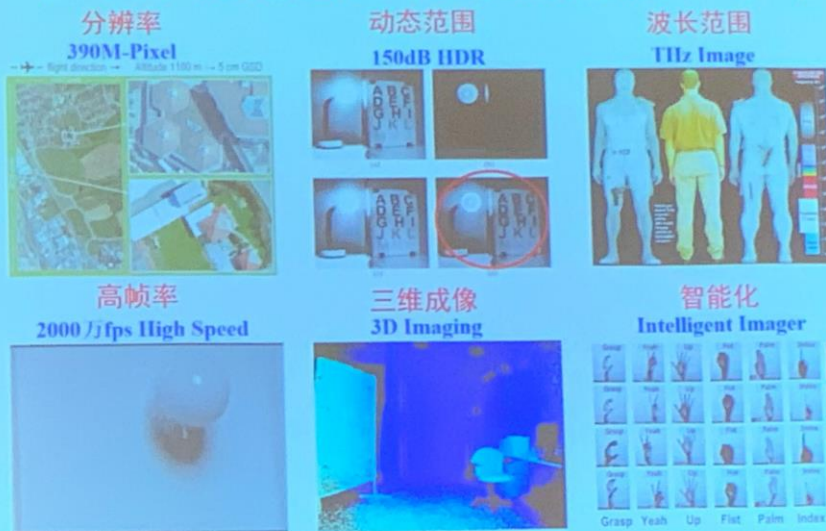
智能视觉系统技术的研究发展

	光学成像		化学感光及记录成像			
年份	BC350年	1550年	1826年	1839年	1851年	
成像	小孔成像	镜头成像	相机成像	相机成像	相机成像	
记忆			沥青	碘化银	玻璃干板	
信息处理			人工	人工	人工	
						
	真空电子成像		固态成像、记录、处理			
年份	1888	1930年	1933年	1969年	2000年	2020年
胶卷相机	胶卷相机	真空管摄像	CCD	CMOS	CMOS	
胶卷	彩色胶圈	磁带	磁带	存储器	存储器	
人工	人工	人工	人工	处理器	智能处理	
						

(部分图片来自网络)

(部分图片来自互联网)

半导体视觉图像传感器的技术水平

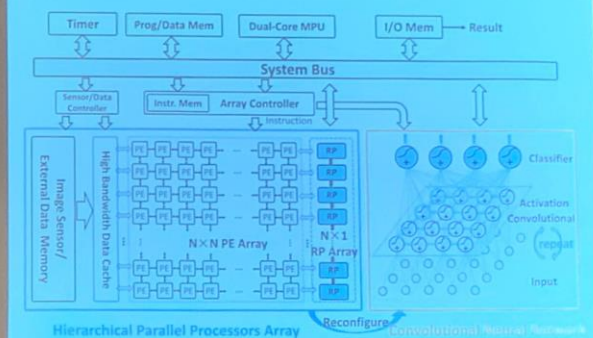


除了智能化之外，图像传感器的单项性能远超人的视觉系统

Mainly from IEEE xplore Digital Library

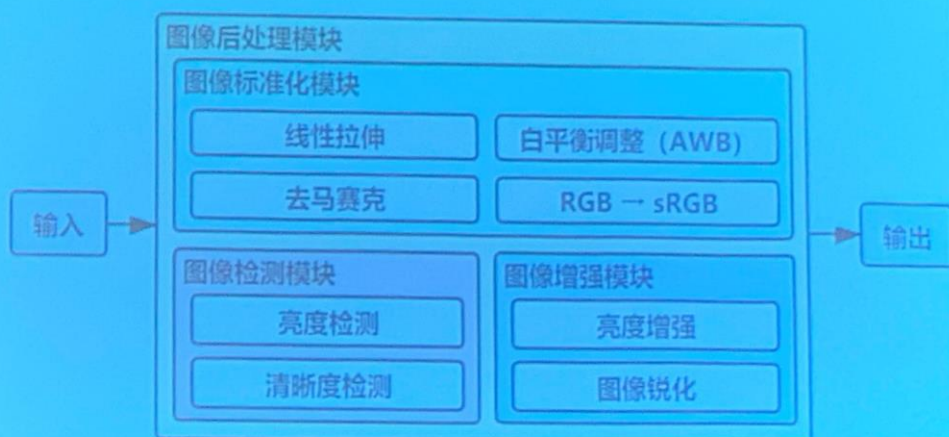
视觉信息处理器电路

重构多级并行异构架构



视觉信息处理器电路

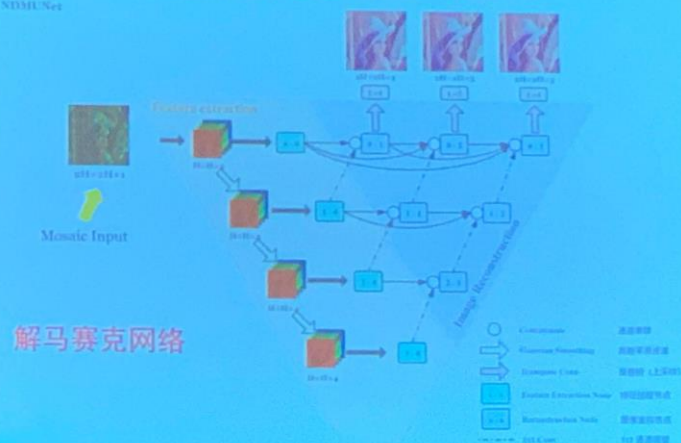
图像的增强处理 (ISP)



视觉信息处理器电路

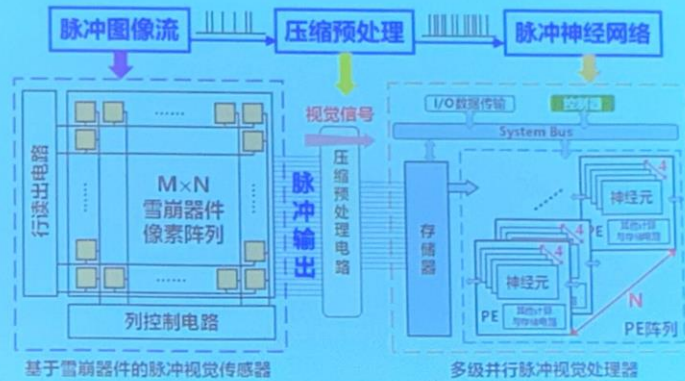
图像的增强处理 (ISP)

NDIMU-Net



智能视觉系统芯片案列

全仿生脉冲视觉芯片



基于雪崩器件的脉冲视觉传感器

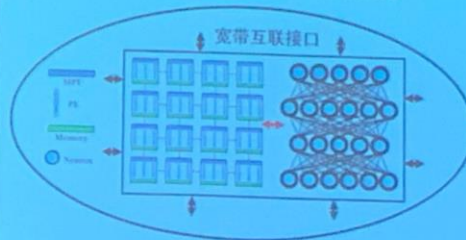
多级并行脉冲视觉处理器

单芯片完成全仿生二维/三维视觉信息获取、压缩预处理和神经网络信息处理。

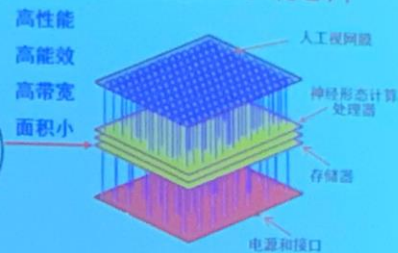
- 特点：1、全仿生脉冲成像和脉冲神经网络处理的芯片架构
2、可单芯片（单眼）三维成像、超越人的视觉系统

未来的智能视觉系统芯片

左右脑功能融合的 神经形态视觉计算架构



三维集成视觉系统芯片



识别检测 卷积神经网络



语义解释 卷积、循环神经网络 注意力机制



情感计算 卷积神经网络 循环神经网络



时间