



电子元器件

2018.08.19

评级: **增持**

上次评级: 增持

# 摄像头——5G 智能化时代的未来之眼

## ——光学行业深度报告

细分行业评级

	<b>陈飞达 (分析师)</b>	<b>王聪 (分析师)</b>
	021-38674941	021-38676820
	chenfeida@gtjas.com	wangcong@gtjas.com
证书编号	S0880517050010	S0880517010002

### 本报告导读:

手机摄像头从双摄到三摄再到潜望式, 同时会叠加前后 3D 成像, 为 5G 智能化应用奠定硬件基础。ADAS 是下一个即将爆发的蓝海市场, IOT 为行业打开更广阔空间。

### 摘要:

- **从手机到汽车再到智能联网设备, 光学创新持续进行, 未来空间广阔。维持行业“增持”评级:** 手机摄像头正从双摄到三摄 (多摄), 后续还有高倍光变。除拍摄外, 5G 智能化时代 AR 应用将逐渐兴起, 对深度图像识别有大量需求, 3D 摄像头必不可少; 智能汽车领域, 摄像头+毫米波雷达+激光雷达的配置将成为智能驾驶的标准组合; IOT 领域, 摄像头作为人工智能时代最核心传感器的地位将不断加强; 应用空间不断打开、技术创新持续进行, 行业将保持快速发展态势, 维持行业“增持”评级。
- **我们推荐: 欧菲科技 (三摄、3D 模组安卓和 A 客户龙头, 上游高附加值 lens 持续布局, 车载摄像头软硬件进展迅速)、韦尔股份 (手机、车载、安防 CIS 全球龙头)、联创电子 (车载镜头通过 Mobileye 验证, 手机镜头产能不断扩大, 3D 准直镜头量产出货)、水晶光电 (IRCF 全球龙头, 具备 3D 成像窄带滤波片及 WLO 镀膜量产能力, 受益行业增长)。**受益标的: 舜宇光学科技 (三摄、3D 模组安卓系龙头, 手机及车载 Lens 全球龙头, 3D 准直镜及 Lens 即将迎来收获期)
- **ASP 不断提升, 行业快速发展:** 从双摄到三摄再到潜望式, 光学组件 ASP 不断提升。预计全球手机摄像头市场有望从 2016 年的 180 亿美元增长至 2020 年的 354 亿美元, CAGR 达 18.6%。2018 年苹果将普及前置 3D 机构光, 2019 有望导入后置 TOF。安卓阵营 2018 年开始小批量导入, 2019 年加速渗透。我们预计 3D 成像行业产值将从 2017 年的 6.2 亿美元迅速增长到 2020 年的 94.4 亿美元, CAGR 高达 148%。
- **行业壁垒快速提升, 份额向龙头集中:** 三摄及潜望式在算法难度、制造精度、资本投入上均有提升, 市场份额向大厂集中。高端产品高毛利, 低端产品不挣钱的两极分化加剧。产业链各主要环节: 镜头大立光实力强劲, 舜宇光学拉近差距, 玻塑混合与 7P 技术齐头并进, 厂商路线选择各异; CIS: 三足鼎立格局清晰, 韦尔股份有望逐渐缩小差距; 模组环节: 多摄大幅提升制造难度, 一线模组厂欧菲、舜宇将进一步拉开领先优势。
- **3D 成像和车载摄像头是即将迅速爆发的蓝海市场, IOT 蓄势待发。** 3D sensing 产业链, 我们判断从 2019 年起后置 TOF 导入进度将超市场预期, 算法、VCSEL、镜头和芯片是四大核心环节; 智能汽车领域, 目前 Level III 及以下 ADAS 配置 4-8 个摄像头, 单车价值 1000-5000 不等, 后续级别提升行业空间会持续打开。

### 相关报告

电子元器件:《5G 基建脚步临近, PCB 板大有可为》

2018.08.14

印刷电路板:《国内产业集中度提升, 内资大厂加速崛起》

2018.07.10

电子元器件:《迎接智能化新时代》

2018.05.28

电子元器件:《迎接智能化新时代》

2018.03.11

电子元器件:《智能声学创新开启语音交互新时代》

2018.01.14

## 目 录

1. 摄像头为智能时代最核心传感器 .....	4
1.1. 感知世界引领交互，摄像头是核心入口 .....	4
1.2. 3D 摄像头带来维度提升，打开全新行业应用 .....	6
2. 摄像头行业趋势：提升用户体验为核心诉求，手机拍照升级持续 .....	8
2.1. 从双摄到三摄再到潜望式，光学变焦为升级方向 .....	8
2.1.1. 双摄显著提升成像效果，渗透率迅速上升 .....	8
2.1.2. 三摄叫好又叫座，再次提升用户体验 .....	11
2.1.3. 潜望式为下一代升级方向，多倍光学变焦有望实现 .....	14
2.2. 苹果安卓光学创新不息，市场持续增长 .....	16
2.2.1. 苹果：双摄/三摄持续导入，成就最大单一市场 .....	17
2.2.2. 安卓：光学创新积极度提升，持续增长 .....	18
3. 摄像头竞争格局：强者恒强，龙头厂商前景更佳 .....	20
3.1. 模组：行业壁垒提升，份额向龙头集中 .....	20
3.1.1. 多摄大幅提升制造难度，行业壁垒不断提升 .....	20
3.1.2. 强者恒强，模组份额向龙头集中 .....	22
3.1.3. 苹果独家采用 FC 技术，欧菲通过收购切入 .....	24
3.2. 镜头：新技术涌现，行业或出现变局 .....	26
3.2.1. 塑料镜头仍为主流，舜宇与台厂差距拉近 .....	26
3.2.2. 玻塑混合与 7P 齐头并进，厂商路线选择各异 .....	29
3.2.3. WLO 尚无法支持高像素应用，准直镜为其应用方向 .....	32
3.3. 马达：OIS 推升马达用量，中国企业正在崛起 .....	34
3.3.1. VCM 为主流，OIS 不断渗透推升需求 .....	34
3.3.2. 日韩厂商占据领先地位，中国厂商加速崛起 .....	36
4. 3D 行业趋势：确定性创新，百亿美元市场打开 .....	38
4.1. 厂商快速推进 3D 成像，全新行业应用将打开 .....	38
4.1.1. 苹果引领，安卓快速跟进 .....	38
4.1.2. 3D 成像将打开诸多全新行业应用 .....	39
4.2. 结构光与 ToF 将为 3D 成像主流方案 .....	41
4.2.1. 结构光、ToF 与双目立体视觉可实现 3D 成像 .....	41
4.2.1. 结构光与 ToF 将为主流，双目方案缺陷较大 .....	43
4.3. 百亿美元市场开启，4 年 CAGR 高达 148% .....	44
5. 3D 竞争格局：产业壁垒高，中国厂商迎来突破 .....	46
5.1. 结构光：前置 3D 成像主流方案 .....	46
5.1.1. 四大核心部件构成结构光方案，难度各异 .....	46
5.1.1.1. IR 发射模组：核心部件高壁垒，影响成像效果 .....	46
5.1.1.2. IR 接收模组：窄带滤光片为国内厂商主要机会 .....	49
5.1.1.3. 镜头成像端：产业链成熟，非增量业务 .....	50
5.1.1.4. 3D 图像处理芯片：壁垒高，突破难 .....	50
5.1.2. 结构光获取方式不同，编码方案可规避苹果散斑专利 .....	51
5.1.3. 苹果抢占全球成熟资源，安卓加速跟进 .....	52
5.2. ToF：前后置 3D 皆有望采用，商用在即 .....	53
5.2.1. ToF 硬件构成类似结构光，更为简约 .....	53
5.2.2. 距离传感为过去主要应用，3D ToF 方案商用在即 .....	54
5.2.3. ToF 与结构光产业链相似，成熟度相近 .....	55
5.3. 方案商密切配合，中国厂商迎来突破 .....	55

6. 车载摄像头为 ADAS 核心传感器，百亿市场开启 .....	57
6.1. ADAS 全面铺开，车载镜头为最核心传感器 .....	57
6.1.1. 刚需+政策推动，ADAS 全面铺开 .....	57
6.1.2. 车载摄像头为 ADAS 核心传感器 .....	58
6.2. 车载摄像头市场快速增长，百亿市场开启 .....	59
6.2.1. 传统汽车电子企业主导，舜宇为车载镜头 No.1 .....	59
6.2.2. 出货量符合增速达 20%，百亿市场开启 .....	60
7. 行业评级及投资建议 .....	61
8. 风险提示 .....	62

## 1. 摄像头为智能时代最核心传感器

### 1.1. 感知世界引领交互，摄像头是核心入口

#### ● 1.0 时代：记录与分享生活，手机摄像头快速发展

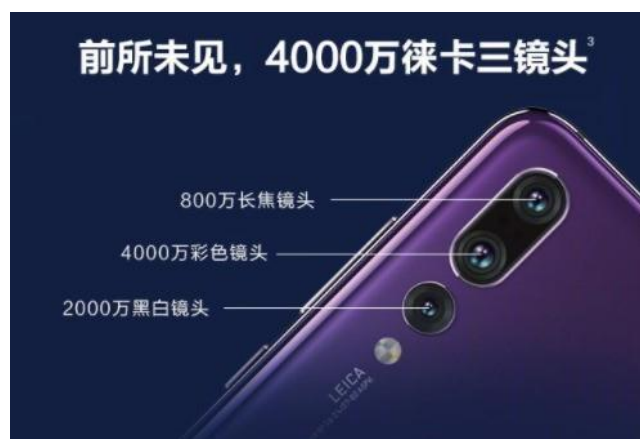
1997 年，硅谷工程师菲利普·卡恩为了第一时间和亲友分享女儿降生的喜讯，捣鼓出了第一台拍照手机的原型。三年后，夏普联合日本移动运营商 J-photo 推出了第一台真正的拍照手机——搭载一颗 11 万像素摄像头。此后，手机摄像功能的发展速度惊人，从 11 万像素到千万像素，只经历了短短 5 年时间。为了实现更好的拍摄效果，手机摄像头正从单摄到双摄再到三摄，后续有望再到潜望式，可见人类对光学性能的追求远未止步。

图 1：第一台摄像手机夏普 J-SH04（2000 年）



数据来源：Sharp

图 2：华为 P20 Pro 三摄



数据来源：华为

深究其原因，手机摄像的普及和升级与人类执着于用图像记录生活分不开。远古时期，人类用彩色颜料在岩洞洞壁上绘画，记录下周遭环境，如今用手机拍摄方便的记录和分享生活中的点滴。

#### ● 2.0 时代：引入算法感知世界，摄像头成为解密信息的钥匙

除了记录和分享生活这一常规应用外，图像识别技术的运用，使摄像头成为解密信息的钥匙。把摄像头对准某一未知事物，就能得到预想的答案，这就是当前科技巨头们在做的事情。Google 近期公布了其图像识别的研究进展，这套最新的算法已经能精准识别街道上的门牌号码。微信也在不久前开放了图像识别的 SDK，使更多基于微信的应用，只需“扫一扫”就可具备智能识图的能力。智能摄像头也被运用到了家电领域，美的和长虹的智能冰箱就通过图像识别等技术实现了食物保鲜的监控和提醒功能。图像识别技术和摄像头的结合，让人们拿起手机，就能探索世界。



图 3：智能识图



数据来源：Google

通过增强现实技术，摄像头搭建了连接虚拟和现实的桥梁。增强现实技术是指将计算机生成的虚拟物体、场景或信息叠加到真实场景中，实现对现实的增强。运用增强现实技术后，摄像头成为了人们感知虚拟信息的窗口，展示了物理世界中不可见的精彩。增强现实可以与 LBS 结合，如诺基亚的地图应用“城市万花筒”。城市万花筒将实景变成了一个能进行沟通的用户界面，打开摄像头，就能看到标注了各种虚拟信息的街道和建筑，使用户对周围环境一目了然。增强现实与图像识别结合，则能使平面静止的物体变得立体生动，极大地丰富视觉交互。

### ● 3.0 时代：3D 成像获取三维信息，引领智能交互

应用人工智能实现智能识图是摄像头 2.0 时代的应用，我们认为 3.0 时代的应用有望被 3D 摄像头打开。3D 摄像头具备感知现实世界三维信息的能力。从人机交互模式来看，从文字到语音，从 2D 平面图像到 3D 立体图像是一个必然趋势。因此 3D 摄像头的使用不仅将打开摄像头的 3.0 应用，更将带来第三次人机交互革命。

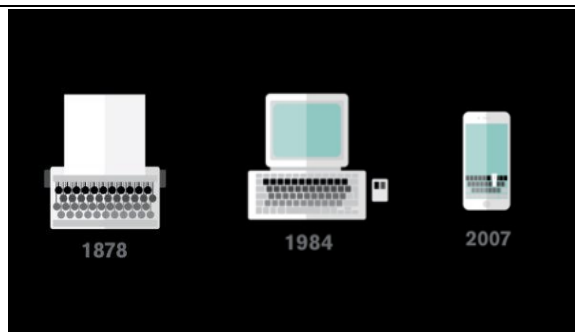
人机交互已经实现了二次革命：1) 鼠标；2) 多点触控；随着 3D 成像技术的普及人机交互有望迎来第三次革命：3) 体感交互，AR 输出。

**第一次人机交互革命：**早期的人机交互在一维层面上进行，如打字机和 DOS 系统的电脑。随着鼠标的发明和可视化图形界面的普及，人机交互迎来了第一次革命。

**第二次人机交互革命：**触摸屏的普及以及多点触控的出现，令人机交互进入了二维层面。相比鼠标和键盘，多点触控能更方便、多样的实现输入。

**第三次人机交互革命：**我们认为随着 3D 成像的普及，体感技术将快速成熟，带来第三次人机交互革命。体感技术将带来不需要任何手持设备即可进行人机交互的全新体验，并于 AR 相结合实现 3 维的输入和输出。

图 4: 目前主流交互方式为二维触控交互



数据来源: 电子信息网

图 5: AR 呈现 3 维的输出需匹配 3 维的输入

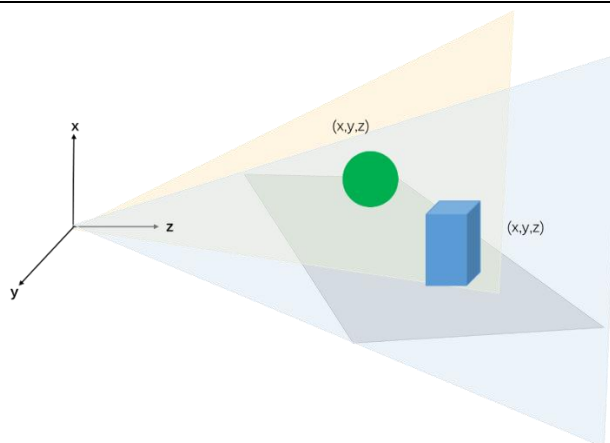


数据来源: 科技控

## 1.2. 3D 摄像头带来维度提升, 打开全新行业应用

二维成像对三维信息（深度，Z 轴）的获取能力十分有限，科学家尝试利用分析算法对丢失了尺寸、距离等几何数据的 2D 图像进行分析，但能够实现的智能分析功能十分有限。真正的 3D 成像能够测量视野内空间每个点位的三维坐标信息，可以实现更加正确的物体分割，合适精度的三维测量，三维数据的模型重建以及智能视觉识别和分析，令成像技术进入下一世代。目前，业内出现的双目立体视觉、结构光、ToF 均可实现 3D 成像。

图 6: 3D 成像能获取真实深度信息



数据来源: 国泰君安证券研究

### ● 3D 成像是提升 AR 效果的核心手段

苹果在 2017 年的 WWDC 大会上展示了 ARkit 的 Demo，在摄像头界面上，可以看到实体桌面上有一个虚拟的冒着热气的咖啡杯。现在看来效果已经不错，但如果想要将虚拟物体和现实物体更真实的融合在一起，还需要 3D 传感器，后者让手机能够更加清楚的知道桌面的位置，因此能够让桌面上的虚拟杯子更加真实，而不是像 Pokemon Go 一样仅仅是 2D 贴图。如不用 3D 计算深度来实现 AR，当移动手机时，虚拟物体和手机一起移动，而非固定在背景里，这就降低了 AR 体验。除了平动，在将手机从不同角度拍摄时，虚拟物体能做相应的转动，这极大的依赖于对拍摄背景深度数据的获取。

图 7: 3D 成像技术为 AR 效果提升核心手段



数据来源：智东西

### ● 全新的行业应用将因 3D 成像而出现

在行业应用方面，3D 成像技术应用广泛：1）提升智能方案领域的分析能力；2）廉价的实现机器人、无人机等设备的视觉导航；3）应用于汽车 ADAS，不依赖特征颜色，实现高精度、全天候、复杂场景；具体在第四章中展开。

**总结：**在移动互联网时代，摄像头的主要功能是拍照和摄像，为了达到更好的效果，我们看到了从单摄到双摄再到三摄，后续有望再到潜望式的行业趋势。在人工智能时代，智能设备不仅需要“看到”环境，而且还需要“读懂”环境，在此基础上和环境交互。这时就需要引入能够探测环境 3 维数据的深度摄像头并搭配其他识别设备。从这个角度理解，我们得到以下几点结论：

（1）图像数据在人工智能时代会变得更加重要，对三维数据的采集和后续处理是 AR、无人驾驶等领域的核心环节；

（2）摄像头会用的越来越多，拍照摄像头（单摄、双摄、三摄）和 3D 摄像头不是替代关系而是叠加关系，二者相互协调才能完成更好的人机交互；

（3）产品路线上，我们判断会按照：后置双摄、前置双摄、前置 3D、后置 3D 的路演演进。终端应用上，我们判断会按照：手机、汽车到 AR 等其他智能终端逐渐渗透。无论电子产品形态发生怎样的变化，摄像头的核心传感器地位会得到不断强化。

## 2. 摄像头行业趋势：提升用户体验为核心诉求，手机

### 拍照升级持续

#### 2.1. 从双摄到三摄再到潜望式，光学变焦为升级方向

##### 2.1.1. 双摄显著提升成像效果，渗透率迅速上升

双摄方案可以提供更丰富的应用选择和更好的成像质量。随着手机摄像头像素的提高，手机用户对拍照的需求已经从高像素转向更快的对焦速度、光学变焦、夜拍降噪、提高画质、提高动态范围、甚至三维重建等功能。这些光靠单摄像头，即使利用复杂的图像处理算法也难以完全实现，但是利用双摄像头搭配相关的算法，可以比较轻松地实现上述功能。目前双摄主要的技术方案有：1) 彩色相机+彩色相机 (RGB+RGB); 2) 彩色相机+黑白相机 (RGB + Mono); 3) 广角镜头+长焦镜头 (Wide+Tele);

**表 1: 不同双摄组合及特性**

方案	特性
彩色相机 + 彩色相机 (RGB + RGB)	主要用于计算景深，实现背景虚化和重对焦
彩色相机 + 黑白相机 (RGB + Mono)	主要提升暗光/夜景影像拍摄质量
广角镜头 + 长焦镜头 (Wide + Tele)	主要用于光学变焦

数据来源：CSDN，国泰君安证券研究

相比较单摄像头，多种类的双摄像头解决方案有着各方面的性能提升，但在制造难度和成本上也有相应增加。

**表 2: 双摄相比单摄性能优势明显**

	单摄	双摄
成像质量	低	高
暗光效果	差	好
对焦速度	慢	快
光学变焦	无	可控制景深
制造工艺	简单	复杂，精度要求极高
制造成本	低	高，需要引进高质量 AA 制程
3D 应用	无	初级的 3D 扫描及 3D 建模

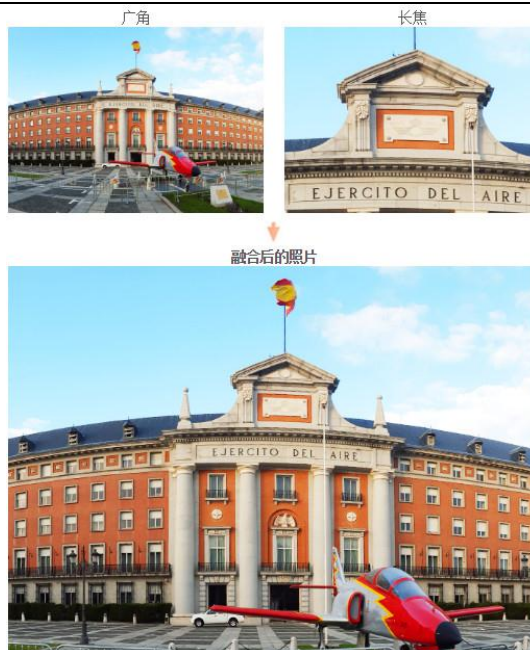
数据来源：雷锋网，国泰君安证券研究

**1) 画质的大幅提升：**双摄像头的成像质量是两个摄像头成像后通过算法叠加的结果，相当于增加了像素点数目和像素点面积，在无需增加透镜数目的情况下可以大幅提升画质。

**2) 可实现光学变焦：**与将传感器芯片获得的图像数据进行放大的电子变焦不同，双摄像头可以通过左右摄像头使用不同的 FOV (可视角) 获得的不同取景来获得真实的光学变焦，即广角镜头取景更宽更广，但是取不到远处物体。而长焦镜头虽然取景比较窄，但是能“看”的更远。以 iPhone 7 Plus 为例，它采用了一枚 1200 万像素，28 毫米，f1.8 的广角镜头以及一枚 1200 万像素，56 毫米，f2.8 的长焦镜头，可实现 2 倍光学变焦，在全景与细节兼顾方面有着非常好的效果。



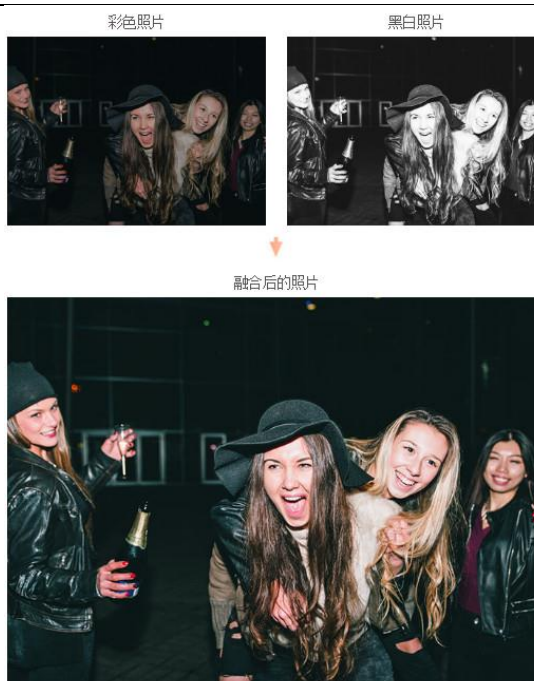
图 8：广角+长焦：实现光学变焦



数据来源：雷锋网

**3) 暗光效果增强：**提高暗光拍照质量一般有三种办法：延长曝光时间、提高 ISO 感光度、增大光圈。延长曝光时间要应对抖动的问题，于是手机厂商纷纷研发光学防抖。提高 ISO 感光度则必然会增加噪点进而影响画面纯净度，在手机体积和厚度限制下又不太可能再把传感器尺寸放大，手机光圈一般都是固定的无法调整。于是算法工程师们想到了借助黑白世界的力量。在彩色+黑白双摄的解决方案中，一个用带有彩色滤光片的标准摄像头，一个采用去掉滤光片的黑白摄像头，用彩色摄像头获取物体的色彩，用黑白摄像头去获得更好的进光量，双摄的配合可以完美的实现高质量暗光拍摄；

图 9：彩色+黑白：增强暗光拍摄效果



数据来源：雷锋网

4) 可实现快速对焦与景深控制：双摄像头可以通过硬件与算法功能记录完整景深信息，从而实现快速对焦与景深控制。主副双摄像头结构可以实现快速准确对焦，而平行双摄像头可以虚拟光圈，模拟镜头的不同物理光圈下的效果，从而实现全景深效果到背景虚化效果的变化。

图 10：双摄可实现重对焦



数据来源：CSDN

**2017 年是后置双摄的爆发元年，2018 年加速渗透：**双摄手机能见度快速提升，苹果双摄渗透率显著提升，三星在新款旗舰 Note 8 上首度导入双摄，国产品牌中华为依然最激进，其他各品牌纷纷发布搭载双摄像头的新款机型，高通和联发科技也积极为 Daul camera 提供支持。从已发布的机型来看，广角+长焦和彩色+黑白两种方案都有旗舰机型采用。CMOS 像素规格提升较快，从 2H17 开始，旗舰机型大都采用了 12M+12M 以上的高规格配置。

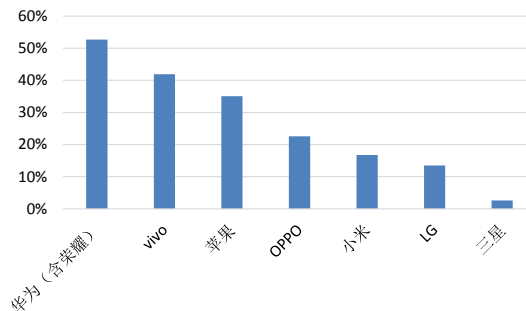
表 3：双摄在旗舰中加速渗透

品牌	机型	像素	算法	结构	模组供应商	发布时间
苹果	iPhone X	13M+13M	苹果	广角+长焦	LG-Innotek、Sharp	2017 年 9 月
	P10	20M+12M	华为	彩色+黑白	舜宇、光宝	2017 年 2 月
	荣耀 V9	12M+12M	华为	彩色+黑白	欧菲光、舜宇	2017 年 3 月
华为	荣耀 9	12M+12M	华为	彩色+黑白		2017 年 6 月
	Nova2	8M+12M	华为	广角+长焦	欧菲光、光宝	2017 年 6 月
	Mate 10	5M+12M	华为	广角+长焦	舜宇、欧菲、光宝	2017 年 10 月
	P20 Pro	40M+20M+8M	华为	彩色+黑白+长焦	欧菲、光宝	2018 年 4 月
小米	小米 6	12M+12M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	三星电机、欧菲光	2017 年 4 月
	小米 Note 3	12M+12M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	三星电机、欧菲光	2017 年 9 月
	R11	20M+16M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	三星电机、舜宇	2017 年 6 月
OPPO	R11S	20M+16M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	三星电机、舜宇、欧菲光	2017 年 10 月
Vivo	X20	20M+16M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	舜宇、三星电机	2017 年 10 月
金立	S10	前置：20M+8M 后置：16M+8M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	欧菲光	2017 年 5 月
三星	Note 8	12M+12M	ArcSoft 虹软	广角+长焦	三星电机	2017 年 8 月

数据来源：旭日产研，国泰君安证券研究

进入 2018 年，全球重点品牌大幅拓展双摄像头，从旗舰机型到中低端机型的持续渗透，令双摄手机渗透率远超预期。据旭日大数据统计，2017 年双摄渗透率超 20%，预计 2018 年双摄渗透率将达 40% 左右。从出货量情况看，双摄主要集中在华为、vivo、苹果、OPPO、小米、LG、三星等品牌厂商身上，其中华为（包含荣耀）是全球双摄手机渗透率最大的手机品牌厂商，高达 52.68%。

图 11：2017 年各品牌双摄渗透率



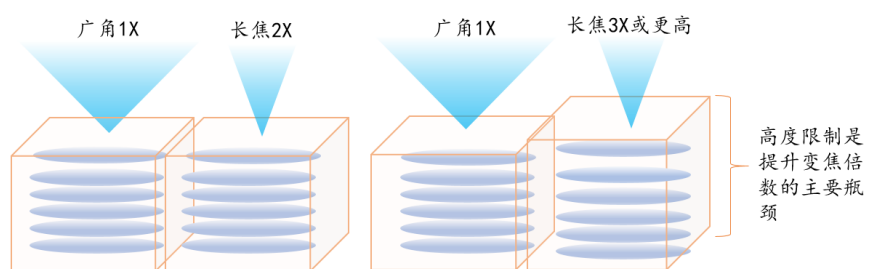
数据来源：旭日大数据

### 2.1.2. 三摄叫好又叫座，再次提升用户体验

#### ● 双摄仍然无法做到各项性能兼顾，三摄为改进方向

因为手机厚度的限制，手机摄像头无法如相机镜头那样满足各项指标要求。通过增加第二颗摄像头，手机拍照能力得以显著提升，但是并未做到极致。当前技术水平下，将两种不同类型的摄像头进行组合还是会放弃某些功能，比如：1）长焦+广角的组合不具备出色的暗光效果，且因为手机厚度有限，无法做到高倍数的光学变焦；2）彩色+黑白的组合不具备光学变焦能力。基于此，为进一步提升手机拍摄性能，三摄像头将是升级路径。

图 12：双摄对摄像头性能提升仍有限制，三摄为解决方案



数据来源：科技控

#### ● 三摄叫好又叫座，促进销量大幅增长

黑白加彩色方案强于“画质”，广角加长焦方案强于“画面”，三摄是将两者结合优势结合的解决方案。华为在 2018 年发布了 P20 Pro 旗舰机皇拍照手机，凭借徕卡镜头的加持，成为全球首款实现“三摄”拍摄技术的手机。

图 13: 华为 P20 Pro 三摄参数



「华为P20 Pro镜头参数」

主摄像头	副摄像头	远摄像头
4000万像素	2000万像素	800万像素
1/1.73英寸	1/2.78英寸	1/4.4英寸
RGB彩色图像传感器	黑白图像传感器	RGB彩色图像传感器
Quad Bayer结构	f/1.6光圈镜头	f/2.4光圈镜头
f/1.8光圈镜头	等效焦距27毫米	等效焦距80毫米
等效焦距27毫米		配有光学防抖 (OIS)

数据来源：科技控

从实际拍摄效果来看，华为 P20 Pro 的拍摄效果非常出色，无论是细节还原还是暗光拍摄，都达到了非常高的水平，同时在 3 倍光学变焦和 2 倍数字变焦的加持下具备 5 倍变焦能力。在相机测评网站 DxOMark 的测试中，华为 P20 Pro 以 109 的分数超越 iPhoneX、谷歌 Pixel2 以及一众厂商荣登榜首。

表 4: 华为 P20 Pro 拿下手机相机评测第一名

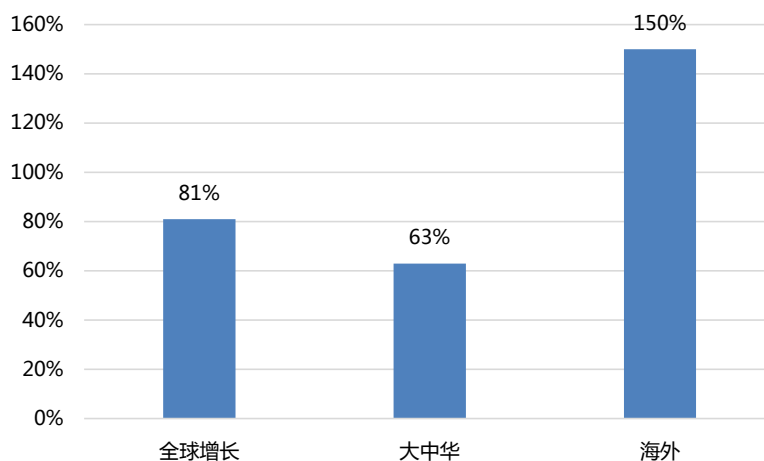
分值	型号
109	Huawei P20 Pro
103	HTC U12+
102	Huawei P20
99	Samsung Galaxy S9 Plus
99	Xiaomi Mi 8
98	Google Pixel 2
97	Apple iPhone X
97	Huawei Mate 10 Pro
97	Xiaomi Mi MIX 2S
96	OnePlus 6

数据来源：DxOMark

在三摄的加持下，华为 P20 系列手机的销量也取得了突破，明显优于前一代 P10。2018 年 6 月 13 日，华为的手机业务负责人何刚在亚洲 CES 大会上说到，华为 P20 和 P20 pro 从发布到上市近三个月以来，销量已突破 650 多万台，对比 2017 年的 P10 系列旗舰机的同期则为 330 万台，预计 P20 在生命周期内销量将超过 1500 万台。



图 14: 华为 P20 系列销量大增（与 P10 相比，2018 年 6 月 13 日）



数据来源：华为

### ● 多种三摄方案有望面市，2019 年三摄能见度大幅提升

除了“黑白+彩色+长焦”的方案外，预计也将有别的三摄单排方案面市，为手机厂商及消费者提供更多选择。

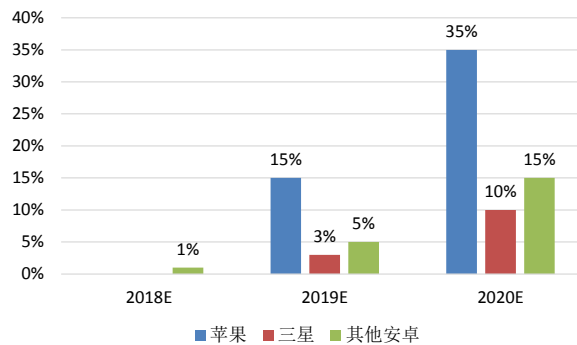
表 5: 不同三摄配置的特性

华为 P20 Pro			
20MP 黑白 广角 f/1.6	40MP 彩色 广角 f/1.8	8MP 彩色 长焦 f/2.4	该配置能显著提高低亮度条件下的成像质量，同时具有 5 倍光学变焦
配置 1			
16MP 黑白 广角 f/1.5	12MP 彩色 广角 f/1.5	12MP 彩色 长焦 f/2.2	该配置能够在不牺牲良好变焦性能的同时，保证昏暗场景下的成像质量
配置 2			
12MP 彩色 超广角 f/2.4	12MP 彩色 广角 f/1.5	12MP 彩色 长焦 f/2.2	该配置适合旅行爱好者，超广角镜头使得无需拼接即可拍摄全景图像，变焦时能够捕捉到更多的细节

数据来源：MS

根据我们的调研显示，当前业内舜宇光学、欧菲科技等企业对于三摄持乐观态度，三摄已经证明了其对于手机拍摄性能具备大幅提升的能力，同时消费者对光学创新持欢迎态度，华为 P20 的热销为其他厂商导入三摄提供了信心。

图 15: 各手机阵营后置三摄渗透率预测



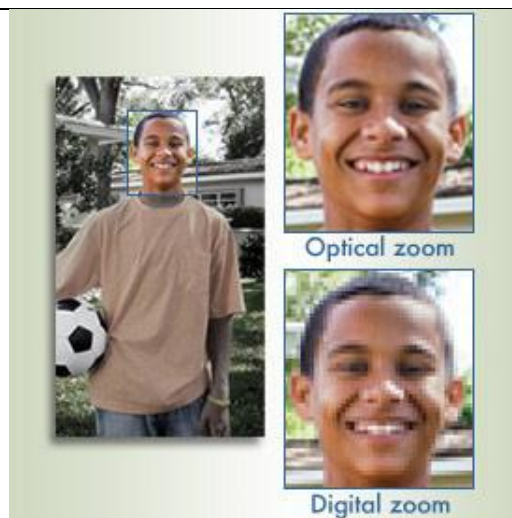
数据来源: 国泰君安证券研究

### 2.1.3. 潜望式为下一代升级方向, 多倍光学变焦有望实现

#### ● 数字变焦效果差, 当前光学变焦仅为“定焦”

一直以来绝大多手机对于变焦（远距离拍摄）的需求，都是通过严重压缩画质的数字变焦来完成。数字变焦（digital zoom）和光学变焦（optical zoom）有着本质的不同，可以简单的认为数字变焦为“假变焦”。数字变焦仅仅是一个类似放大的效果，并不能真正的起到变焦作用，所以数字变焦的结果通常噪点较多，图像比较模糊。

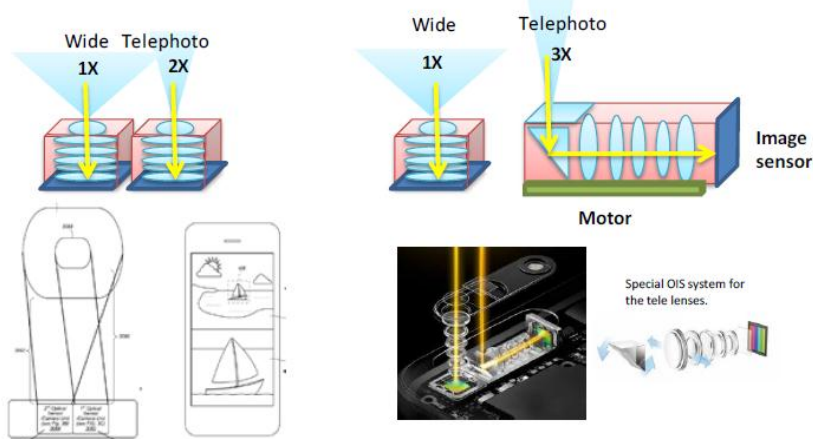
图 16: 数字变焦效果差



数据来源: CSDN

因此光学变焦是目前用户对于手机拍照功能的主要诉求点之一，但是变焦镜头非常依赖于光学透镜的组合设计，因此想在单摄像头上实现光学变焦对于手机摄像头模组的厚度、复杂度和整体外观设计带来巨大的挑战。手机双摄像头通过“广角+长焦”可实现低倍数的光学变焦，比如 iPhone7 Plus 有两枚 1200 万像素的后置镜头，广角镜等效焦距 28mm，长焦镜等效 56mm，长焦镜的等效焦距正好是广角镜的一倍。但本质上两个镜头还是定焦镜头，而非传统意义上物理焦距可以变化的变焦镜头。也就是说，iPhone 7 Plus 的 2 倍光学变焦无法实现 1 倍到 2 倍之间的任意光学变焦的，其光学变焦只能取 1 和 2 两个值，这种光学变焦方式并不“平滑”，实际使用中 1-2 倍之间的变焦依靠算法实现。

图 17：当前手机镜头的光学变焦能力有限

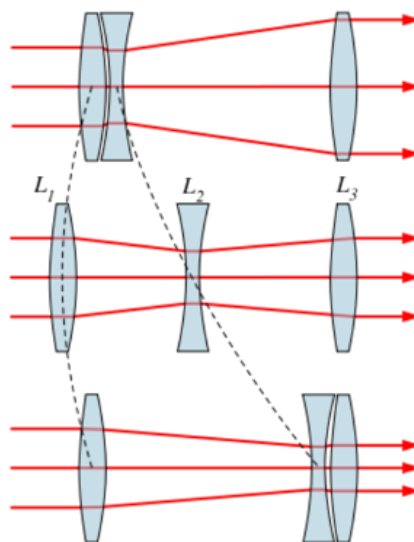


数据来源：野村

### ● 潜望式镜头可提升光学变焦倍数，引入马达后真正实现平滑

上一节提到，当前手机所谓的光学变焦是“非平滑”的光学变焦。真正的光学变焦是通过改变无焦变焦系统来实现，它由多个固定的和可移动的透镜组合而成，通过改变光束穿过透镜的位置来达到变焦的目的。可见，在手机摄像头中想实现真正的光学变焦，需要给透镜一定的活动空间，这会增加手机镜头的高度和制造难度。

图 18：光学变焦原理



数据来源：CSDN

另外，如果想提升变焦倍数，则需要增加镜片数量，这会增加镜头厚度。然而受限于手机厚度，长焦堆叠式镜头将会突出体外。华为 P20 Pro 的长焦镜头高度明显大于彩色和黑白镜头就是例证。

图 19: 华为 P20 Pro 长焦镜头厚度大于其他镜头 (最右)

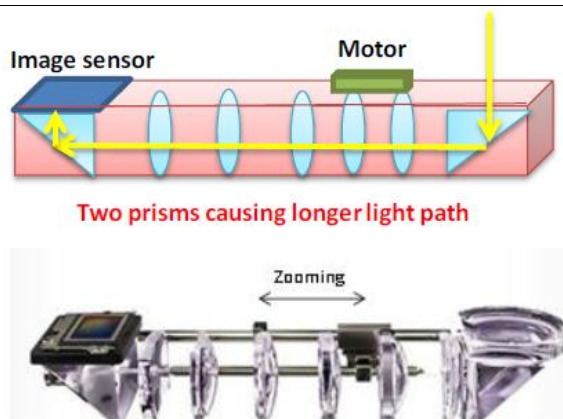


手机技术资讯

数据来源: 手机技术资讯

当前解决这一问题的方法是将长焦镜头横置于手机内部,也就是“潜望式镜头”,同时加入马达,实现镜头内部透镜的可移动,以此来实现“高倍数平滑光学变焦”。

图 20: 潜望式+马达可实现真正的无级光学变焦



数据来源: Hoya

表 6: 潜望式与普通堆叠式镜头对比

	堆叠式	潜望式
背盖面	突出	平面
光学变焦	2-3X	>3X
镜片数	3P-6P	>6P
入光量	较多	较少
成像品质	较好	较差
镜头体积	较大	较小

数据来源: 国泰君安证券研究

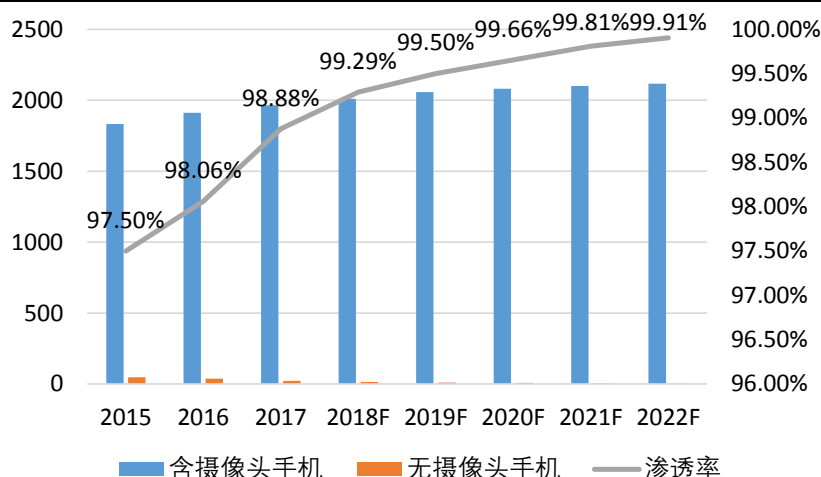
另外三摄像头与 3D 成像解决方案不存在相互替代关系,三摄用于进一步提升光学变焦能力,也就是让手机更清晰看到远处,如果结合结构光或者 ToF 将实现强大的应用。预计业内领先厂商有望在 2019 年推出后置三摄+ToF 功能手机,性能进一步提升。

## 2.2. 苹果安卓光学创新不息,市场持续增长

当前几乎所有的手机都已经配备摄像头,根据 TSR 的数据,2016 年具备摄像功能的手机占比高达 98.1%。因此,未来手机光学市场的增长主要依靠双摄、三摄占比提升带来的 ASP 增长,当前后置单摄均价不足 30 元,但后置双摄均价在 80-100 元,后置三摄初期成本高达 50 美金。



图 21: 拍照手机渗透率已高, 后续靠 CCMASP 提升



数据来源: TSR

### 2.2.1. 苹果: 双摄/三摄持续导入, 成就最大单一市场

在拍照方面, 自 2016 年 iPhone 7 Plus 搭载双摄以来, 苹果双摄渗透率快速提升。2017 年 iPhone 8 Plus 与 iPhone X 均采用双摄, 预计 2018 年发布的 3 款 iPhone 新机中也会有 2 款采用双摄, 进入 2019 年苹果有望在旗舰机型中搭载三摄。

表 7: iPhone 后置摄像头配置预测

年份	型号	广角	长焦	超广角
2017	8	6P, 12MP, f/1.8		
	8 Plus	6P, 12MP, f/1.8	6P, 12MP, f/2.8	
	X	6P, 12MP, f/1.8	6P, 12MP, f/2.4	
2018E	9	6P, 12MP, f/1.8		
	9 Plus	6P, 12MP, f/1.8	6P, 12MP	
	XI	6P, 12MP, f/1.8	6P, 12MP	
2019E	10	6P	6P	
	10 Plus	6P	6P	
	XII	6P	6P	5P

数据来源: 国泰君安证券研究

随着 iPhone 双摄渗透率提升, 三摄的导入, 其摄像头市场规模将不断扩大了, 为全球最大单一市场。根据我们测算, iPhone 摄像头市场规模有望从 2016 年的 55 亿美元增长至 2020 年的 130.6 亿美元, CAGR 达 24%。

表 8: 苹果手机摄像头市场规模测算

项目	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
出货量 (百万部)	205	216	240	250	250
后置单摄渗透率	84%	55%	36%	10%	0%
后置双摄渗透率	16%	45%	64%	75%	65%
后置三摄渗透率				15%	35%
前置单摄渗透率	100%	100%	100%	100%	100%
后置单摄 ASP (美元)	15	15	15	15	15
后置双摄 ASP (美元)	45	40	40	40	40

	后置三摄 ASP (美元)				60	55
	前置单摄 ASP (美元)	7	7	7	7	7
	后置单摄市场规模 (M\$)	2583	1782	1296	375	0
	后置双摄市场规模 (M\$)	1476	3888	6144	7500	6500
	后置三摄市场规模 (M\$)				2250	4812.5
	前置单摄市场规模 (M\$)	1435	1512	1680	1750	1750
总计	市场规模 (M\$)	5,494	7,182	9,120	11,875	13,063
	YoY		30.7%	27.0%	30.2%	10.0%

数据来源：国泰君安证券研究

### 2.2.2. 安卓：光学创新积极度提升，持续增长

过去苹果一直是手机创新的引领者，但是近年来在光学创新方面安卓阵营更为积极，例如在双摄导入上，呈现从华为→苹果→其他安卓手机的顺序。在三摄方面，也是由华为拔得头筹。进入 2018 年，安卓阵营还引入了伸缩式镜头（VIVO NEX）、双轨潜望结构（OPPO Find X）。反应在市场规模上，有望从 2016 年的 124.8 亿美元增长至 2020 年的 223.8 亿美元，CAGR 达 16%。

表 9：手机摄像头市场规模测算

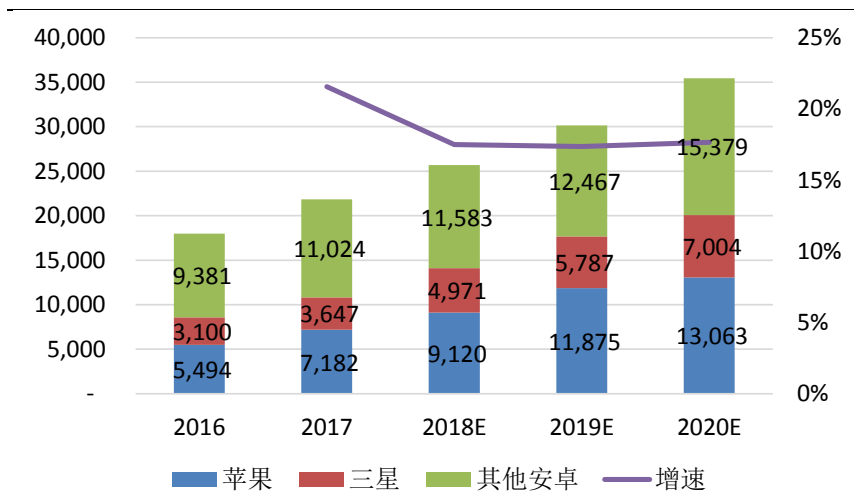
	项目	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
三星	出货量 (百万部)	310	330	340	340	340
	后置单摄渗透率	100%	95%	78%	66%	55%
	后置双摄渗透率		5%	22%	31%	35%
	后置三摄渗透率				3%	10%
	前置单摄渗透率	100%	100%	100%	100%	100%
	后置单摄 ASP (美元)	7	7	7	7	7
	后置双摄 ASP (美元)		28	28	25	25
	后置三摄 ASP (美元)				55	50
	前置单摄 ASP (美元)	3	3	3	3	3
	后置单摄市场规模 (M\$)	2170	2194.5	1856.4	1570.8	1309
	后置双摄市场规模 (M\$)		462	2094.4	2635	2975
	后置三摄市场规模 (M\$)				561	1700
	前置单摄市场规模 (M\$)	930	990	1020	1020	1020
其他安卓	出货量 (百万部)	940	967	920	910	910
	后置单摄渗透率	93%	80%	54%	40%	15%
	后置双摄渗透率	7%	20%	45%	55%	70%
	后置三摄渗透率			1%	5%	15%
	前置单摄渗透率	100%	100%	100%	100%	100%
	后置单摄 ASP (美元)	6	6	6	6	6
	后置双摄 ASP (美元)	20	18	13	11	10
	后置三摄 ASP (美元)			50	45	40
	前置单摄 ASP (美元)	3	3	3	3	3
	后置单摄市场规模 (M\$)	5245.2	4641.6	2980.8	2184	819
	后置双摄市场规模 (M\$)	1316	3481.2	5382	5505.5	6370
	后置三摄市场规模 (M\$)			460	2047.5	5460
	前置单摄市场规模 (M\$)	2820	2901	2760	2730	2730

	市场规模 (M\$)	12,481	14,670	16,554	18,254	22,383
总计	YoY		17.5%	12.8%	10.3%	22.6%

数据来源：国泰君安证券研究

**总结：**近年来，手机拍照摄像头创新呈现加速态势。2017 年为双摄元年，2018 年双摄加速渗透，同时安卓阵营高端旗舰手机试水三摄，市场反馈良好。2019 年安卓阵营更多品牌及机款将导入三摄，同时苹果也有望采用。全球手机摄像头市场有望从 2016 年的 180 亿美元增长至 2020 年的 354 亿美元，CAGR 达 18.6%。

图 22：手机摄像头总市场规模（百万美元）



数据来源：国泰君安证券研究

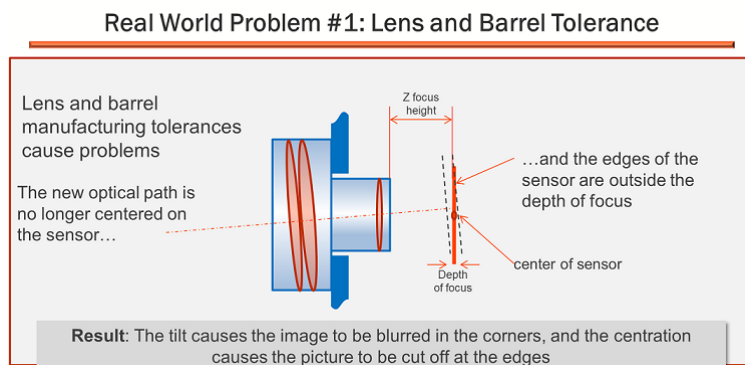
### 3. 摄像头竞争格局：强者恒强，龙头厂商前景更佳

#### 3.1. 模组：行业壁垒提升，份额向龙头集中

##### 3.1.1. 多摄大幅提升制造难度，行业壁垒不断提升

1、多摄需 AA 制程，提高 CCM 门槛：摄像头模组的封装涉及到图像传感器（CIS）、镜头、音圈马达（VCM）、PCB 电路板等零配件的多次组装，由于传统的封装工艺（如 COB）一般是根据设备调节的参数进行零配件的移动装配的，造成零配件的叠加公差越来越大，最终将导致成像最清晰位置偏离中心、画质均匀性较差等诸多问题。例如：镜头可能会偏离垂直轴线一定角度，从而导致镜头中心和 CIS 中心不在一个水平线上。因此边角的图像信息会损失。而传统封装工艺使得 CIS 本身可能逆向偏离垂直轴线一个角度，从而使得边角的损失更大。

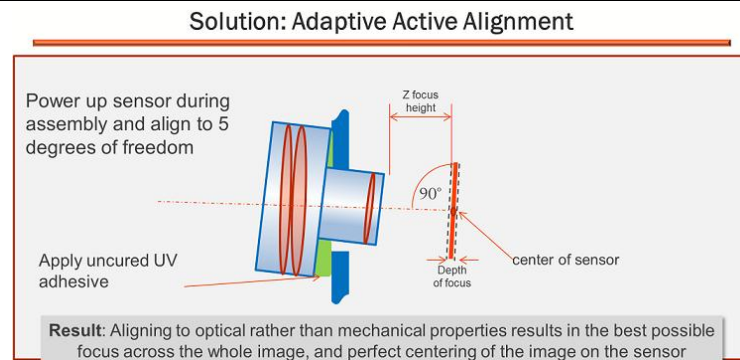
图 23：传统封装带来的误差



数据来源：智东西

对于这一问题的解决方案称为 AA（Active Alignment）主动对准技术，按照光学效果而非机械参数进行装配。拥有 AA 制程的设备在组装每一个零配件时，设备将检测被组装的半成品，并根据被组装半成品的实际情况主动对准，然后将下一个零配件组装到位。AA 制程通过调节镜头对准至 6 个自由度（X, Y, Z,  $\theta_x$ ,  $\theta_y$ ,  $\theta_z$ ），即调节相对位置和镜头倾斜，可确保拍照画面中心最清晰，以及提升画质均匀性，产品一致性得到显著提升。

图 24：AA 制程实现主动对准



数据来源：智东西

对于摄像头模组厂而言：1）AA 制程技术难度大，要保证模组调度效率

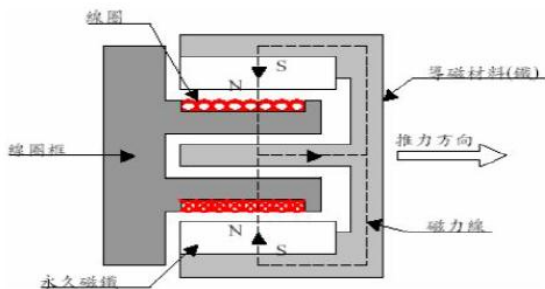


的一致性、稳定性和平衡性，对设备和工作人员要求较高；2）设备价格高，每台价值 30-40 万美金，资金占用量大。但是在图像传感器像素持续走高和单像素面积不断降低的大趋势下，镜头与传感器相对定位的准确性要求在不断提高，传统的封装工艺已经力不从心，AA 制程已成为高质量摄像头的门槛。

**2、VCM实现 OIS 与 AF,但干扰问题进一步提升模组厂门槛:** VCM(voice coil machine) 音圈马达主要处理镜片的移动，其有两个应用：**1) 自动对焦 (AF)**，原理通过 driver IC 在线圈中产生电流，在磁场内线圈受力伸缩，同时带动镜头移动。ISP 处理比较每个位置的信息，找到最佳成像位置，最后对 driver 输出电流命令，使镜头移动到最佳成像位置。**2) 光学防抖 (OIS)**，原理是镜头中的螺旋仪探测到倾斜，将信号传输至处理器，计算出要补偿的量，最后通过 VCM 移动镜头中的补偿镜片对镜头进行调整。光学防抖的作用在于稳定拍摄，减少残影的产生。但更重要的作用是在于在暗光环境下的拍摄。由于 OIS 的存在，摄像头允许的快门速度可以更慢，这样曝光时间更长，进光量就能更多，从而在暗光环境下的图像更加清晰。

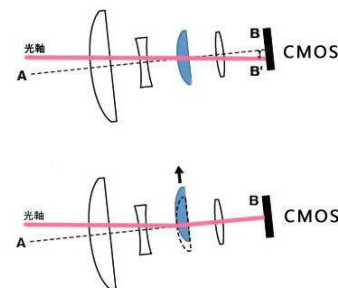
AF 和 OIS 都是通过 VCM 的磁力来实现的，但由于双摄的两个摄像头距离较近，容易引起磁力的相互干扰，因此需要对 VCM 的抗磁性进一步提高。当前 VCM 厂商只充当提供电子元件的角色，摄像头模组 AF、OIS 以及抗干扰的工作由模组厂完成，这对模组厂的要求进一步提升。

图 25: VCM 原理示意



数据来源: TRANSSION

图 26: VCM 移动补偿镜片实现 OIS



数据来源: TRANSSION

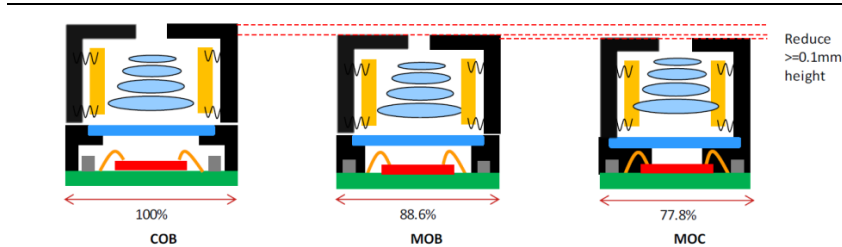
**3、同轴度要求高:** 与单摄相比，多摄存在多个摄像头的同轴度问题，摄像头要求位置稳定、Sensor 芯片贴装精度高、光轴平行度高。各个摄像头的图像传感器的符合平面度误差需要小于一定范围，各个镜头的光轴趋于平行。具体到技术规格方面，以双摄为例，理想的情况下双摄的两个镜头的轴向安装角度误差必须控制在 0.3 度以内，距离精度控制在 0.05 毫米以内，产品的良率极低，对模组厂的加工能力要求极高。

**3) 算法资源稀缺:** 图像处理算法在双摄像头中的主要作用是将单个摄像头所拍摄的两张图像合成为一张。目前可以提供该应用算法企业不多，主要包括高通、MTK、ArcSoft、Cores Photonics、LINX（已在 2015 年被苹果收购）。由于目前算法资源稀缺，算法还无法标准化，厂商间的合作难度很大。需要业内大厂的推动，对于规模小的模组厂而言出局概率较大。

**4) 全面屏带来的工艺难度提升:** 在全面屏趋势下，需要有新的技术将

摄像头模组做的更小,这对模组厂提出了更高的要求。MOB(Molding On Board)封装技术与传统的封装方的不同之处有两点,首先传统封装结构上包括线路板(包括感光芯片、连接线、电路器)和底座两部分,MOB通过模塑技术使封装部与线路板一体化,取代了基板的使用;其次,对于线路板上的元件,传统的封装方式芯片和电路器件都是裸露在空间中的,MOB将其包覆在一起,既防止了灰尘对于元件的污染,又增加了封装部向内设置的空间,减小了摄像头模组的尺寸。MOC(Molding On Chip)封装技术相比于 MOB,包覆部分增添了连接线,从而使得模组尺寸减小的程度更大。具体来说,MOB 的模组尺寸下降了 11.4%,而 MOC 的模组尺寸下降了 22.2%。另外,利用线路板上的元件和连接线的提前包覆,减少了模组的组装次数,从而减少了公差的累积。MOB 封装的公差尺寸面由 4 个降至 2 个, MOC 封装的公差尺寸面降至 1 个,直接导致模组装配精度显著提升。

图 27: COB、MOB、MOC 封装技术对比



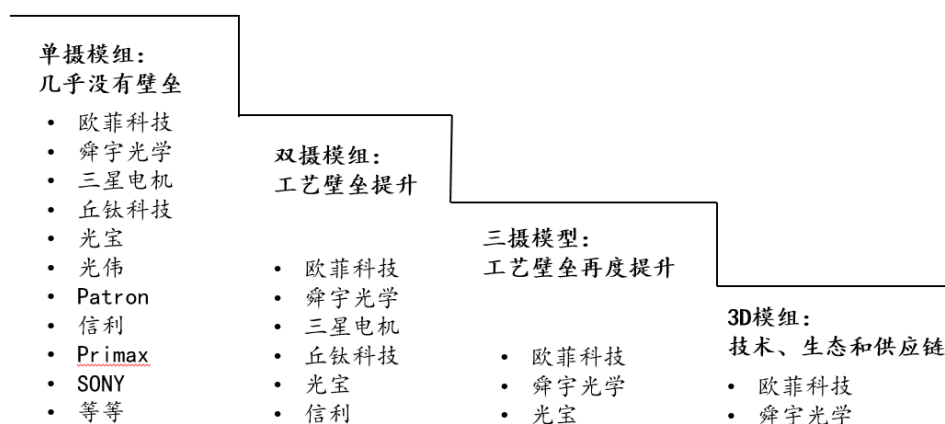
数据来源: 野村

### 3.1.2. 强者恒强, 模组份额向龙头集中

#### ● 制造难度提升, 份额向龙头集中

2016 年前,手机摄像头模组行业由于技术壁垒较低,模组厂商竞争激烈,行业集中度低,毛利率处于较低水平。随着双摄的出现,行业壁垒提升,长期处于激烈竞争模组厂商进行洗牌,留下的厂商将享受盈利能力的重新回升。目前,可以批量生产双摄像头 CCM 的企业数量有限,实力较差的厂商已逐渐在双摄时代出局。同时,我们观察到进入三摄之后,具备研发和量产能力的厂商更少,在安卓阵营目前只有欧菲科技、舜宇光学、光宝。

图 28: 随多摄及 3D 到来, 行业竞争格局向好



数据来源: 国泰君安证券研究

### ● TOP 客户集中度提升，CCM 厂产能要求进一步加强

全球智能手机出货量进入平台期，出货量增幅渐缓。受益于功能机转智能机这一因素，2014 年全球智能手机出货量增长较大增幅，但自 2014 年后，增幅明显下降。2017 年，全球智能手机出货量为 15.28 亿部，全球智能手机出货量增幅减小，市场进入平台期。同时手机市场份额集中加剧，中小品牌生存空间压缩。据旭日大数据统计，近几年来，TOP 品牌苹果、三星、华为、小米 OPPO、vivo 的市场份额由 2014 年的不足 50%，增长至 2017 年的 65%；2018 年，国内智能手机品牌迎来严峻考验，中兴、酷派等品牌手机销量持续萎缩，金立被爆出因资金链危机裁员断货，魅族也连续第三年出现大幅裁员，行业加速洗牌。手机出货量向几大厂商集中意味着 CCM 供应商也需要不断提升自身产能与技术水平，否则无法跟上客户步伐。

### ● 龙头厂商跑赢行业增长，份额不断提升

根据 TSR 数据显示，CCM 市场在逐渐向龙头厂商集中。2016 年数据显示，前 5 大厂商市占率为 33%，2017 年这一数值为 37.3%，预计 2018 年继续提升至 41.6%。从各摄像头模组厂的出货增速能很容易的发现，排名越靠前的厂商出货增速越快，显示了领头企业强者恒强的效应。

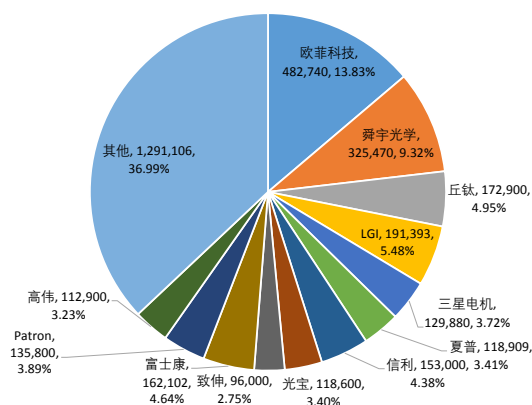
表 10：2016-18 年 CCM 厂商出货量及份额预测（百万颗）

厂商	2016		2017		YoY	2018F		YoY
	出货量	份额	出货量	份额		出货量	份额	
欧菲科技	314,300	9.0%	482,740	13.83%	53.59%	572,700	16.06%	18.64%
舜宇光学	283,700	8.1%	325,470	9.32%	14.72%	397,600	11.15%	22.16%
丘钛	182,700	5.2%	172,900	4.95%	-5.36%	235,000	6.59%	35.92%
LGI	212,700	6.1%	191,393	5.48%	-10.02%	183,300	5.14%	-4.23%
三星电机	158,800	4.5%	129,880	3.72%	-18.21%	94,000	2.64%	-27.63%
夏普	124,870	3.6%	118,909	3.41%	-4.77%	116,100	3.26%	-2.36%
信利	136,300	3.9%	153,000	4.38%	12.25%	195,000	5.47%	27.45%
光宝	143,500	4.1%	118,600	3.40%	-17.35%	130,000	3.65%	9.61%
致伸	125,000	3.6%	96,000	2.75%	-23.20%	88,000	2.47%	-8.33%
富士康	168,908	4.8%	162,102	4.64%	-4.03%	168,000	4.71%	3.64%
Patron	161,180	4.6%	135,800	3.89%	-15.75%	134,060	3.76%	-1.28%
高伟	140,198	4.0%	112,900	3.23%	-19.47%	107,400	3.01%	-4.87%
其他	1,338,074	38.3%	1,291,106	36.99%	-3.51%	1,145,240	32.11%	-11.30%
总和	3,490,230	100.0%	3,490,800	100.00%	0.02%	3,566,400	100.00%	2.17%

数据来源：TSR，国泰君安证券研究

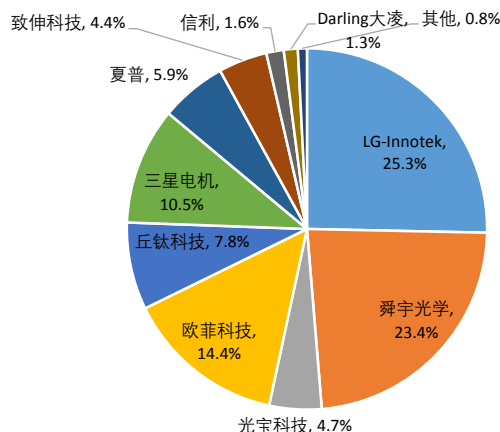
双摄 CCM 市场的份额集中度明显高于普通 CCM 市场，主要厂商为 LGI，舜宇光学、欧菲科技、三星电机、丘钛科技等几家领先企业，2017 年前 5 大厂商的市场份额高达 80.9%。

图 29：2017 年 CCM 市场份额



数据来源：TSR

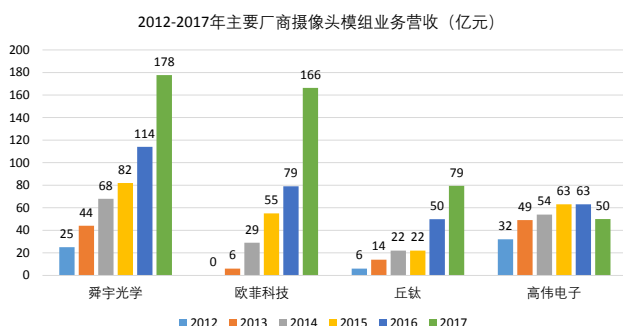
图 30：2017 年双摄 CCM 市场份额



数据来源：TSR

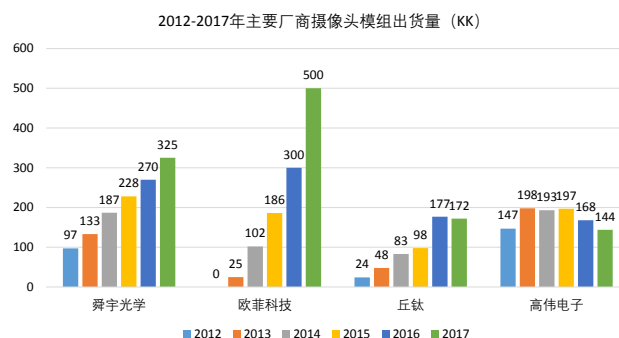
以欧菲科技为代表的 CCM 大厂将在双摄时代获得更好的发展。欧菲光自 2012 年切入摄像头模组市场后，迅速布局。当前公司的双摄 CCM 于国内各手机品牌中导入顺利，已形成大量出货。

图 31：主要摄像头模组厂营收快速增长



数据来源：Wind，国泰君安证券研究

图 32：主要摄像头模组厂出货快速增长



数据来源：Wind，国泰君安证券研究

### 3.1.3. 苹果独家采用 FC 技术，欧菲通过收购切入

摄像头模组主流的封装技术分为三种，一种为 CSP 技术（chip size package），一种为 COB 技术（chip on board），以及 FC（flip chip）技术。

表 11：主要摄像头模组封装技术对比

技术	特点	应用情况
CSP	制造设备成本低廉，但是封装成本较高，主要的缺点模组厚度较高，镜头透光率一般，容易出现鬼影。	用于低像素产品封装
COB	制造设备成本造价较高，一条产线的造价大概为 1000 万人民币左右，但是封装成本较低，由于 COB 封装必须在无尘的环境下进行，因此良品变动率较大，制程时间相对更长。	主流技术
FC	制造设备成本最高，一条 FC 制程的生产线成本是 COB 制程的生产线成本的 1.3 倍到 5 倍左右，优势在于封装出来的摄像头模组厚度最薄。	只有苹果采用

数据来源：TSR



从技术角度看, CSP 封装技术正在逐步让位于 COB 封装技术和 FC 封装技术。FC(倒装芯片)技术是从芯片器件到基座之间最短路径的一种封装技术, 为高速信号提供了最良好的电接触。由于不使用引线框架或塑料管壳, 重量和外形尺寸也有所减小。因为 FC 封装技术研发难度大, 生产成本高昂, 同时二级材料陶瓷基板稀少。到目前为止, 苹果是全球唯一采用 FC 封装技术的公司。苹果从 iPhone5 开始摄像头封装就采用了 FC 封装工艺, 由索尼、LG、夏普、高伟等国际大型模组厂商提供。

**表 12: 历代 iPhone 摄像头封装技术及供应商**

型号	摄像头封装技术	摄像头供应商
iPhone 4	COB	富士康、高伟
iPhone 4s	COB	富士康、高伟
iPhone 5	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 5s	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 6	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 6 Plus	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 6s	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 6s Plus	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 7	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 7 Plus	FC	高伟、索尼、LG、夏普
iPhone 8	FC	高伟、欧菲科技、LG、夏普
iPhone 8 Plus	FC	高伟、欧菲科技、LG、夏普
iPhone X	FC	高伟、欧菲科技、LG、夏普

数据来源: 旭日大数据

当前在业内顶尖客户苹果的供应体系中, 除了欧菲科技以外都是非内资企业。欧菲科技经过收购 Sony 华南工厂切入 iPhone 前置 CCM 业务中, 但是后置单摄及双摄业务中, 尚无国内厂商切入。当前欧菲科技已经占据前置 CCM 主要份额, 未来有望向后置单摄, 后置双摄切入。

**表 13: 2017 年苹果 iPhone 摄像头供应链情况**

	CMOS	CCM	LENS	VCM&OIS
Sony	12MP	LG-Innotek, Sharp	Largan, Kantatsu	Mitsumi, Alps
	12MP+12MP	LG-Innotek, Sharp	Largan, Kantatsu	
	5.0MP	Cowell	Largan, Genius	
	7.0MP	O-Film, Cowell, Foxconn	Largan, Genius	
OV	1.2MP	Cowell	Genius, Largan	

数据来源: 苹果

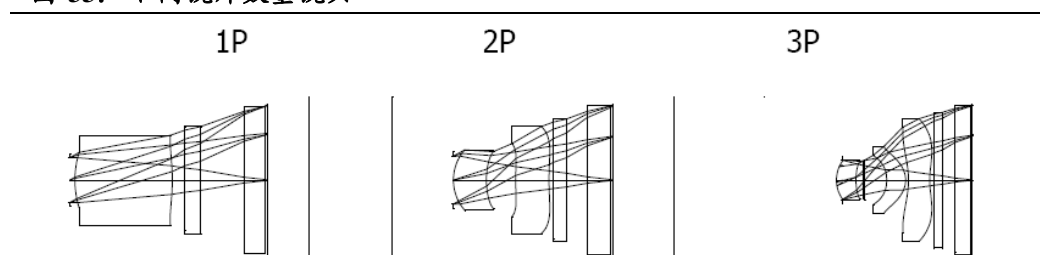
## 3.2. 镜头：新技术涌现，行业或出现变局

### 3.2.1. 塑料镜头仍为主流，舜宇与台厂差距拉近

#### ● 塑料镜头当道，注塑成型为主要生产工艺

手机镜头（Lens）负责将光线聚焦至 CIS，是决定手机摄像头成像品质的重要部分。镜头一般是由几片透镜组成，其材料主要是球面玻璃（Glass，G）或非球面塑胶（Plastic，P）。玻璃的透光量和光损失表现比塑料镜头要好，但是成本更高，因此除了一些高端摄像设备，现在更多的镜头一般采用塑料材质。通过增加镜片可以改变焦距，消除畸变，但过多会使得等效光圈变小。

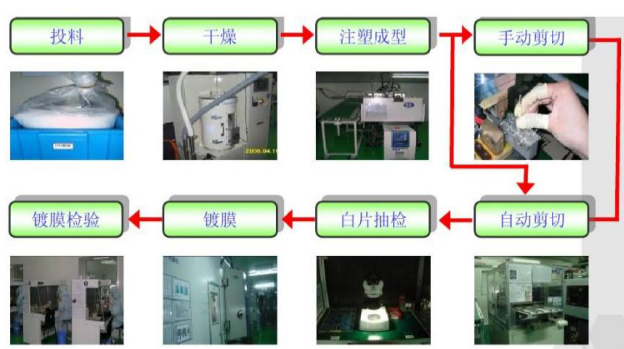
图 33：不同镜片数量镜头



数据来源：电子工程专辑

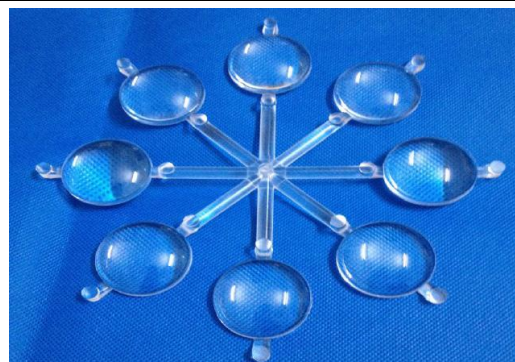
当前手机塑料镜头生产主要采用注塑成型的方式，主要过程为将加热成流体的光学塑料在加压条件下以很高的速度注射到不锈钢模具中，待其冷却固化后打开模具，便可获得所需要的光学塑料元件。

图 34：手机镜头生产主要流程



数据来源：光学网

图 35：塑料镜片采用注塑成型

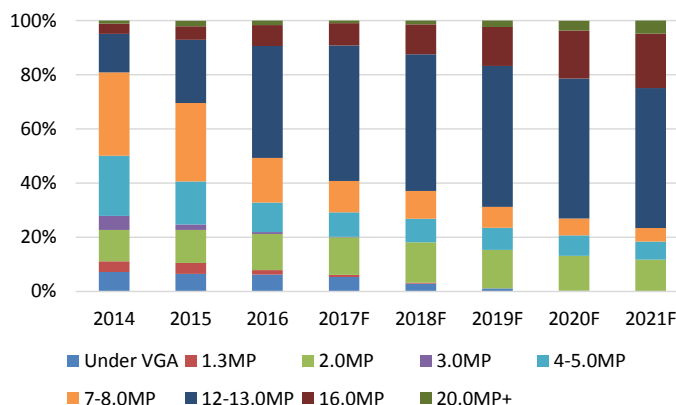


数据来源：Silver

#### ● 镜头为画质重要决定因素，5P 以上镜头占比持续提升

手机摄像头性能提升一大表现为像素的不断提升。在 2016 年，12-13MP 的后置摄像头占据市场 41.3% 的份额，预计到 2017 年上升至 50.8%。低像素摄像头则呈现相反趋势，2016 年 8MP 的后置摄像头占比为 16.5%，预计至 2017 年下降至 10%。整体而言 12-13MP 以及 16MP 的采用率将会增加，且 16MP 的增长会超过 12-13MP，8MP 及以下产品则会出现下滑。

图 36: 高像素摄像头占比不断提升



数据来源: TSR

一般而言镜头片数越多，成像效果越好，高像素一般对应更多的镜头片数。在 2MP 上 3P 是主流，5MP 上 4P 是主流，但也有为了实现低价而采用 3P。8MP 采用 4P 和 5P，5P 为主流。12-13MP 采用了 5P 和 6P，也有对 13MP 进行 4P 产品化的情况。16-20MP 采用 5-6P。

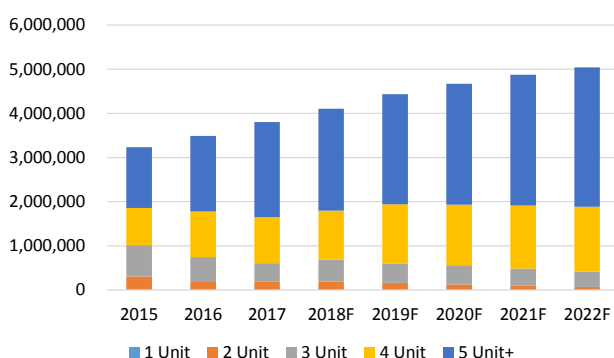
表 14: 镜头片数与像素对应关系为正相关

	VGA	1.2MP	2.0MP	5.0MP	7-8.0MP	12-13MP	16MP	20.xMP
2 Units	○	△	△					
3 Units		○	○	△	△			
4 Units				○	○	△		
5 Units				△	○	○	○	△
6 Units						○	○	○
7 Units						○		

数据来源: TSR, (备注: ○: Main, △: 一般)

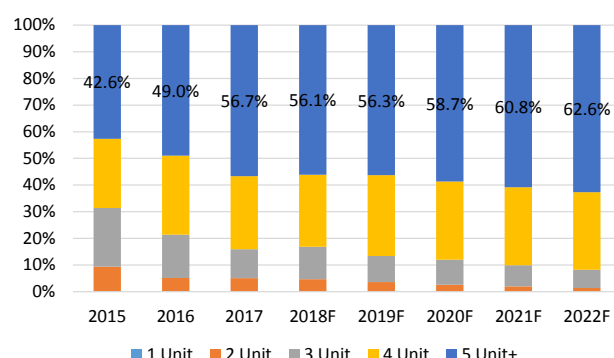
根据 TSR 的数据统计，5P 以上镜头出货量以及占比都在不断提升。2017 年全球镜头出货量 38.1 亿颗（包含前、后置），同比增长 9.1%。整体而言增速不高，但是不同镜片数的镜头出货趋势情况差距很大，例如 5P 以上的镜头 2017 年出货量为 21.6 亿颗，同比增速为 26.3%，远远大于行业增速，5P 以下的镜头出货量持续减少。这意味着市场不断在高端化，现阶段落后的厂商如果不能快速突破高质量镜头生产能力，未来将逐渐被市场淘汰。

图 37: 5P 以上镜头出货不断提升 (千片)



数据来源: TSR, 国泰君安证券研究

图 38: 5P 以上镜头出货占比不断提升



数据来源: TSR, 国泰君安证券研究

### ● 大立光实力强劲，舜宇光学拉近差距

近年来的高像素化趋势使得后置摄像头 5P 和 6P 的需求开始增加，超薄化技术的突破使得 6P 镜头开始大量供应，这方面大立光走在了前面，舜宇光学紧随其后。进入 2017 年，高像素化继续推进，双摄启动，5P 以上镜头的数量不断扩大。台湾厂商大立光是镜头行业的绝对龙头，2016 年其出货数量达 11.5 亿颗，市占率 32.9%。2017 年市占率进一步提升至 35.3%，出货量增长 20.1%。

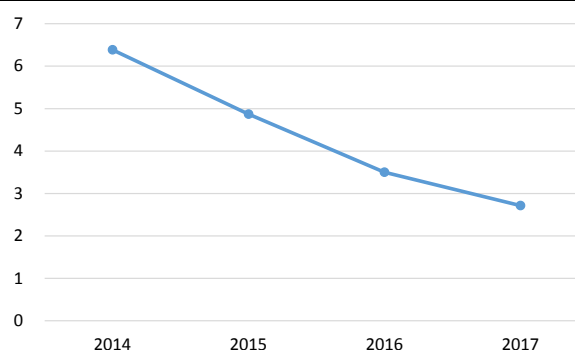
表 15：各手机镜头厂出货，台湾大立光占据绝对优势（百万颗）

厂商	2016		2017		YoY	2018E		YoY
	出货	占比	出货	占比		出货	占比	
Largan	1147.70	32.9%	1343.90	35.30%	17.09%	1380.70	33.64%	2.74%
Sunny	379.00	10.9%	608.00	15.97%	60.42%	900.00	21.93%	48.03%
Kantatsu	260.46	7.5%	251.45	6.61%	-3.46%	260.46	6.35%	3.58%
Sekonix	247.45	7.1%	257.80	6.77%	4.18%	220.45	5.37%	-14.49%
Genius	191.18	5.5%	217.48	5.71%	13.76%	230.18	5.61%	5.84%
CHT	190.00	5.4%	195.00	5.12%	2.63%	180.00	4.39%	-7.69%
Kolen	112.20	3.2%	105.80	2.78%	-5.70%	95.20	2.32%	-10.02%
DIOSTECH	79.45	2.3%	72.75	1.91%	-8.43%	67.45	1.64%	-7.29%
Xuye	160.00	4.6%	80.00	2.10%	-50.00%	100.00	2.44%	25.00%
SEMCO	82.60	2.4%	85.00	2.23%	2.91%	87.60	2.13%	3.06%
Others	640.20	18.2%	589.42	15.48%	-7.93%	582.87	14.20%	-1.11%
<b>Total</b>	<b>3490.23</b>	<b>100.0%</b>	<b>3806.6</b>	<b>100.00%</b>	<b>9.06%</b>	<b>4104.9</b>	<b>100.00%</b>	<b>7.84%</b>

数据来源：TSR，国泰君安证券研究

从出货数据来看，部分日韩镜头厂商处于衰退状态，排名前二的大立光与舜宇光学取得了超越行业及同行的高增速。因为在镜头领域，各厂商比拼的是生产产能、研发能力、稳定的质量、响应速度、专利等。大厂因为有足够多的订单，可以跑足够多的项目、开更多模具，在这样的锻炼下大厂能把很多镜头生产中的未知数变成可知数或是可推理因素，进一步提高镜头的品质和良率，小厂则不具备这些条件。因此随着对镜头的要求不断提升，小厂难以跟上领先者的步伐。舜宇光学近年来持续投入研发，在产品创新和技术迭代上都保持了较高水平，产品结构和客户结构逐渐走向高端。体现在营收上，大立光/舜宇光学（镜头业务）比值在不断缩小。

图 39：大立光/舜宇光学镜头营收比例不断缩小



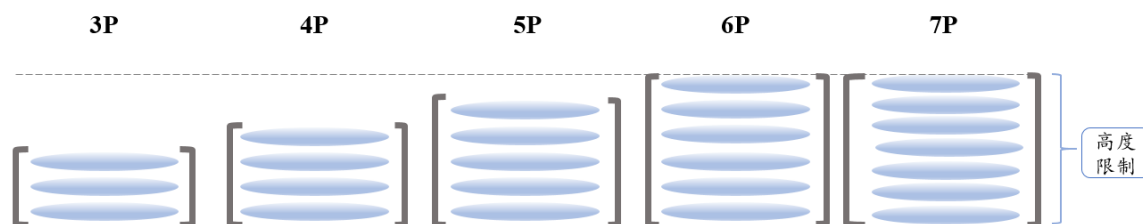
数据来源：Wind

### 3.2.2. 玻塑混合与 7P 齐头并进，厂商路线选择各异

#### ● 玻塑混合有望进一步提升镜头性能

过去镜头性能的升级主要依靠镜头片数的提升，受制于手机厚度的限制，这一路径存在物理极限。从厂商最新的进度来看 7P 镜头可以顺利量产，但在智能手机严格的厚度要求下，可能无法在物理上实现 8P/9P，太薄的塑料镜头和更多的片数对生产良率是巨大的考验。

图 40：7P 可能是手机镜头物理的极限



数据来源：国泰君安证券研究

为了在有限的手机厚度中持续进行镜头升级，引入玻璃镜片是当前探索的一种方案。玻璃镜片具备更高的透光性，镜头厚度更小，可以实现塑料镜头无法实现的大光圈、低失真。

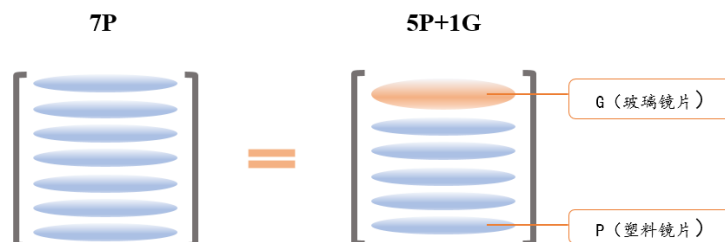
表 16：不同类型镜头对比

	塑料镜头	玻璃镜头	混合镜头
工艺难度	低	高	高
量产能力	高	低	低
成本	低	高	高
热膨胀系数	低、不易形变	高	介于前二者之间
透光率	可达 92%	可达 99%	介于前二者之间

数据来源：国泰君安证券研究

由于全玻璃镜头生产成本太高，可以考虑玻塑混合的形式达成成本和性能要求。玻璃镜片相对于塑料镜片具有更好的透明度和更好的折射率，因此添加一片玻璃镜片可以减少一个混合镜头组所需的镜头总数。例如，5P1G 镜头（5 片塑料镜片+1 片玻璃镜片，总共 6 片）可以实现 7P 镜头的类似性能。因此，添加玻璃镜片有助于降低手机摄像头模组高度，或在相同高度限制下实现更好的图像性能。

图 41：5P1G 的混合镜头可实现 7P 的效果



数据来源：国泰君安证券研究



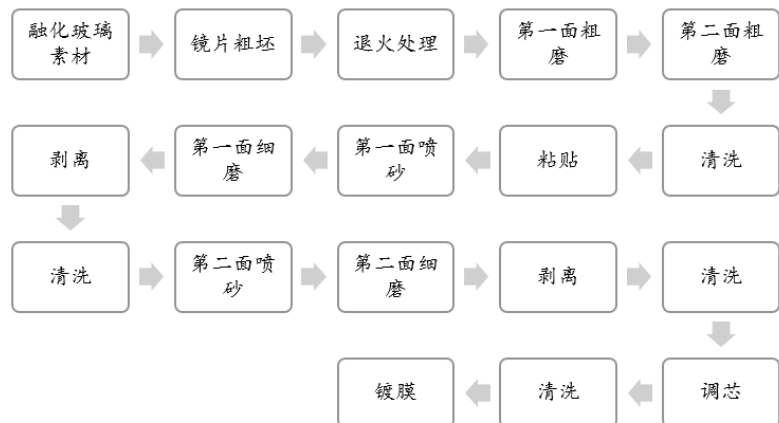
当前瑞声科技生产的玻塑混合镜头（Hybrid Lens），据了解是由 1 片玻璃镜片及 4 片塑胶镜片组成，与主流 6P 镜头的功能一致，但比后者更能迎合手机全屏化及超薄化趋势。再者，玻璃镜片透光性佳，可令镜头光圈更大。

### ● WLG（晶圆级模造玻璃）有望降低成本，推动玻塑混合镜头发展

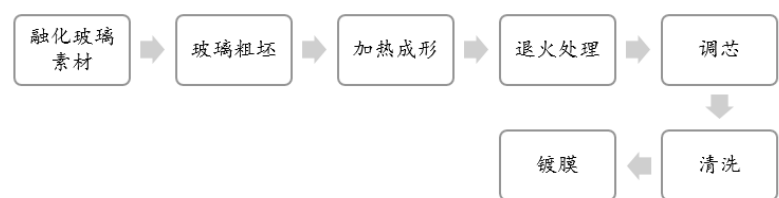
传统的玻璃镜片生产主要依赖研磨、抛光等工艺，存在生产成本低，效率低等缺点。一种升级的加工手段为玻璃镜片模造加工，通过将玻璃加热软化，之后利用具有高精密表面的成型模具加压制成非球面形状。

图 42：传统玻璃加工 VS 模造加工

传统加工法流程：



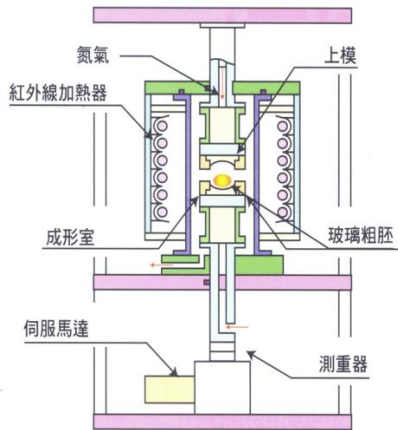
模造法流程：



数据来源：国泰君安证券研究

模造法可分为直接压缩方式（direct press）与预热压缩方式（pre-heat press）两种，直接压缩方式将熔融状玻璃流入温度比玻璃转移点低的精密金属模具内压缩成形。预热压缩方式是将表面涂有脱模剂的玻璃粗胚预先加热，之后放置于精密金属模具内压缩成形。成形条件取决于“成形温度”与“玻璃物性”两关键要素。如下图所示，温度在软化点附近时玻璃不再以线性的方式膨胀，而会加速软化，最适合压造。一般来说模造的温度需要达到 490℃ 以上。

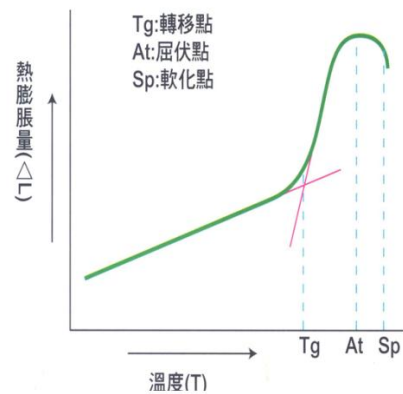
图 43: 日本东芝玻璃镜片模造机



数据来源: 搜狐科技

图 44: 玻璃的温度与热膨胀量的依存特性曲线

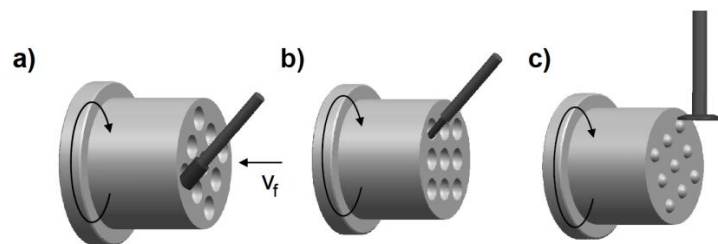
■ 玻璃的温度与热膨胀量的依存特性曲线



数据来源: 搜狐科技

然而传统的模造加工只能针对单个镜片加工，加工效率低，成本高，因此晶圆级模造玻璃（WLG）应运而生。顾名思义，WLG 是对整片玻璃基板进行加热压缩，一次性制造多颗模造镜片。晶圆级模造玻璃的典型制造材料为硬质碳化钨。

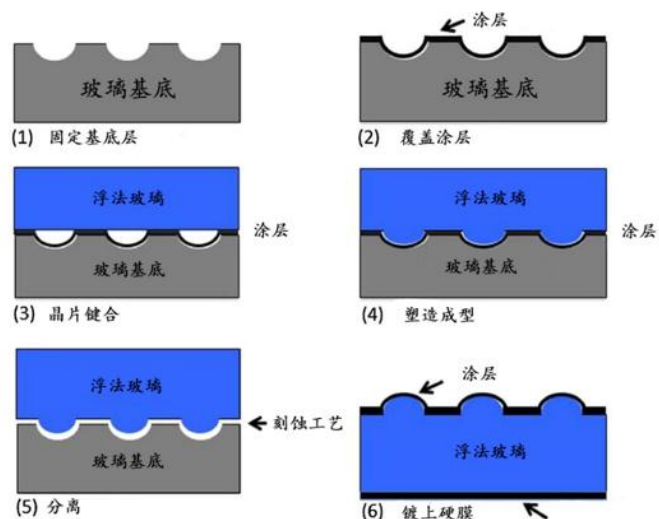
图 45: WLG 制造所需模具



数据来源: 《Wafer level glass optics: precision glass molding as an alternative manufacturing approach》

模造的具体步骤如图所示，该流程步骤都可以实现批量化处理，最终以较低成本生产手机摄像头所需玻璃镜片。

图 46: WLG 制造工艺



数据来源: 《Wafer-level manufacturing technology of glass microlenses》

WLG 技术有望使玻璃镜片成本下降，目前 AAC（瑞声科技）已具备这一技术的量产能力。根据其披露的公开信息，AAC 表示如果采用晶圆级玻璃（WLG）的混合镜头解决方案，将加速混合镜头设计于 3D 感测及拍摄成像。AAC 将进一步增加 WLG 及塑料镜头的产能（目前月产能分别为 500 万及 2000 万套），以满足市场的强劲需求。

图 47：WLG 成品



数据来源：《Wafer level glass optics》

### ● 大立光坚定 7P 路线，舜宇与 AAC 布局玻塑混合

目前业内龙头厂商对玻塑混合前景态度不一，舜宇光学已经量产玻塑混合镜头并成功向 LG V30 手机出货。瑞声科技则更为积极，将 WLG 技术作为发展重点，2018Q1 月产能已达 500 万套。相比之下，大立光对玻塑混合这一技术较为冷淡，正全力推进其 7P 镜头。

表 17：各公司对玻塑混合镜头的态度和进展

公司	对玻塑混合镜头的态度	进展
大立光	在手机镜头部分仍是以全塑镜头产品为主，认为模造玻璃在手机镜头无论是品质或价格都不具优势	积极布局 7P 镜头，已进入设计导入阶段
舜宇光学	积极部署 7P、玻塑混合镜头	7P 完成研发，玻塑混合镜头已进入量产阶段
瑞声科技	积极扩大玻塑混合镜头的产能	预期 2018 年上下半年月产能可分别扩产至 300 至 500 万件，及 500 至 1000 万

数据来源：公司公告

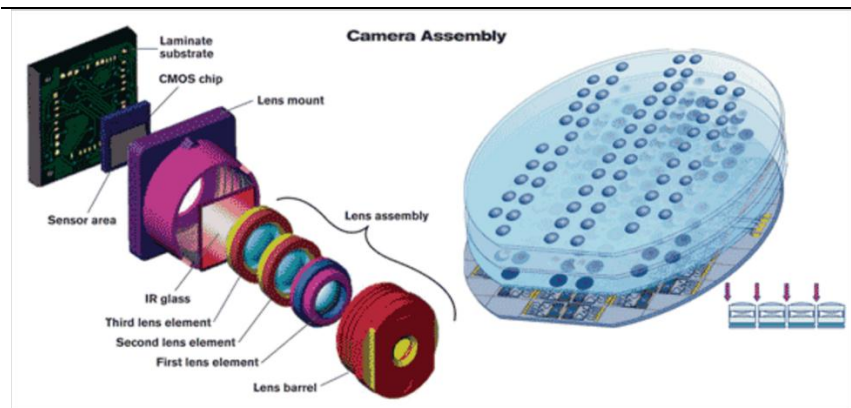
我们认为大立光持这一态度的原因可能是其不具备 WLG 技术所致，单独玻璃镜片的模造成型成本高企，但 WLG 技术成熟后有望使模造玻璃成本下降，进而获得推广。

### 3.2.3. WLO 尚无法支持高像素应用，准直镜为其应用方向

#### ● 尺寸小和一致性高为 WLO 主要优点，适用于前置及准直镜

WLO（晶圆级镜头）是指晶元级镜头制造技术和工艺，与传统光学元件的加工技术不同，WLO 工艺在整片玻璃晶元上，用半导体工艺批量复制加工镜头，多个镜头晶元压合在一起，然后切割成单颗镜头，具有尺寸小、高度低、一致性好等特点。

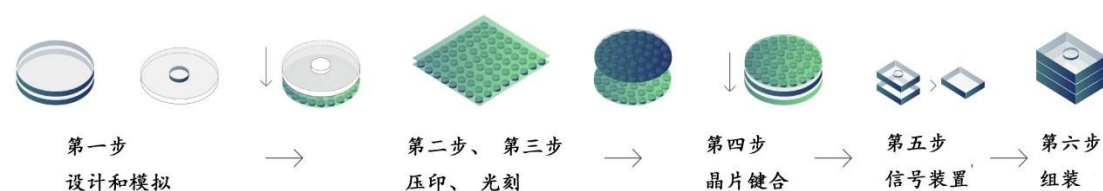
图 48: 传统镜头 VS WLO (晶圆级镜头)



数据来源: SEMI

具体的生产流程主要包括: 1) 设计和模拟; 2) 压印; 3) 光刻; 4) 晶片键合; 5) 型号装置; 6) 组装;

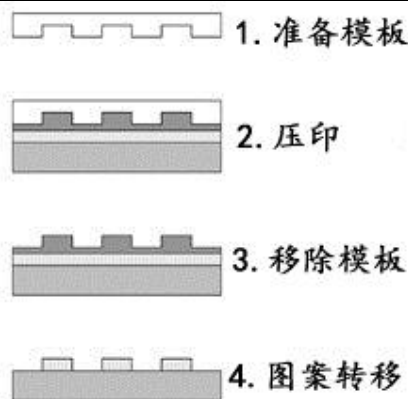
图 49: WLO 制造流程



数据来源: Himax

在 WLO 的制造中压印和光刻是核心步骤, 压印光刻技术是一种利用半导体技术和晶圆级光学器件制作镜头的技术, 具体流程如下图所示:

图 50: WLO 压印和光刻流程



数据来源: SPIE

根据传统光学镜头和 WLO 的性能对比, WLO 成本更低、生产效率更高、镜头一致性更好, 为缩小手机前置摄像头尺寸及 3D 成像准直镜头提供了更好的选择。

表 18: WLC VS 传统摄像头模组

项目	WLC	传统模组
尺寸	尺寸小，可以更大限度的节省 PCB 布板空间	有 FPC 及 Connector, 尺寸较大
过回流焊	可以过回流焊，通过 SMT 贴装，节省插件人工	产品为常湿材料，不可以回流焊
调焦一致性	免调焦，光学一致性非常好	生产过程中调焦，存在精度误差，光学一致性不好
可靠性	WLC 生产工艺采用耐高温材料，耐热性好	生产工艺中多为常温材料，耐热性差
线损	WLC 使用中直接与终端电路板焊接，信号损失少，噪声小。	需要电路板做中转，同时还需要 Connector 连接，
成本	使用成本低，产品为标准件，通用性强，方便备料。	定制品，单价及使用成本都很高
构造	简单，故障率低	构造复杂，故障率高

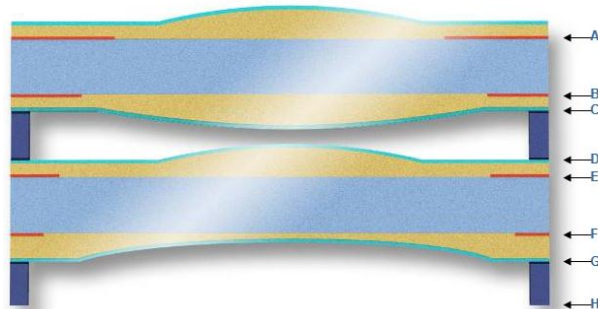
数据来源：AMS，国泰君安证券研究

## ● 耐热性不佳及无法达成高像素为 WLO 主要缺点

### （1）WLO 表面为镀膜工艺，耐热性差

当前 WLO 最大的应用为 iPhone X 将其作为 3D 成像发射端准直镜头。WLO 表面为镀膜工艺，耐热性不佳，但发射端激光产生高热，因此带来不小的挑战。同时塑料镜片表面形状及尺寸和折射率随着温度的升高而发生改变，产生所谓“温飘现象”。大立光表示 3D 感测镜头发射端镜头的热度问题，透过光学设计，多加一片塑胶镜片即可解决，目前已送样中。

图 51: WLO 表面为镀膜工艺，耐热性不佳



数据来源：电子工程专辑

### （2）WLO 无法支持高像素应用

为了将 WLO 镜片进行堆叠，需要在层与层之间加入垫片，如上图中所示。以当前的技术，3-4 片以上的 WLO 镜片堆叠就会失去小型化优势。因此 WLO 在低像素领域具备尺寸优势，当前还无法进入高像素应用，无法替代传统塑料镜头。

## 3.3. 马达：OIS 推升马达用量，中国企业正在崛起




### 3.3.1. VCM 为主流，OIS 不断渗透推升需求



### ● VCM 为摄像头马达主流

马达在摄像模组中的作用主要是实现 AF(自动对焦)与 OIS(光学防抖),目前智能手机采用的马达主要分为三种:步进马达、超声波马达和音圈马达。

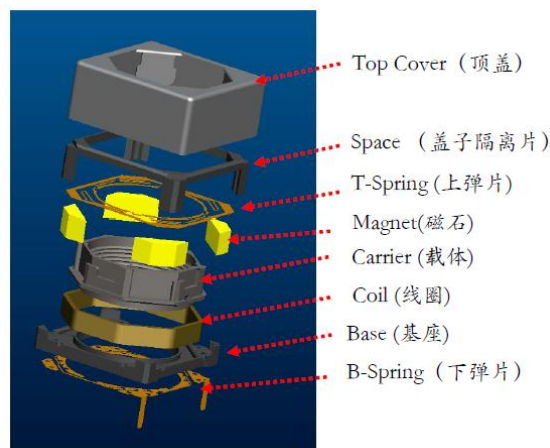
表 19: 不同马达优劣

序号	类别	优点	缺点	样图
1	步进马达	1.稳定性高 2.适用于大型电机	1.尺寸规格难以做小 2.响应速度较慢 3.噪音较大	
2	超声波马达	1.具有低转速大扭矩的输出特性 2.制动力矩大 3.结构简单 4.马达启动和制动的可控性非常好	1.工艺复杂 2.成本高	
3	音圈马达	1.占用电路板面积小,可靠性高,支持大功率,降低系统成本和体积 2.与镜头匹配度较高 3.供应链成熟	1.耐冲击性差	

数据来源: 中国产业信息网

其中音圈马达以其结构简单、体积小等特点较好的契合了智能手机市场对于外观的需求,是目前智能手机高精微摄像头主流应用技术。音圈马达 VCM (Voice Coil Motor) 属于线性直流马达的一种,其组成组件主要包括永久磁铁、轭铁与线圈三部分,是一种具有直接驱动、固定行程特性的致动器,所产生的推力与流经线圈电流成正比。音圈马达从功能上可分为开马达 (Open loop)、闭环马达 (Close loop)、Alternate (中置马达)、OIS 光学防抖马达(分平移式、移轴式、记忆金属式等)、OIS+Close loop 六轴马达。

图 52: VCM 结构



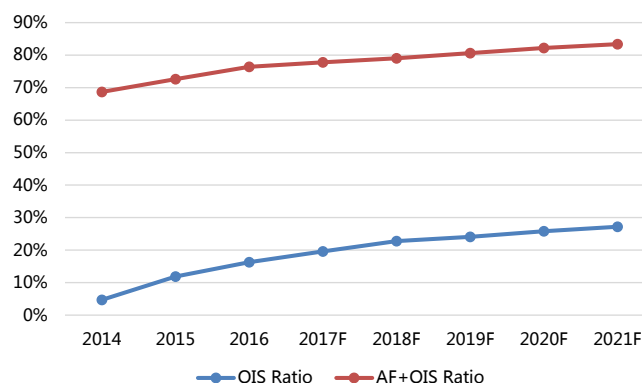
数据来源: TRANSSION

### ● OIS 功能持续导入, VCM 出货量快速增长

OIS (光学防抖) 是 VCM 的重要功能,由于 OIS 的存在,摄像头允许

的快门速度可以更慢，这样曝光时间更长，进光量就能更多，从而在暗光环境下的图像更加清晰，因此这一功能在手机中的渗透率不断提高。从 TSR 公布的数据来看，手机中 AF+OIS 的渗透率未来几年呈现平缓上升态势，其中主要的贡献来自 OIS 渗透率的提升，预计 OIS 渗透率将从 2017 年的 24.6% 提升至 2021 年的 27.2%。

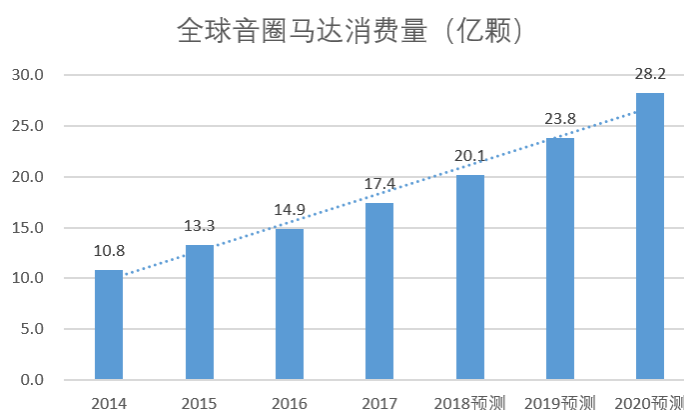
图 53: OIS 渗透率不断提升



数据来源: TRANSSION, 国泰君安证券研究

在智能手机摄像头 OIS 功能不断导入的背景下，VCM 获得了良好的发展，近几年一直保持 15% 左右的增速。2017 年，在主要手机品牌加快导入的背景下，全球 VCM 出货量将达 19.06 亿颗，增速 22.7%。VCM 平均售价在 1 美元左右，也就是全球 VCM 的市场规模在接近 20 亿美元的水平。

图 54: 2017 年全球 VCM 消费量

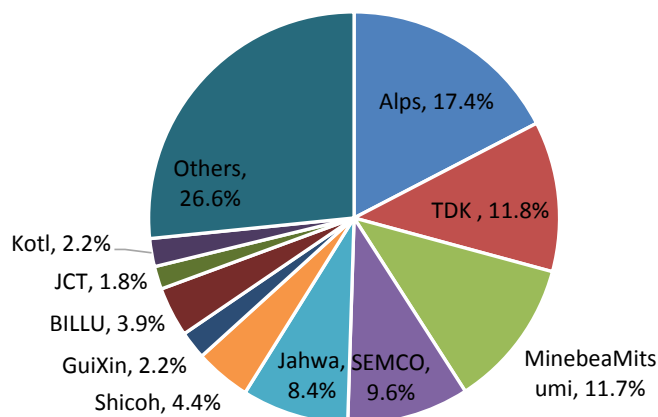


数据来源: TSR, 国泰君安证券研究

### 3.3.2. 日韩厂商占据领先地位，中国厂商加速崛起

VCM 市场主要的厂商包括 ALPS、TDK、Mitsumi、新思考、中蓝电子、比路电子、金龙机电等。其中 ALPS, TDK, Mitsumi (均为日本厂商); 连续多年位列行业前 3, 三家市场份额总和稳定在 50% 左右。三家日系厂商为 iPhone 的 VCM 供应商, 新思考、中蓝、比路的主要客户在中国。

图 55: 2017 年全球 VCM 市场份额



数据来源：TSR，国泰君安证券研究

中国 VCM 企业用于 13 MP 的产品正在增加，如浩泽电子、比路、中蓝电子，这三家公司 2018 年的出货目标为 1 亿以上。在 2012 年之前，日韩系 VCM 马达厂商占据的全球市场份额超过 80%。在中国市场，TDK 是绝对的老大。第一手机界研究院发布了 2017 年 VCM 国产企业前十排名，随着中国智能手机产业的迅速成熟，国产 VCM 马达产业快速发展，不断抢下日韩厂商的市场份额。

**表 20：2017 年中国 VCM 马达最具竞争力企业 10 强排名**

排名	企业名称	规模得分	技术得分	市场得分	总分
1	中蓝电子	55	19	18	92
2	三美达	51	19	18	88
3	比路	52	19	16	87
4	新思考	53	18	15	86
5	皓泽	50	18	16	84
6	贵鑫	44	16	13	73
7	金诚泰	43	16	13	72
8	美拓斯	41	15	12	68
9	新鸿洲	40	15	12	67
10	精毅	38	15	11	64

数据来源：第一手机界研究院，国泰君安证券研究

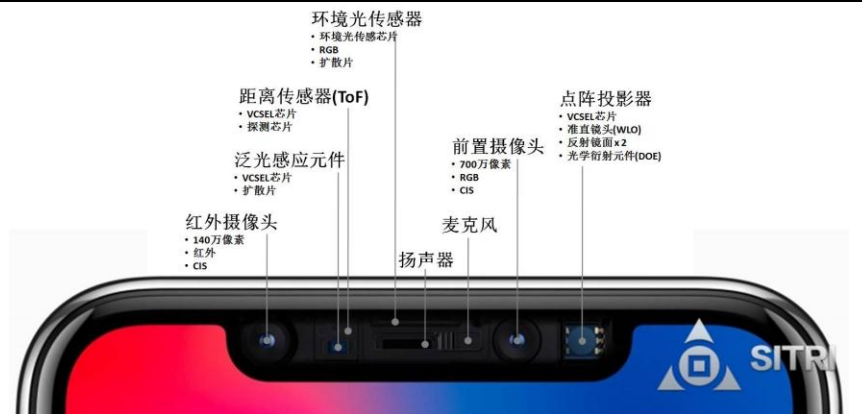
## 4. 3D 行业趋势：确定性创新，百亿美元市场打开

### 4.1. 厂商快速推进 3D 成像，全新行业应用将打开

#### 4.1.1. 苹果引领，安卓快速跟进

2017 年苹果发布 iPhone X 首次引入前置 3D 成像功能，依托该功能 iPhone X 手机实现了高精度的人脸识别解锁、人脸支付和表情包应用，全面替代了指纹识别，并在外观上实现了全面屏。

图 56: iPhone X 引入前置 3D 成像功能



数据来源: TRANSSION

iPhone X 3D 成像采用的是结构光方案，具体的使用步骤如下：

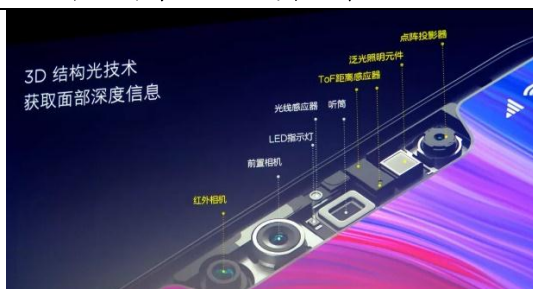
**步骤 1:** 当有物体接近手机时，距离传感器(ToF)会先被启动。

**步骤 2:** 距离传感器(ToF)的启动会激发泛光感应元件和红外摄像头，泛光感应元件里的 VCSEL 芯片会发出若干个红外光，红外光反射回后由红外摄像头捕捉，判断是否是人脸信息。

**步骤 3:** 如果经由判断是人脸信息，则会启动点阵投影器，点阵投影器会发射约三万多个红外结构光点，并由红外摄像头捕捉 3D 人脸信息，进行人脸的图像信息提取，经由 A11 仿生处理器的比对，得出人脸识别信息。

iPhone X 的 3D 成像功能引起了广泛的好评，同时未来基于 3D 成像功能有望使人与手机间实现三维交互。安卓阵营在经过 1 年的追赶后，也纷纷发布搭载 3D 成像功能的产品，包括小米 8 探索版，OPPO Find X，预期 2018H2 华为也将发布其产品。

图 57: 小米 8 探索版 3D 成像方案



数据来源: 小米

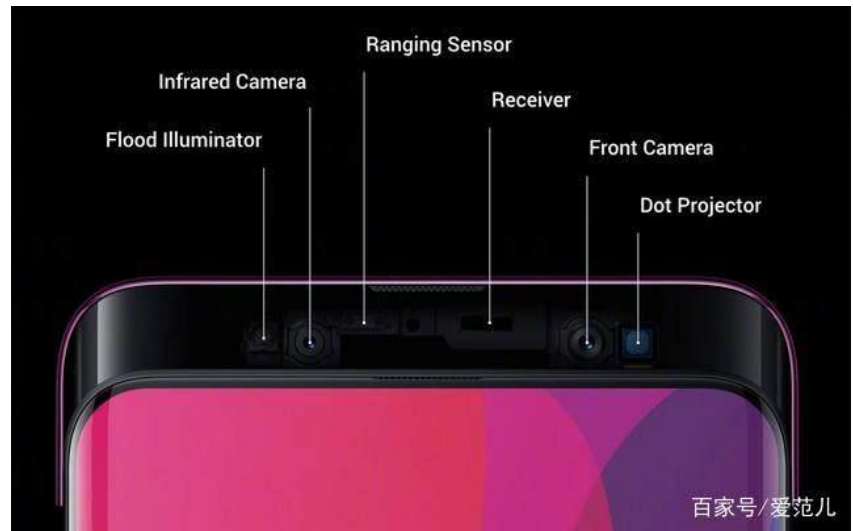
图 58: 小米 8 采用编码结构光



数据来源: 小米

小米 8 采用的 MV 的编码结构光方案，而 OPPO 采用的国内供应商奥比中光的方案，另外 OPPO Find X 没有使用屏幕指纹技术，因为其 3D 成像准确率和安全性已经能满足银行支付要求。

图 59: OPPO Find X 3D 成像方案



数据来源: OPPO

#### 4.1.2. 3D 成像将打开诸多全新行业应用

安卓阵营快速跟进 3D 成像，一方面是因为技术逐渐成熟，另一方面是因为未来手机可基于 3D 成像功能开发出诸多创新应用。如果手机厂商在 3D 成像方面落后于人，对公司未来发展不利。我们判断 3D 成像应用将在智能人机交互、人脸技术、三维重建、机器人、AR 等领域全面开花。

##### ● 基于 3D 成像的人脸技术

二维人脸技术发展了几十年虽然已经比较成熟，但是人脸关键点检测在各种大角度、多表情、复杂光照、面部遮挡等情况下，想要实现实时鲁棒的高精度检测仍然比较困难。高精度 3D 摄像头的出现极大的推动了人脸技术的发展，从二维直接跃升到三维，不受制于自然光照，即使前景和背景颜色相近也能实现完美的分割，在复杂头部姿态下的表现大大优于二维人脸技术。具体而来，基于 3D 成像的人脸技术可以带来以下好处：

- 1) **更加精细自然的背景虚化：**相比于双摄的背景虚化，深度相机能够重建高精度的三维人脸模型，虚化效果层次感更强，细节更加丰富，人像更加立体自然；
- 2) **人像光效：**人像光效的功能可以模仿专业人像摄影时的打光效果，营造出让人赞叹的影棚级效果；
- 3) **动画表情：**可以将人脸表情实时转移到玩偶上；
- 4) **三维美颜：**二维美颜效果一般比较夸张，丢失了人脸本身的很多特征，导致常常“认不出自己”的尴尬。而三维美颜更强调真实和立体，不仅能够全面继承二维美颜的效果，还可以根据三维的脸型进行定制化



“微整容”；

5) 三维人脸活体识别：可以有效的避免照片/屏显图片、换脸算法、戴面具/3D 人脸模型等破解方法。非常适合于活体检测。

图 60：三维人脸活体识别



数据来源：新浪

图 61：动画表情



数据来源：ArcSoft

## ● 智能人机交互

体感交互背后的关键技术就是人体骨架提取和跟踪。传统基于 RGB 图像的骨架提取跟踪技术在有多人交叠的情况下性能下降很快，而深度相机生成的深度图可以很方便的区分不同远近的人体和背景，这非常有利于多人交叠下不同人体骨架的提取。

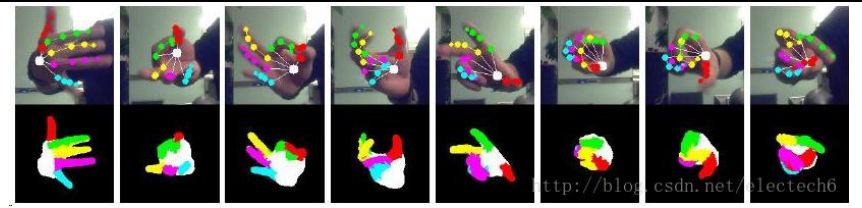
图 62：复杂环境下的人体骨架提取和跟踪



数据来源：CSDN

和人体骨架提取和跟踪类似，手势识别跟踪也属于自然肢体语言。相较于 RGB 相机，深度相机可以更快速更准确的实现手指关键点的提取和跟踪。基于手势识别跟踪可以开发很多实用、有趣的应用。第一个广泛的应用就是游戏娱乐：比如在射击类游戏中，你只要把手握成手枪状，食指扣动就可以“放枪”，这种从孩童时期就很熟悉的身体语言被运用到游戏中，让用户感觉自然而亲切。第二个就是在环境苛刻或比较特殊的行业，有极大的应用需求：比如通过手势可以非接触式的操控无尘车间机器或者危险区域工作的设备，可以解决很多实际问题。

图 63: 复杂环境下的人体骨架提取和跟踪



数据来源: CSDN

### ● 三维空间测绘

3D 成像可实现三维空间的测绘, 在进行网购时拟购买商品可以与配套环境相融合, 显著升级购物体验。

图 64: 3D 成像带来全新购物体验



数据来源: 科技控

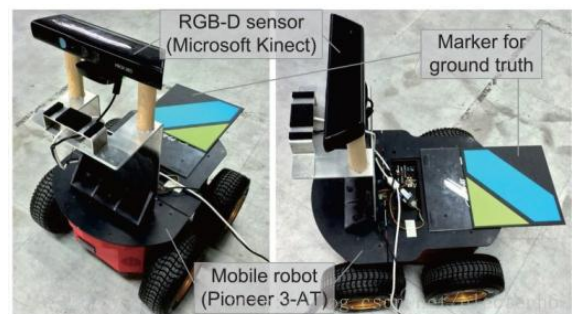
除了提升购物体验外, 3D 成像具备的三维空间测绘能力有望实现大尺寸三维空间的地图重建, 机器人的自主导航与汽车的 ADAS 能力也有望提升。

图 65: 3D 成像应用于汽车 ADAS



数据来源: 图漾科技

图 66: 3D 成像应用于机器人自主导航



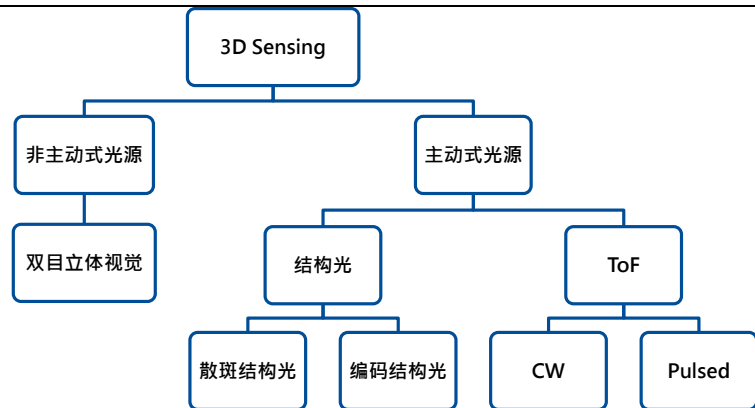
数据来源: CSDN

## 4.2. 结构光与 ToF 将为 3D 成像主流方案

### 4.2.1. 结构光、ToF 与双目立体视觉可实现 3D 成像

目前 3D 成像技术主要有 3 种: 1) 结构光 (散斑结构光、编码结构光); 2) ToF-飞行时间法; 3) 双目立体视觉。

图 67: 主流 3D 成像技术

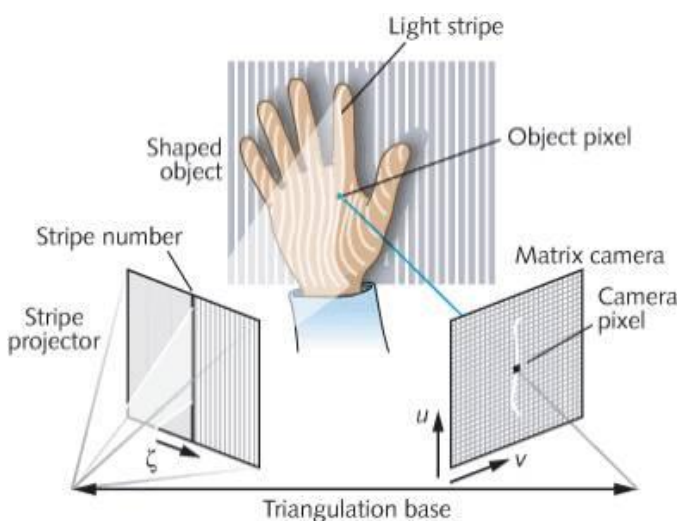


数据来源: 国泰君安证券研究

### ● 结构光

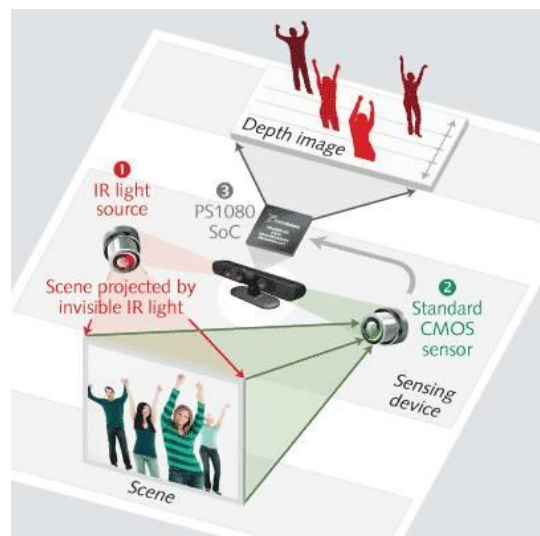
“结构光”指一些具有特定模式的光，其模式图案可以是点、线、面等。结构光 3D 成像的原理是首先将结构光投射至物体表面，再使用摄像机接收该物体表面反射的结构光图案，由于接收图案必会因物体的立体形状而发生变形，故可以试图通过该图案在摄像机上的位置和形变程度来计算物体表面的空间信息。

图 68: 规则光栅的结构光



数据来源: Google Project Tango

图 69: PrimeSense 结构光



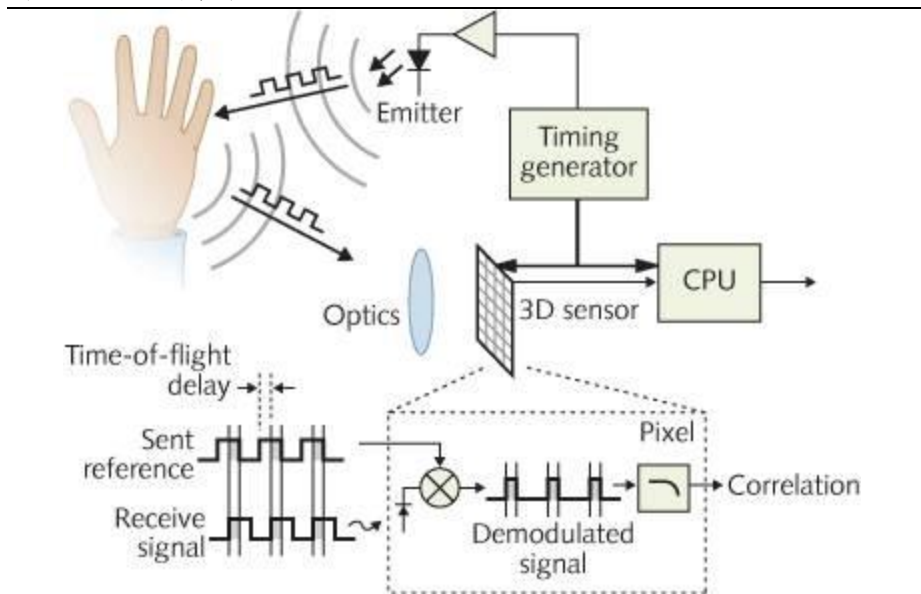
数据来源: PrimeSense

### ● ToF (飞行时间法)

TOF 技术是发射一束经过相位调制的红外激光到被测物体，当红外激光被反射回摄像头，会因为光飞行时间的延迟，导致相位跟发射时的相位有微小的变化，通过计算相位的变化，就可以计算出被测物体到摄像头之间的距离。



图 70: ToF 成像原理

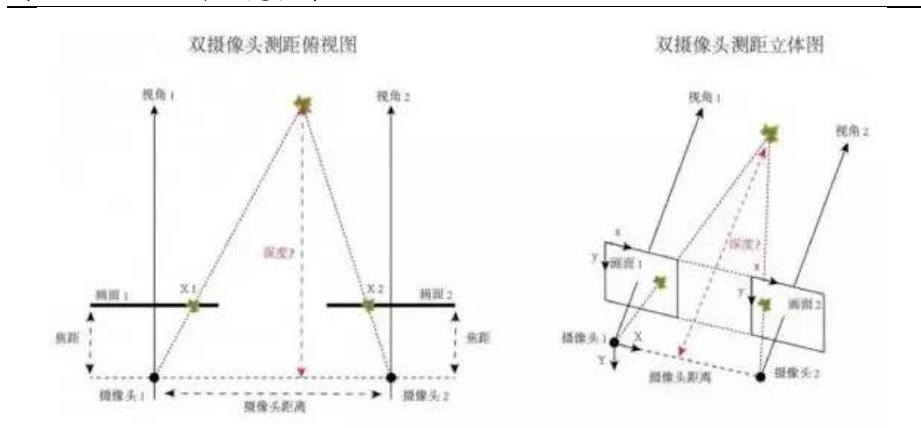


数据来源: Google Project Tango

### ● 双目立体视觉

所谓双目立体成像就是利用两个摄像头捕捉的图像之前的视场角度差, 来计算出被测物体到摄像头的距离, 当视场角越大说明距离越近, 反之则越远。

图 71: 双目立体视觉技术



数据来源: 图漾科技

#### 4.2.1. 结构光与 ToF 将为主流, 双目方案缺陷较大

双目立体视觉、结构光和 ToF 这三种 3D 成像技术各有优缺点。

**从软件复杂度角度而言:** 双目立体视觉主要依靠算法, 软件复杂度, 计算量大。

**从功耗角度而:** ToF 方案功耗高、发热量大。

**从测量准确性角度而言:** 结构光在室内弱光环境准确性高, 但在室外强光干扰下准确度差。

**从结构紧凑型角度而言:** 结构光方面紧凑型高。

表 21: 双目立体视觉、结构光和 ToF 三种成像技术对比

	双目立体视觉	结构光	ToF
软件复杂度	高	中	低
材料成本	低	高	中
尺寸、紧凑型	低	高	低
响应时间	慢	中	快
准确性	低	高	中
弱光环境表现	差	优	优
强光环境表现	优	差	优
能耗	中	中	高
测量范围	受限	中	远

数据来源: TI, 国泰君安证券研究

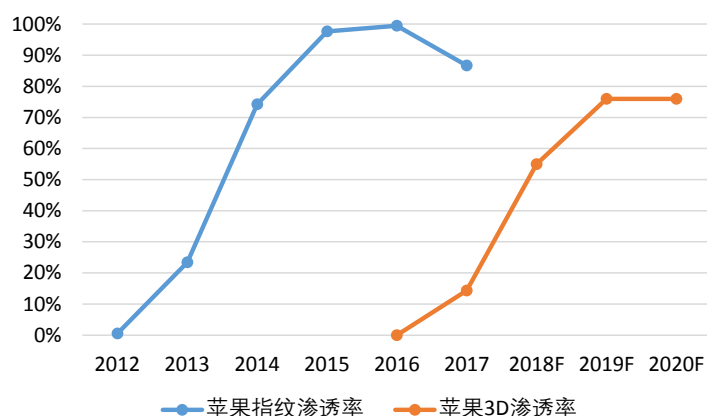
综合而言, 双目立体视觉在检测范围, 3D 建模时间, 弱光环境性能, 功耗, 算法复杂度等指标上明显弱于结构光和 ToF, 存在明显缺陷, 因此我们判断未来该技术在手机 3D 成像领域前景暗淡。结构光与 ToF 各有优劣, 都具备商用推广的基础。

- 1) **结构光:** 适合近距离场景, 目前已被手机作为前置 3D 成像方案采用。同时结构光产业链当前成熟度最高, 已具备量产能力, 在苹果的引领下安卓阵营在 2018 年也陆续导入。
- 2) **ToF:** 适合远距离场景, 同时在强光下表现较好, 预计将成为手机后置 3D 成像主流方案。另外考虑到 ToF 相比结构光方案在尺寸和成本上具备优势, 因此预计在前置 3D 成像方面也将有所渗透。

#### 4.3. 百亿美元市场开启, 4 年 CAGR 高达 148%

指纹识别的出现对手机的使用体验提升巨大, 这一功能受到了消费者的欢迎, 手机厂商也快速的导入这一功能。我们认为 3D 成像对人机交互提升, 对消费者的吸引力是和指纹识别同一级别的, 且其未来可取代指纹识别, 我们判断 3D 成像的渗透率曲线将与指纹识别类似。

图 72: 3D 成像渗透率曲线预计与指纹识别类似



数据来源: 图漾科技

苹果在 2017 年的 OLED 版 iPhone 中率先导入前置 3D 成像模组, 这是整个 3D 成像行业爆发的起点。我们预计 2018 年苹果将普及前置 3D 成



像，预计 2019 年有望导入后置 3D 成像模组。安卓阵营 2018 年开始小批量导入，2019 年加速渗透。我们预计，3D 成像行业产值将从 2017 年的 6.2 亿美元迅速增长到 2020 年的 94.4 亿美元，2017-2020 年 CAGR 高达 148%。

表 22：3D 成像市场空间测算

		2016A	2017E	2018E	2019E	2020E
苹果	出货量（百万部）	205	216	240	250	250
	前置 3D 需求量（百万套）	0	31	132	190	190
	ASP（美元）	0	20	18	15	15
	后置 3D 需求量（百万套）	0	0	0	50	130
	ASP（美元）	0	0	0	20	18
	市场空间（百万美元）	0	620	2376	3850	5190
安卓旗舰	出货量（百万部）	1250	1297	1260	1250	1250
	前置 3D 需求量（百万套）	0	0	12.6	100	250
	前置 3D 渗透率	0	0	1%	8%	20%
	前置 3D ASP（美元）	0	0	20	16	12
		0	0	0	12.5	62.5
		0	0	0	1%	5%
		0	0	0	25	20
	市场空间（百万美元）	0	0	252	1913	4250
总计	市场空间（百万美元）	0	620	2628	5762.5	9440
	YoY			324%	119%	64%

数据来源：国泰君安证券研究

## 5. 3D 竞争格局：产业壁垒高，中国厂商迎来突破

### 5.1. 结构光：前置 3D 成像主流方案

#### 5.1.1. 四大核心部件构成结构光方案，难度各异

##### ● 结构光 3D 成像技术主要由 4 大部分组成

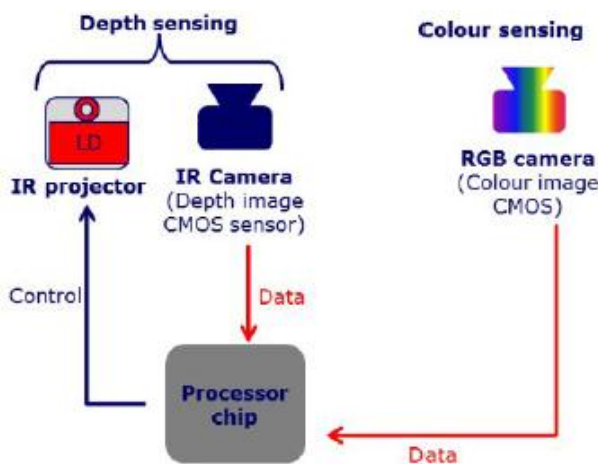
1) 不可见光红外线（IR）发射模组：用于发射经过特殊调制的不可见红外光至拍摄物体。

2) 不可见光红外线（IR）接收模组：接收由被拍摄物体反射回来的不可见红外光，通过计算获取被拍摄物体的空间信息。

3) 镜头模组：采用普通镜头模组，用于 2D 彩色图片拍摄。

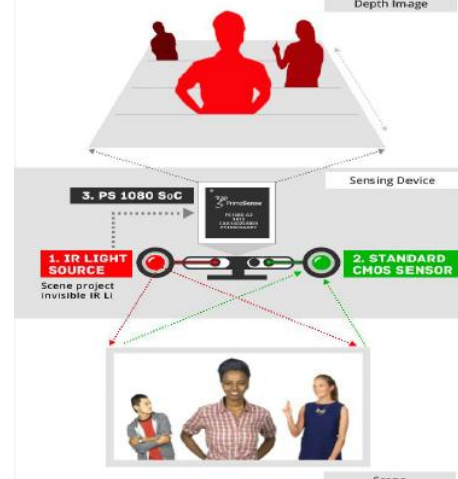
4) 图像处理芯片：将普通镜头模组拍摄的 2D 彩色图片和 IR 接收模组获取的 3D 信息集合，经算法处理得到具备 3D 信息的彩色图片。

图 73：结构光方案由 4 部分构成



数据来源：CLST

图 74：PrimeSense 结构光方案示意图



数据来源：PrimeSense

#### 5.1.1.1. IR 发射模组：核心部件高壁垒，影响成像效果

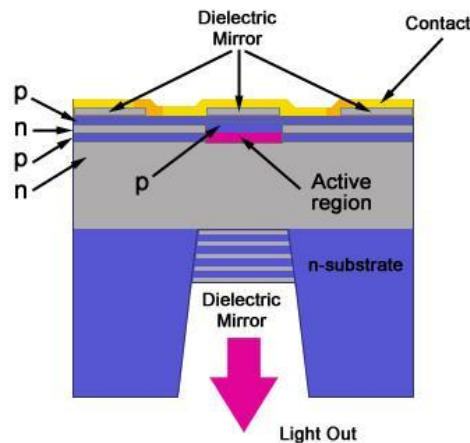
IR 发射模组的工作流程主要为：1) 不可见红外光发射源（激光器或者 LED）发射出不可见红外光；2) 不可见红外光通过准直镜头（WLO）进行校准；3) 校准后的不可见红外光通过光学衍射元件（DOE）进行散射，进而得到所需的散斑图案。因为散斑图案发射角度有限，所以需要光栅将散斑图案进行衍射“复制”后，扩大其投射角度。

因此 IR 发射模组主要部件包括：不可见红外光发射源（激光器或者 LED）、准直镜头（WLO）、光学衍射元件（DOE）

##### ● 不可见红外光发射源：将以 VCSEL 为主流

不可见红外光的发射源主要有 VCSEL（垂直腔面发射激光器）和红外 LED 两种，VCSEL 是以砷化镓半导体材料为基础研制，主要包含激光工作物质、崩浦源和光学谐振腔 3 大部分。

图 75: VCSEL 主要由激光工作物质、泵浦源和光学谐振腔 3 大部分构成



数据来源: ofweek

相比较而言 VCSEL 光谱准确性更高、响应速度更快、使用寿命更长、投射距离更长,相比 LED 光源具有明显优势,我们判断在智能设备中,VCSEL 将成为主流。目前 VCSEL 主要供应商以光芯片厂商为主,包括 Lumentum、II-VI 和 Finisar。

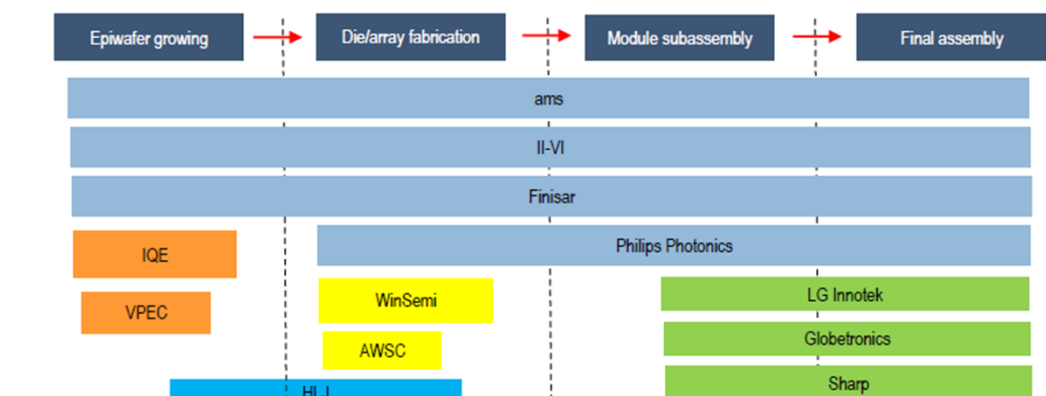
表 23: VCSEL 对比 LED, 性能领先

	VCSEL	红外 LED
指向性	准确	较模糊
光谱宽度	<1nm	30nm
效率	>35%	30-35%
相应时间	1ns	5-10ns
功耗	低	中
使用寿命	>5 万小时	<1 万小时
成本	高	低

数据来源: Lumentum

目前 VCSEL 主要供应商以光芯片厂商为主,包括 Lumentum(设计公司,代工环节外包)、II-VI 和 Finisar, 其中 Lumentum 为 iPhone X VCSEL 供应商。Lumentum 具备一体化能力,VCSEL 所用 EPI Wafer 采购自 IQE,其生产过程外包于台湾 WinSemi。

图 76: VCSEL 产业链

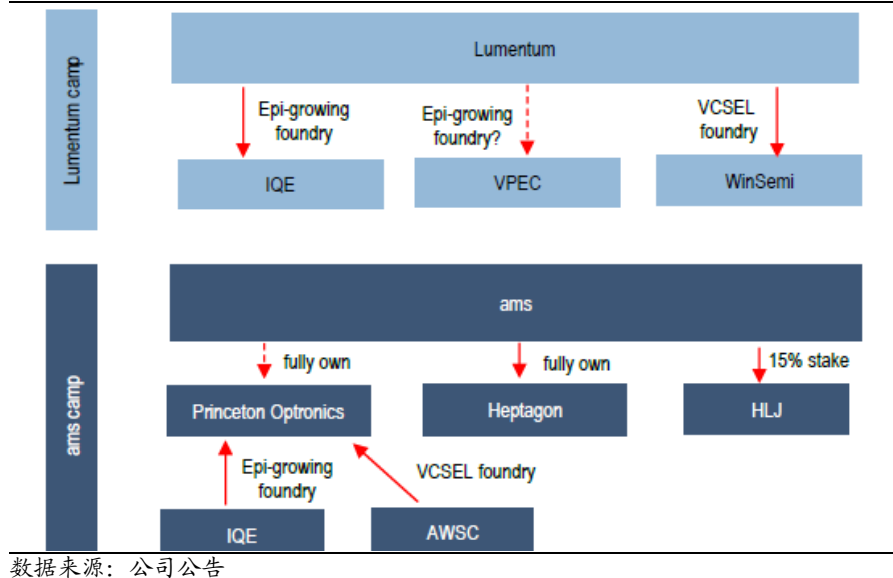


数据来源: 公司公告

从 VCSEL 供应来说,业内主要分为 Lumentum 和 AMS 两大阵营。

Lumentum 采用虚拟 IDM 模式，其本身不具备 6 寸长晶与制造产能，通过绑定业内最大的 IQE 与 WinSemi 形成联盟。AMS 则通过收购 Priceton、Heptagon，入股 HLJ 形成一体化能力。

图 77: VCSEL 两大阵营

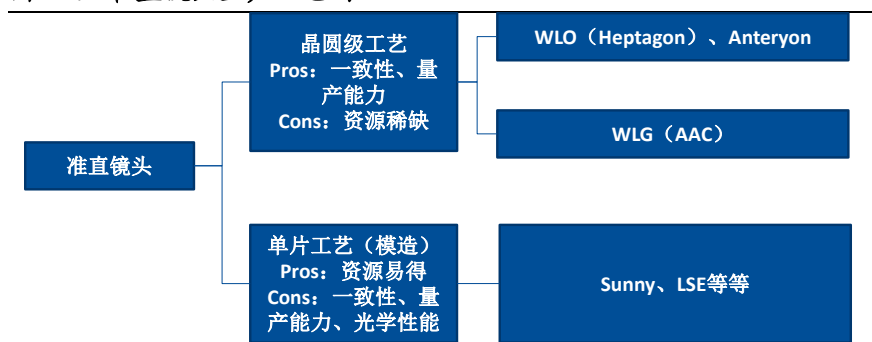


数据来源：公司公告

### ● 准直镜头：预计将以 WLO 工艺为主

由 VCSEL 发出的红外光需要经过准直镜头的校准，准直镜头利用光的折射原理，将波瓣较宽的衍射图案校准汇聚为窄波瓣的近似平行光。准直镜头可以采用传统的光学镜头制造方法，也可以采用 WLO（晶圆级镜头），未来有望采用 WLG 工艺解决 WLO 镜头耐热性不佳的问题。用晶圆级工艺制作准直镜头在产品一致性、量产能力上具备优势，但是具备生产能力的厂商有限，资源较为稀缺。

图 78: 准直镜头生产工艺对比



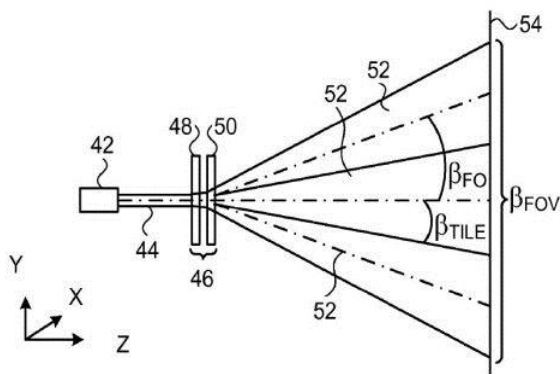
数据来源：国泰君安证券研究

### ● 光学衍射元件（DOE）

经过准直镜头校准后的激光束并没有特征信息，因此下一步需要对激光束进行调制，使其具备特征结构，光学衍射元件（DOE）就是用来完成这一任务的。VCSEL 射出的激光束经准直后，通过 DOE 进行散射，即可得到所需的散斑图案（Pattern）。由于 DOE 对于光束进行散射的角度（FOV）有限，所以需要光栅将散斑图案进行衍射“复制”后，扩大其投

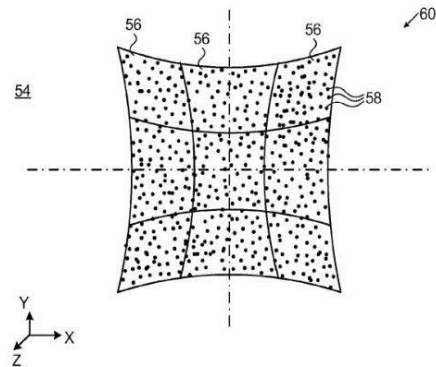
射角度。下图 44 为准直后的激光束，48 为 DOE，50 为光栅。

图 79: PrimeSense 光学衍射元示意图



数据来源: PrimeSense

图 80: PrimeSense 激光散斑示意图



数据来源: PrimeSense

光学衍射元件 DOE 的制造门槛较高，iPhone X 所用 DOE 由台积电采购玻璃后进行 pattern，精材科技将台积电 pattern 后的玻璃与 VCSEL 进行堆叠、封装和研磨，然后交采钰进行 ITO 工序，最后由精材科技进行切割。

#### 5.1.1.2. IR 接收模组：窄带滤光片为国内厂商主要机会

IR 接收模组用于对被拍摄物体反射的红外光进行接受和处理，获取被拍摄物体的空间信息。IR 接收模组主要由 3 部分组成：1) 特制红外 CMOS；2) 窄带滤光片；3) 镜头 Lens；

##### ● 特制红外 CMOS

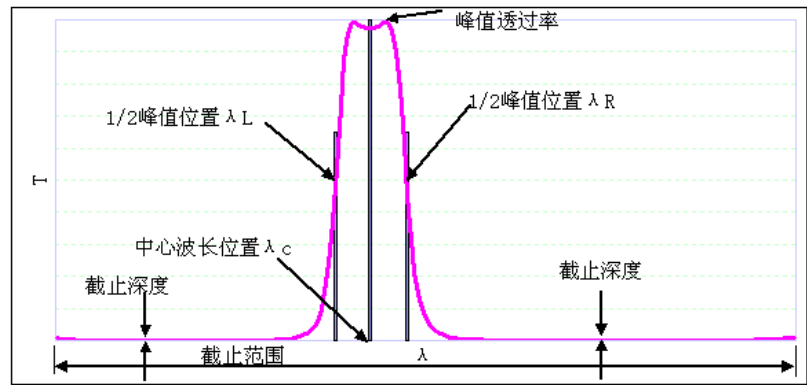
接收端 CMOS 的要求是其能接受被拍摄物体发射回来的红外散斑图案，不需要对其他波长的光线进行成像。相对普通 RGB CMOS 而言，红外 CMOS 是一个相对小众的市场，但是增速很快，目前主要厂商包括：意法半导体、奇景光电、三星电子、富士通等。

##### ● 窄带滤光片

在 IR 发送端，VCSEL 发射的是 940nm 波长的红外光（因为太阳光在该波段能量最小），因此在接收端需要将 940nm 以外的环境光剔除，让接受端的特制红外 CMOS 只接收到 940nm 的红外光。为达到这一目的，需要用到窄带滤光片。所谓窄带滤光片，就是在特定的波段允许光信号通过，而偏离这个波段以外的两侧光信号被阻止，窄带滤光片的通带相对来说比较窄，一般为中心波长值的 5% 以下。窄带滤光片主要采用干涉原理，需要几十层光学镀膜构成，相比普通的 RGB 吸收型滤光片具有更高的技术难度和产品价格。目前业内主要厂商为 VIAVI（JDSU 拆分而来）和国内的水晶光电。



图 81：窄带滤光片让特定波长的光线通过



数据来源：Photonics Media

### ● 接收端镜头 (Lens)

接收端镜头为普通镜头，业内方案成熟，大立光、玉晶光、Kantatsu 等厂商都能提供。

总体而言，接收端除窄带滤波片较特殊，制造难度较高外，特征红外 CMOS 和镜头都是成熟产品，不存在制造难度。

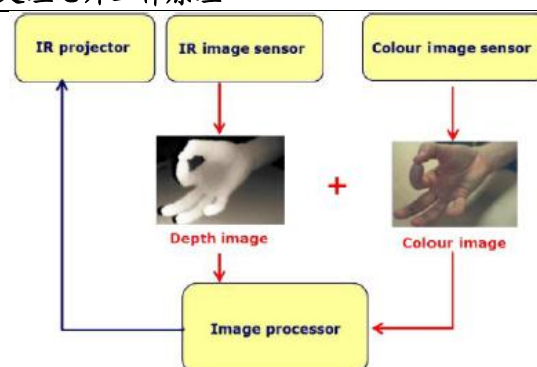
#### 5.1.1.3. 镜头成像端：产业链成熟，非增量业务

3D 成像功能与传统照相摄像头不是相互替代而是叠加的关系，IR 发射模组和 IR 接收模组是新增的部件需求，镜头成像端就是指目前智能手机的手机镜头模组，主要包含：音圈马达 (Voice Coil Motor, VCM)，镜头 (Lens)，红外截止滤光片 (IR-Cut Filter, IRCF)，图像传感器 (CMOS Image Sensor) 以及印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB)。产业链成熟，供应商众多，在此不再赘述，同时 3D 成像的兴起对镜头成像端而言并无变革。

#### 5.1.1.4. 3D 图像处理芯片：壁垒高，突破难

3D 成像所需的图像处理芯片和一般的图像处理芯片有所区别，其通过复杂的算法将 IR 接收端采集的空间信息和镜头成像端采集的色彩信息相结合，生成具备空间信息的三维图像。该芯片设计壁垒高，目前供应商仅为几个芯片巨头，包括 STM (意法半导体)、TI (德州仪器)、NXP (恩智浦)。

图 82：图像处理芯片工作原理



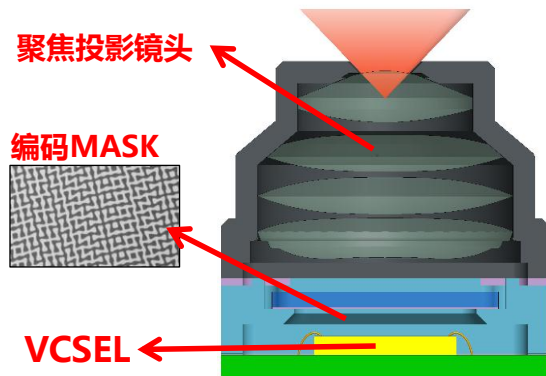
数据来源：CLST

### 5.1.2. 结构光获取方式不同，编码方案可规避苹果散斑专利

苹果已在散斑结构光上完成了专利布局，业内其他厂商如果采用散斑结构光方案可能存在专利侵权的风险，因此编码结构光是值得重视的方案。

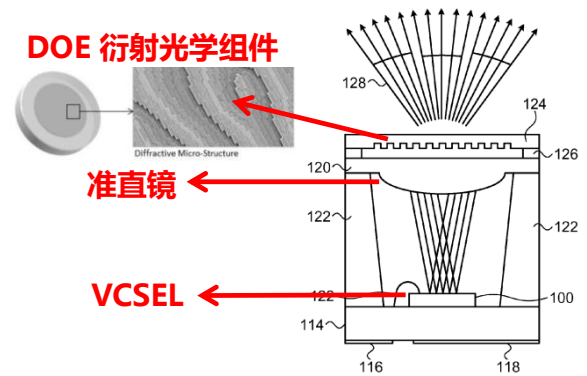
**散斑结构光与编码结构光的区别：IR 发射端不同，其他相同。**散斑结构光和编码结构光的不同之处在于其结构光的获取方式不同，编码结构光的方案并不使用 DOE（衍射光栅），而是采用 MASK（掩膜）。

图 83：编码结构光：Vcsel+Mask+Lens



数据来源：

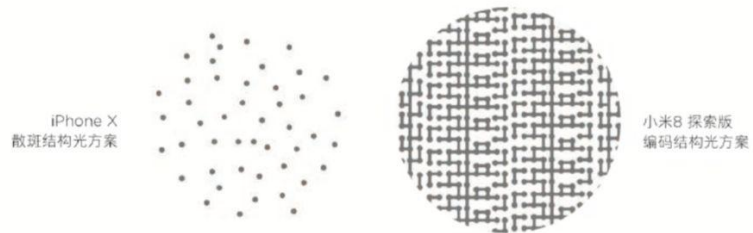
图 84：散斑结构光：Vcsel+WLO+DOE



数据来源：PrimeSense

散斑结构光的典型代表为 iPhone X，其发射端使用 DOE（衍射光学元件）。编码结构光的典型代表为小米 8 探索版，其采用与欧菲战略合作的 Mantis-Vision 的方案，使用 Mask（掩膜）获取结构光。最终表现在输出光上的效果为：苹果以散斑的方式打出 30000 个离散分布的红外点，而小米的方案则会在用户面部呈现几何的编码图形。编码结构光是完美规避苹果散斑结构光专利的技术路线，虽然其原理都是将光结构化，但是在硬件使用上有很大不同。

图 85：散斑结构光 VS 编码结构光



数据来源：小米

从性能指标上看，编码结构光在覆盖率，点云密度，帧数等指标上优于散斑结构光，但是在分辨率，功耗方面逊于散斑结构光。

表 24：编码结构光与散斑结构光性能指标对比

	编码结构光	散斑结构光
所使用 Pattern	基于二维码编码的 Mask	DOE 散点 Pattern
Pattern 特点	照射点均匀分布	照射点分布不均匀
覆盖率	50%	11%
点云密度	40K+	30K
分辨率	0.3M-1M	1M

帧率	30~60 FPS	30FPS
深度精度	>25mm	>25mm
	1.2mm @50cm	0.25 % @50cm
X/Y 解析度	~5.8mrad.	NA
发射器尺寸	4*4*4 mm	TBD
接收端尺寸	7*6.5*4.2mm	7*6.5*4.2mm
IR 发射器	VCSEL+MASK	VCSEL+准直镜
	+LENS 结构	+DOE 结构
功耗	500 ~ 800mW	400~600 mW
	激光+IR Camera	激光+IR Camera + 芯片
可获得性	高 (小批量出样)	高 (市面已有设计)
建议使用场景	Face ID/近距离使用情境	
缺陷场景	远距离/具光穿透性物体如玻璃/眼镜等,户外光源直射干扰	
ASIC	不需要	需要
备注	有量产性, 方案有自动校正功能,不需返厂重新校正	有量产性, DOE 设计为关键,需避免 A 公司专利问题

数据来源: MV、欧菲科技、国泰君安证券研究

### 5.1.3. 苹果抢占全球成熟资源, 安卓加速跟进

目前结构光产业链一流供应商皆已被苹果锁定, 包括整体方案商 PrimeSense (2013 年以 3.45 亿美元收购), 核心部件 VCSEL、DOE、WLO、Fliter 中的一流供应商与苹果合作。目前国内厂商在窄带滤光片 (水晶光电)、接收端模组 (欧菲科技) 已进入苹果产业链。

表 25: 苹果结构光产业链梳理: 外资为主, 国内厂商有所卡位

部件	苹果供应链	进入壁垒
IR 发射模组	VCSEL 设计: Lumentum, Finisar; 代工: Win Semi; 晶圆: IQE;	高
	DOE TSMC (patterning), Xintec(堆叠、切割), Visera(ITO)	高
	WLO AMS 旗下 Heptagon	高
	模组 LGI、Sharp	中
IR 接收模组	IR CIS STM (TongHsing)	高
	Fliter Viavi	较高
	镜头 大立光、玉晶光	较高
	模组 Sharp, 欧菲科技	中
镜头成像端	CIS Sony	
	镜头 大立光、玉晶光	非增量业务
	模组 Cowell、欧菲科技、鸿海	
3D 图像处理 IC	STM (同欣电/Soitec 提供 RW)	高
综合技术方案	PrimeSense	高

数据来源: 国泰君安证券研究

整体而言, 苹果对 3D 成像的研发领先非苹阵营 1-2 年, 我们认为 3D 成像发展的技术路径遵循苹果引领, 非苹跟进的规律。苹果 3D 成像的导入会促使非苹阵营 3D 成像产业链的成熟。当前除了与苹果独家合作的 3D 成像供应商以外, 大部分供应商也会积极的开拓非苹果客户。同样

那些没有进入苹果的供应商也会积极配合非苹果手机品牌，完成 3D 成像方案。

表 26：非苹果结构光产业链

	部件	其他业内供应商	进入壁垒	
IR 发射模组	VCSEL	设计：II-VI、Finisar、ams（Princeton）光迅科技、长春光机所； 代工/测试：Win Semi、宏捷科、光环、联钧、HLJ	高	
	衍射/发散	DOE（散斑）	Ams（Heptagon）、Himax、TSMC/Xintec	高
		MASK（编码）		高
	准直/聚焦	WLO（散斑）	Ams（Heptagon）、Himax、Kaleido（AAC）、VisEra（OVT）、Anteryon	高
		LENS（编码）	大立光、玉晶光、AAC、舜宇光学、联创电子	较高
	模组	欧菲科技、舜宇光学、信利国际、丘钛科技	中	
IR 接收模组	IR CIS	奇景光电、三星电子、富士通	高	
	Fliter	Viavi，水晶光电	较高	
	镜头	大立光、玉晶光、AAC、舜宇光学、联创电子	较高	
	模组	欧菲科技、舜宇光学、信利国际、丘钛科技	中	
镜头成像端	CIS	索尼、豪威科技、格科微、比亚迪电子	非增量业务，不做讨论	
	镜头	大立光、玉晶光、AAC、舜宇光学、联创电子		
	模组	欧菲科技、舜宇光学、信利国际、丘钛科技		
	3D 图像处理 IC	STM（同欣电/Soitec 提供 RW）	高	
	综合技术方案	ams AG、Himax、Intel、奥比中光	高	

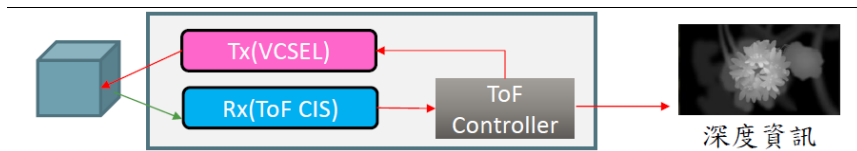
数据来源：国泰君安证券研究

## 5.2. ToF：前后置 3D 皆有望采用，商用在即

### 5.2.1. ToF 硬件构成类似结构光，更为简约

ToF 产业链在主要环节上与结构光方案相似，主要由 3 大部件构成：1）不可见光红外线（IR）发射模组；2）不可见光红外线（IR）接收模组；3）镜头模组。

图 86：ToF 主要结构



数据来源：电子工程专辑

与结构光模组相比的区别：

- 1) ToF 可以不用单独的 ASIC，因为其算法相比结构光简单，可集成于手机 AP 中；
- 2) ToF 的发射端不需要 WLO、DOE/MASK，但需要 MEMS 棱镜阵列，另外需要 MCU 做 Controller；
- 3) 接受端不需要窄带滤光片，同时接收端的 IR CIS 对感测速度要求比

结构光更高，供应商存在较大不同。

4) 发射端均采用 VCSEL，但是 ToF 需要的功率更高；

图 87： ToF 与结构光硬件差异

后置ToF和前置结构光的差异1：发射端，VCSEL，功率要求



后置ToF和前置结构光的差异2：发射端，衍射元件，难度更大



数据来源：国泰君安证券研究

### 5.2.2. 距离传感为过去主要应用，3D ToF 方案商用在即

ToF 在手机中的应用早于结构光，不过主要是作为接近传感器使用，用于打电话时控制屏幕的点亮和关闭。联想是最早将 ToF 技术用于手机 3D 成像的厂商，2016 年 9 月联想在 TechWorld 创新大会上，推出了全球首款 Project Tango 智能手机。该机最大的特点就是可以让用户使用智能手机来绘制室内空间三维地图，配备的多种传感器，可以进行映射环境，创造增强显示。但因为当时 ToF 技术限制，实际使用体验一般。

图 88： Lenovo Phab 2 Pro 后置 ToF 工作原理



数据来源：联想

2018 年 6 月 27 日，在上海举办的 MWCS 上，vivo 展示了其 TOF 3D 超感应技术。在 vivo 展示的 TOF 3D 超感应技术中，包含了 30 万个可以通过这种方式进行测距的有效深度信息点，将这些数据组合在一起，理论上就可以获得被拍摄对象精准的深度信息，从而为高精度的 3D 人脸识别提供了数据基础。



vivo 的展示资料显示其 TOF 3D 技术主要优势为：

1) **有效深度信息多**：vivo 的 TOF 3D 超感应技术包含了 30 万个可以进行测距的有效深度信息点，而采用 DOE 衍射的 iPhone X 只有 3 万个；

2) **工作距离远**：vivo 展示的 TOF 3D 超感应技术可以做到至少 3 米的测量距离。对于人脸解锁来说，1 米和 3 米不会对体验上造成什么区别，不过更远的工作距离意味着 TOF 3D 超感应技术可以应用在更多的场景中。

3) **体积小**：保证识别精度，3D 结构光的投射器和接收器需要保留一定的距离，也就是所谓的基线（baseline），iPhone X 上的 3D 结构光需要 25 毫米左右，目前安卓阵营方案还要更长一些，带来的结果就是 3D 结构光模组普遍较长。相比之下，TOF 模组的 baseline 要求不高，体积上可以做到非常小巧。

**总结**：根据 vivo 的研发进度，2018H2 就有望实现 3D ToF 的商用。从产品特性角度而言，ToF 更适用于远距离场景，另外在对成本和尺寸要求更高的场景下 ToF 也将获得一定的市占率。

### 5.2.3. ToF 与结构光产业链相似，成熟度相近

ToF 产业链在主要环节上与结构光方案相似，区别在于发射端不需要 WLO、DOE、MASK，接受端不要窄带滤光片，同时接收端的 IR CIS 对感测速度要求高，供应商存在较大不同。

表 27：ToF 产业链情况

	部件	供应商	进入壁垒
IR 发射模组	VCSEL	设计：II-VI、Finisar、ams（Princeton）光迅科技、长春光机所；代工/测试：Win Semi、宏捷科、光环、联钧；	高
	DIFFUSER		高
	模组	LGI、Sharp、欧菲光	中
IR 接收模组	IR CIS	STM、Infineon/pmd、ama AG、Sony、Intel	高
	镜头	大立光、玉晶光、AAC、舜宇光学、联创电子	较高
	模组	欧菲光	中
镜头成像端	CIS	索尼、豪威科技、格科微、比亚迪电子	非增量业务，不做讨论
	镜头	大立光、玉晶光、AAC、舜宇光学、联创电子	
	模组	欧菲光、合力泰、信利国际、丘钛	
3D 图像处理 IC		STM	高
综合技术方案		AMSAG, Himix, STM, TI, Intel, Infineon/pmd、Sony	高

数据来源：国泰君安证券研究

## 5.3. 方案商密切配合，中国厂商迎来突破

### ● 苹果厚积薄发，中国品牌迎来突破

苹果在 3D 成像上相比安卓阵营领先 1-2 年，并将 Face ID 相关核心技术掌握在自己的闭环生态里，建立起一道坚固的产品护城河。这不仅来源于苹果自身的研发投入，更重要的是苹果从 2011 年起就通过收购获取了

相关资源。

**表 28: 苹果收购多家 3D 成像相关标的**

标的	收购时间	收购金额	标的公司业务
<b>Polar Rose</b>	2011 年	2900 万美元	面部识别技术
<b>PrimeSense</b>	2013 年	3.45 亿美元	三维传感与动作捕捉技术
<b>WiFiSLAM</b>	2013 年	2000 万美元	室内定位技术
<b>Metaio</b>	2015 年	3200 万美元	AR 场景构建技术
<b>RealFace</b>	2017 年	约 200 万美元	面部识别技术

数据来源: AAPL, 国泰君安证券研究

2017 年 9 月, iPhone X 3D 成像功能首次发布时, 惊艳四座。在今年 5 月之前, 也没有一家国产手机能够真正望 iPhone X 之项背, 推出能媲美 iPhone 3D 深度传感摄像头的手机。伴随近期小米、vivo、OPPO 等一系列新旗舰的发布, 国产手机在 3D 成像上实现了突破。

**表 29: 中国手机品牌 3D 成像方案密集发布**

数	上市时间	技术原理	技术供应商	功能应用
苹果 iPhone X	2017.9	散斑结构光	PrimeSense	人脸解锁、登入、Animoji、AR、支付
华为 V10+Jupiter X	2017.11	散斑结构光	华为	-
小米 8 探索版	2018.6	手编码结构光	MV	人脸解锁、米萌
OPPO Find X	2018.6	散斑结构光	奥比中光	人脸解锁、3D 自拍、Omoji 3D 表情、支付宝支付
vivo ToF 方案	2018.6	商 ToF	Face++, AMS	-

 数据来源:  
深圳湾

### 需方案商密切配合

苹果通过收购构筑了 3D 成像的闭环生态系统, 自主掌握了核心技术。除苹果外, 别的手机品牌厂商需要更多的依赖方案厂商的配合。小米 8 探索版采用的 MV 的方案, 欧菲科技独家的模组。OPPO Find X 采用的奥比中光的方案, 丘钛科技的模组。华为有望整合供应链, 推出采用自家方案的 3D 成像产品, 有望用于 2018H2 发布的新一代 Mate。

**表 30: 中国手机品牌 3D 成像方案密集发布**

数	类型	方案商	代表产品
据	软件	商汤科技	小米 8 探索版
来		Face++	OPPO Find X, vivo ToF
源		MTK+奥比中光+丘钛	OPPO Find X
;	硬件	海思+舜宇+AMS	华为 V10 Jupiter X
深		Mantis Vision+欧菲	小米 8 探索版
圳		奇景光电+高通	-
湾			

## 6. 车载摄像头为 ADAS 核心传感器，百亿市场开启

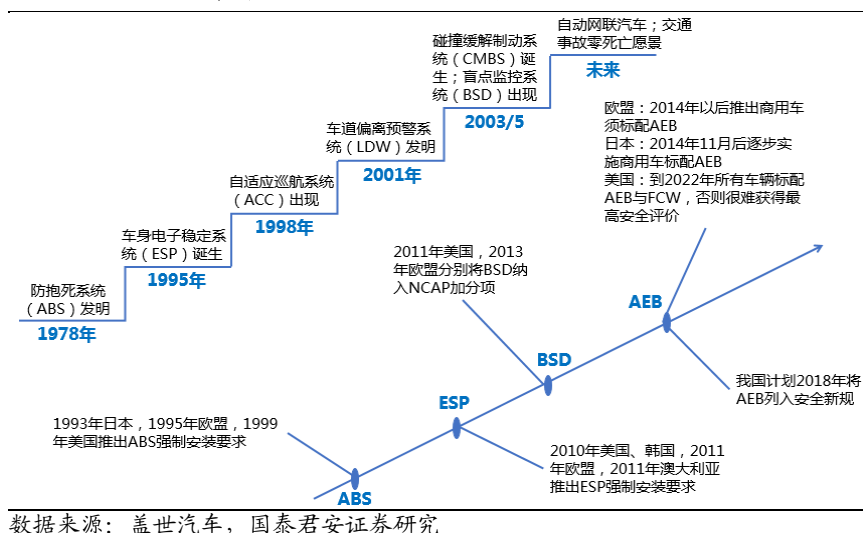
### 6.1. ADAS 全面铺开，车载镜头为最核心传感器

#### 6.1.1. 刚需+政策推动，ADAS 全面铺开

ADAS 指高级驾驶辅助系统，是利用车上的传感器实时收集车内外环境数据并进行处理分析，进而使驾驶者在最快时间内察觉可能发生的危险，并通过被动或主动的方式进行干预的安全技术。一个完整的 ADAS 系统包含前车防撞预警、自适应巡航、车道偏离警示等多种技术，每种技术分别发挥特定的功能。

鉴于 ADAS 在保证行车安全、防止交通事故上起到突出的作用，汽车厂商越来越多的引入 ADAS 功能，以此作为卖点，同时销售者在购车时也越来越多的考虑车辆是否具备 ADAS 功能。政府也意识到了 ADAS 系统的对减少道路事故，提高车辆安全性的重要，各国不断将其纳入法律法规或相关标准。

图 89：刚需+政策推动，ADAS 快速发展



欧盟新车安全评鉴协会 (E-NCAP) 从 2013 年起便在评分规则中增加了更多 ADAS 内容，美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 和高速公路安全保险协会 (IIHS) 也提出 2022 年将自动紧急制动 (AEB) 等 ADAS 功能纳入技术标准。

表 31、E-NCAP 对 ADAS 功能的评价逐渐增加

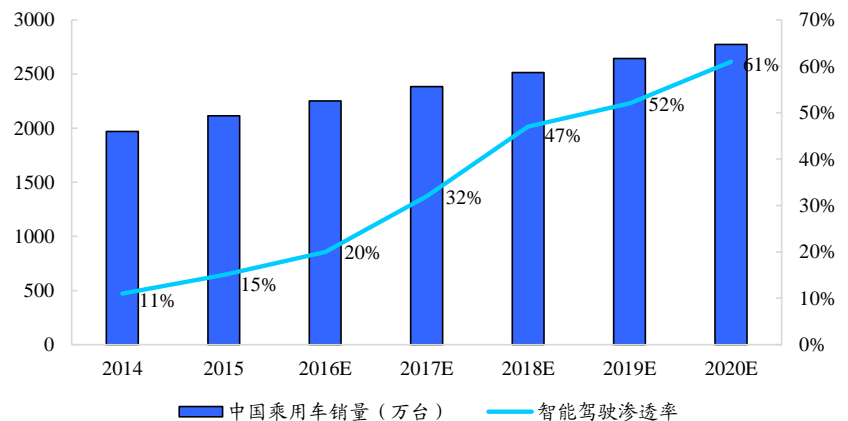
年份	安全辅助项 比重	新增安全辅助项	AEB 与 LDW/LKA 装机率要求	其他要求
2013	10%	SBR、SAS、ESC	-	-
2014	20%	LDW/LKA、高速状态 AEB	50%	成人成员保护
2016	20%	-	70%	-
2017	20%	-	100%	行人保护
2018	尚未公布	低速状态 AEB	100%	增加对暗淡光线环境下的要求

数据来源：E-NCAP，国泰君安证券研究

国内关于 ADAS 的政策要求也开始加速，如 2017 年强制实施的 GB7258

《机动车运行安全技术条件》要求车长大于 11m 的客车应装备车道偏离报警系统 (LDW) 以及前车碰撞预警系统 (FCW), 2018 版中国新车评价规程 (C-NCAP) 中主动安全的评分权重占到了 15%, 并增加了关于自动紧急制动系统 (AEB) 与车身稳定系统 (ESC) 的评分项目。目前 ADAS 整体渗透率很低, 根据汽车工业协会的数据, 2015 年渗透率为 15% (单车具备任何一种 ADAS 功能即算), 预计这一比重将在 2019 年超过 50%, 呈快速上升趋势。

图 90: 2019 年智能驾驶渗透率将超过 50%



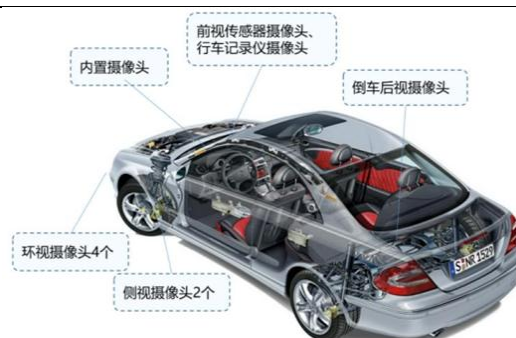
数据来源: 汽车工业协会, 国泰君安证券研究

随着车厂不断导入 ADAS 功能, 同时叠加政府法规的助推, ADAS 市场将加速成长。预计 2017-2019 年中国 ADAS 市场规模分别为 275 亿元、372 亿元、542 亿元, 增速为 34.8%、35.3%、45.7%, 呈加速发展态势, 预计至中国 ADAS 市场将占据全球 30% 的份额。

### 6.1.2. 车载摄像头为 ADAS 核心传感器

ADAS 感知层常见的传感方式包括可见光传感、超声波传感、激光传感、红外线传感等, 车辆利用这些传感器实现车道偏移预警、车道保持、泊车辅助、碰撞报警等多种 ADAS 功能。车载摄像头是 ADAS 核心传感器, 主要通过视觉图像以及相应的图像识别技术对车辆外部的路况信息进行感知, 相较于雷达成本较低, 识别能力更强。车载摄像头是实现 ADAS 中车道偏离预警、碰撞预警、行人预警等诸多功能的基础, 也是 ADAS 中的核心部件。根据安装位置的不同, 可将车载摄像头分为前视、后视、环视、车内监控四种。

图 91: ADAS 车载摄像头位置



数据来源: 产业信息网

前视摄像头主要用于前向驾驶辅助, 涉及到的功能最多, 发挥着最为重

要的作用。后视和环视摄像头主要用于监测车辆四周与后方的情况，一般用于泊车辅助模块。车内监控摄像头则主要对驾驶员的疲劳状态以及注意力集中度进行监测。

表 32、车载摄像头分类及用途

分类	实现功能	应用模块
前视	前向驾驶辅助	ACC、AEB、FCW、LDW、LKA、TSR、HBA
	记录车辆行驶途中的影像	行车记录仪（DVR）
后视	探测车辆后方环境	倒车影像系统、泊车辅助系统
环视	同时采集车辆四周的影像，直观地呈现车辆所处的位置和周边情况	全景影像系统、LDW、泊车辅助系统
车内监控	追踪驾驶员的视线、估测其疲劳程度和注意力分散程度	抬头显示技术、车内影像系统

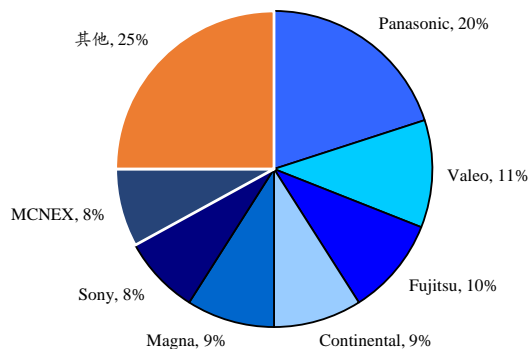
数据来源：汽车之家，国泰君安证券研究

## 6.2. 车载摄像头市场快速增长，百亿市场开启

### 6.2.1. 传统汽车电子企业主导，舜宇为车载镜头 No.1

相较于普通摄像头，车载摄像头对性能的要求更为严苛，必须具备高速的影像采集与处理能力、扩大的视角范围以及对恶劣工作环境的良好适应性。目前车载摄像头市场结构与消费电子摄像头市场结构存在巨大差异，车载摄像头模组主要供应商为 Panasonic、Continental 等传统汽车零部件供应企业。

图 92：2015 年全球汽车摄像头模组供应商及份额



数据来源：智研咨询，国泰君安证券研究

由于车辆使用环境极为复杂，导致车载摄像头需要经历高温、冰冻、风沙等各种严苛环境考验，因此车载摄像头的质量标准，使用材料和手机摄像头存在很大差别。同时由于汽车行业的封闭性，车载摄像头的供应链与手机摄像头供应链差别很大。CIS 环节与手机摄像头供应链类似，镜头环节舜宇光学是全球第一大的车用镜头供应商，模组环节则为传统汽车电子厂商，手机摄像头模组厂商在此环节基本出局。

表 33、车载摄像头供应链



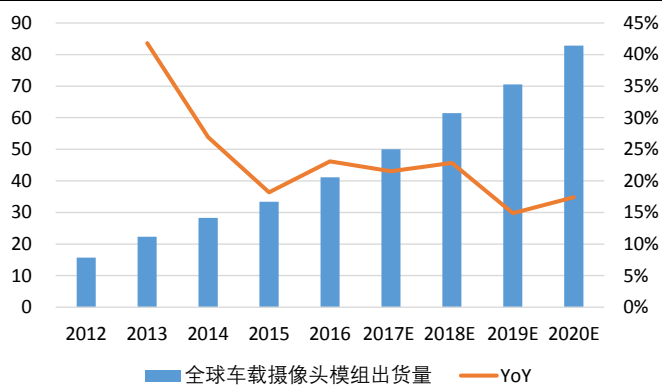
CIS	LENS	模组商	车厂
豪威科技	舜宇光学	博世	宝马
英飞凌	Sekonix	Delphi	奥迪
On Semi	Kantatsu	Kostal	GM
STMicro	Fujifilm	TRW	本田
索尼	Maxell	Denso	日产
松下		Magna	沃尔沃
PixPlus		Omron	福特
		Siemens	.....
		Gentex	

数据来源：国泰君安证券研究

### 6.2.2. 出货量符合增速达 20%，百亿市场开启

传统汽车中车载摄像头的应用并不广泛，而一套完整的 ADAS 系统一般会配备至少 6 个摄像头（1 前视+4 环视+1 后视），由此带来的市场空间十分巨大。Mobileye 的成功证明了依靠摄像头开发 ADAS 功能的可行性。据 IHS 的数据，全球车载摄像头出货量将从 2014 年的 2800 万颗增长至 2020 年的 8270 万颗，复合增速达 19.8%。车载摄像头单价一般为手机摄像头的 5-6 倍，以 160 元的单价计算，预计到 2020 年市场规模达 132.3 亿元。

图 93：2015 年全球汽车摄像头模组供应商及份额



数据来源：智研咨询，国泰君安证券研究

## 7. 行业评级及投资建议

自古以来，人类执着于用图像记录生活，从最早的壁画到如今用手机拍摄和分享生活中的点滴。人类对光学性能的追求从未止步，为了更好的拍摄效果，手机摄像头正从单摄到双摄再到三摄，后续将到潜望式。除了拍摄以外，随着图像识别技术的运用，摄像头正成为解密信息的钥匙。另外 3D 摄像头的出现，更使得人机交互从二维跃迁到三维。因此，我们认为对摄像头最准确的定义是：人工智能时代最核心的传感器。

双摄是手机拍照确定性升级趋势，2017 年是爆发元年，2018 年后置双摄加速渗透。但双摄仍然无法做到各项性能兼顾，三摄为改进方向。华为 P20 Pro 三摄像头拍摄能力突出，产品的热销证明了三摄产品叫好又叫座，我们认为“黑白+彩色+长焦”的三摄方案在 2019 年的能见度将大幅提升。进一步而言，潜望式镜头的导入有望实现“高倍数平滑光学变焦”。另外三摄像头与 3D 成像解决方案不存在相互替代关系，而是叠加关系。预计业内领先厂商有望在 2019 年推出后置三摄+ToF 功能手机，性能进一步提升。

市场规模方面：1) 摄像头：随着双摄的渗透率提升以及高端旗舰机试水三摄，单机光学组件 ASP 不断提升。我们预计全球手机摄像头市场有望从 2016 年的 180 亿美元增长至 2020 年的 354 亿美元，CAGR 达 18.6%。2) 3D 成像：苹果在 2017 年的 OLED 版 iPhone 中率先导入前置 3D 成像模组，这是整个 3D 成像行业爆发的起点。我们预计 2018 年苹果将普及前置 3D 成像，预计 2019 年有望导入后置 3D 成像模组。安卓阵营 2018 年开始小批量导入，2019 年加速渗透。我们预计，3D 成像行业产值将从 2017 年的 6.2 亿美元迅速增长到 2020 年的 94.4 亿美元，2017-2020 年 CAGR 高达 148%。**光学创新远未停歇，行业仍将保持快速发展态势，维持行业“增持”评级。**

双摄、三摄及未来的潜望式在算法难度、制造精度、资本投入等方面上都有大幅提升，小厂难以跟上节奏逐渐出局，市场份额向大厂集中。3D 成像的爆发将带来芯片、窄带滤光片、DOE、WLO 等增量市场，同时 3D 成像与摄像头模组的集成进一步推升模组制造难度。我们推荐：在摄像头产业全面深度布局的**欧菲科技**；手机、车载、安防 CIS 全球龙头**韦尔股份**；3D 成像核心元件供应商**水晶光电**；具备玻塑混合/准直镜头及车载镜头量产能力的**联创电子**；受益标的：三摄/3D 模组安卓系龙头，手机及车载 Lens 全球龙头的**舜宇光学科技**；

**欧菲科技**：2018H1 公司摄像头模组业务实现营收 102.36 亿元，同比大幅增长 54.3%。半年度出货量高达 2.45 亿颗，其中双摄出货量为 5200 万颗。因为产品结构的优化，上半年光学业务整体毛利率提升 4.35 个百分点至 15.16%，大幅超越竞争对手。我们判断从 2018Q3 开始安卓双摄模组持续放量，国际大客户新项目前置单摄与 3D 接收端开始量产。后续公司将在三摄，3D 成像等最前沿光学创新领域大展拳脚。

**韦尔股份**：公司于 8 月 15 日公布收购预案，发行股份购买北京豪威 96.08% 股权、思比科 42.27% 股权和视信源 79.93% 股权总计 150 亿元，同时募集资金规模不超过 20 亿元用于封测和 LCOS 扩产。在双摄多摄及车载镜头的驱动下，CIS 图像传感器行业市场规模快速扩大。豪威是车用 CIS

主力供应商，在该领域豪威市占率位居第二。豪威定位中高端 CIS 图像传感器市场，思比科定位中低端市场，两者形成互补效应，同时 CIS 芯片与公司芯片分销业务形成协同效应。

**水晶光电：**公司于 2017 年切入 iPhoneX 窄带滤光片镀膜及 WLO 镀膜业务，预计 2018 年公司在 3 款 iPhone 新机中将保持以上业务。在安卓 3D 业务方面，公司向客户提供窄带滤波片成品供应，2018 年切入小米 8、OPPO，后续有望拿下安卓阵营窄带滤光片大部分份额。我们预计 2018 年公司来自 3D 业务的营收有望超 4 亿元，未来后置 ToF 的导入将进一步加大窄带滤光片用量，水晶光电在 3D 成像领域具备业务布局，未来将受益于行业增长。

**联创电子：**车载镜头方面，目前公司已有三颗镜头通过了国际知名高级汽车辅助安全驾驶方案公司 Mobileye 的认证。公司研制的车内监控、前视 ADAS、盲区监控等镜头已应用于 Tesla 汽车上。手机镜头方面，单月出货量在 3.5KK 左右，以韩系客户为主，像素主要为 8M、13M。在光学创新方面，公司也获得了突破，用于 3D 成像的准直镜头已供货华为，未来有望拓展安卓阵营其他客户。

**舜宇光学科技：**公司摄像模组方面（双摄/三摄/3D）是安卓系龙头，2018H1 受到原材料成本压力、行业竞争加剧、流程人员结构调整及新基地产能利用率不足等多重因素影响，摄像模组业务毛利率有所下滑。我们预计随着下半年三摄/3D 等高端项目上量有望驱动 ASP 回升，内部调整结束后效益提升，都有助于毛利率表现。镜头方面量价齐升，尤其是车载镜头预计全年出货增长 30%-35%。随着 3D 成像在手机端的导入，公司的 3D 准直镜及 Lens 即将迎来收获期。

表 34：重点推荐公司估值表

股票代码	简称	收盘价 (元)	市值(亿 元)	EPS (元)			PE			PB	评级
				2018E	2019E	2020E	2018E	2019E	2020E		
002456.SZ	欧菲科技	15.89	431	0.76	1.16	1.87	21	14	8	4.4	增持
603501.SH	韦尔股份	37.66	172	0.73	1.07	1.33	52	35	28	12.1	增持
002273.SZ	水晶光电	10.90	94	0.68	0.74	0.96	16	15	11	2.7	增持
002036.SZ	联创电子	10.80	59	0.67	0.89	1.05	16	12	10	3.2	增持
2382.HK	舜宇光学*	77.72	853	3.51	5.09	6.35	22	15	12	12.2	
				平均			26	19	15	6.9	

数据来源：Wind（截止 2018 年 8 月 19 日，\*为 wind 一致预期），国泰君安证券研究

## 8. 风险提示

### 客户导入意愿低于预期

三摄与 3D 成像价格昂贵，同时 3D 成像配套软件尚无丰富应用，存在客户导入意愿低于预期的风险。

### 产业链成熟度不及预期

三摄、3D 成像均属于初期阶段，产业链各环节是否具备大规模量产能力未得到验证。

## 本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

### 分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 免责声明

本报告仅供国泰君安证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰君安证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

### 评级说明

#### 1. 投资建议的比较标准

投资评级分为股票评级和行业评级。以报告发布后的 12 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的 12 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数涨跌幅为基准。

#### 2. 投资建议的评级标准

报告发布日后的 12 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数的涨跌幅。

	评级	说明
股票投资评级	增持	相对沪深 300 指数涨幅 15%以上
	谨慎增持	相对沪深 300 指数涨幅介于 5%~15%之间
	中性	相对沪深 300 指数涨幅介于-5%~5%
	减持	相对沪深 300 指数下跌 5%以上
行业投资评级	增持	明显强于沪深 300 指数
	中性	基本与沪深 300 指数持平
	减持	明显弱于沪深 300 指数

## 国泰君安证券研究所

	上海	深圳	北京
地址	上海市浦东新区银城中路 168 号上海银行大厦 29 层	深圳市福田区益田路 6009 号新世界商务中心 34 层	北京市西城区金融大街 28 号盈泰中心 2 号楼 10 层
邮编	200120	518026	100140
电话	(021) 38676666	(0755) 23976888	(010) 59312799
E-mail:	gtjaresearch@gtjas.com		