

电子行业

光学行业研究专题二：从光学升级的三条路径看行业变革

分析师： 许兴军 S0260514050002



021-60750532



xxj3@gf.com.cn

核心观点：

● 光学技术升级路线之一：摄像头各零组件迎来升级浪潮

光学摄像头 2016 年市场规模达到 234 亿美元，未来将以 12.2% 的速度稳定增长，各零组件的技术升级是行业增长的一个重要支撑。

光学镜头：7P 镜头、玻塑混合镜头、大光圈、潜望式镜头将实现二维层面上更好的成像效果，镜头切边技术则能够将前置摄像头模组小型化，期待未来这些新技术的快速成长与渗透，提升光学镜头价值；CMOS 图像传感器：未来高像素手机占比进一步提升将是图像传感器升级的主要方向，同时领头羊索尼与三星在 CMOS 上的新技术如三层 DRAM 堆栈式 CMOS 与 ISOCELL 技术也将得到更加广泛的应用；音圈马达：随着对焦技术向更加先进的 PDAF 相位对焦和全像素双核对焦演变，对焦速度快、准确度高和功耗低的高端马达的份额将进一步扩大，同时 OIS 光学防抖的持续渗透也将带来 OIS 马达的市场机遇；红外截止滤光片：随着摄像头逐步向高像素升级，相比普通 IRCF 具备更好效果的蓝玻璃 IRCF 将在智能手机中进一步普及和应用。模组封装：随着全面屏趋势的确立与渗透率的快速提升，MOB、MOC、CMP 等推动前置 CCM 小型化的封装新技术将更受青睐。

● 光学技术升级路线之二：双摄/多摄像头时代开启

双摄像头能够克服单摄的像素与厚度瓶颈，扩大图像传感器面积、实现景深控制、光学变焦等新功能，进一步提升成像质量，而以华为 P20 Pro 为代表的三摄则能够融合不同双摄方案的优势，既能保证彩色+黑白双摄的暗光拍照优势，又能实现广角+长焦双摄的光学变焦功能。我们预计双摄的渗透率将在各消费电子品牌终端的大力推动下进一步提升，双摄变革潮流持续，而 2019 年预计国际龙头品牌将在智能手机上推出三摄，届时将开启新一轮的成像变革，三摄迎来快速成长。

● 光学技术升级路线之三：3D 摄像头于智能手机终端快速渗透

3D 摄像因其能够获取 2D 相机所获取不了的深度信息，将来在生物识别、AR 等领域将大有可为，具备巨大的潜在市场空间。目前智能手机端的 3D 摄像头主流方案有结构光和 TOF 两种，结构光方案已有 iPhone X、小米 8 探索版和 OPPO Find X 等品牌旗舰终端的前置摄像头采用，我们预计前置结构光将在其大力推动下快速渗透，而 TOF 方案迎合后置摄像 AI+AR 战略，我们预计其将在未来消费电子龙头的带动下，未来在后置摄像头上迎来快速成长。

● 风险提示

双摄/三摄渗透率不及预期风险；3D 摄像渗透率不及预期风险；零组件技术升级不达预期风险。

相关研究：

电子行业：激光产业链系列研究 1：行业格局研判，国产替代进行时

2018-07-25

面板行业月度观点：大尺寸 TV 面板价格回升，有助于面板企业 Q3 业绩企稳

2018-07-16

识别风险，发现价值

本报告联系人：王帅 0755-23953620 wshuai@gf.com.cn

请务必阅读末页的免责声明

目录索引

研究逻辑	6
专题二：光学技术升级	9
摄像头各零组件迎来升级浪潮	11
光学镜头：期待 7P、玻塑混合镜头、大光圈、潜望式镜头、镜头切边的升级与应用	11
CMOS 图像传感器：高像素仍是主要方向，新技术持续渗透	15
音圈马达：高端马达占比进一步提升，OIS 升级持续	19
红外截止滤光片：高像素带动蓝玻璃 IRCF 占比提升	23
模组封装：MOB、MOC、CMP 等新技术推动前置 CCM 小型化	24
从双摄到三摄，多摄像头时代开启	26
双摄克服单摄瓶颈，点燃用户新体验	26
终端积极搭载，全球市场掀双摄变革浪潮	30
三摄融合双摄优势，启动新一轮成像革命	32
结构光 3D 成像率先渗透，TOF 方案未来可期	35
3D 成像空间广阔，结构光、TOF 是主流解决方案	35
国际巨头跑马圈地打造技术生态，国内 3D 成像加速追赶	36
3D 成像于手机前置结构光率先应用，未来 TOF 后置 3D 可期	42
风险提示	47

图表索引

图 1: 智能手机摄像头模组结构 (定焦模组)	10
图 2: 智能手机摄像头模组结构 (自动变焦模组)	10
图 3: TrendForce 统计的传统摄像头成本分拆	10
图 4: Yole 统计的摄像头各环节市场规模	10
图 5: 镜头结构拆解图	11
图 6: 全球手机镜头市场销量情况及预测	11
图 7: 全球手机镜头市场金额情况及预测	11
图 8: 不同镜片数镜头出货量	12
图 9: 5P 以上镜头占比近年来不断提升	12
图 10: iPhone 7 的 6P 镜头	12
图 11: 索尼 Xperia Z5 的 7P 镜头	12
图 12: LG V30 采用的玻塑混合镜头	13
图 13: LG V30 玻塑混合镜头与传统全塑胶镜头对比	13
图 14: 不同光圈的成像效果对比	14
图 15: 华硕鹰眼 ZenFone Zoom 的潜望式镜头	15
图 16: OPPO 潜望式镜头渲染图	15
图 17: 镜头切边相对于全圆设计而言尺寸更小	15
图 18: CCD 传感器原理	16
图 19: CMOS 传感器原理	16
图 20: CMOS 传感器销售额和销售量预测	17
图 21: 2010 年-2017 年全球手机摄像头像素变化情况	17
图 22: 2012 年-2016 年不同价位段像素变化情况	18
图 23: 索尼 CMOS 技术路线演进	18
图 24: 三星 ISOCELL 技术原理图	19
图 25: 音圈马达结构拆解图	20
图 26: 全球音圈马达消费量预测	20
图 27: 全球音圈马达市场规模预测	20
图 28: 反差对焦与相位对焦的区别	22
图 29: 相位对焦与全像素双核对焦的区别	22
图 30: OIS 光学防抖原理图	22
图 31: OIS 马达是实现光学防抖的重要零部件	22
图 32: 各种音圈马达结构占比	23
图 33: 普通 IRCF 和蓝玻璃 IRCF 滤光方式对比	23
图 34: 2012~2022 年手机紧凑型摄像头模组 (CCM) 营收预测	24
图 35: 摄像头四种封装方式及其对比	24
图 36: COB 封装技术图示	25
图 37: MOB 封装技术图示	25
图 38: MOB 和 MOC 封装技术图示	25
图 39: 欧菲科技 CMP 技术图示	26

图 40: 单摄像头存在升级瓶颈	27
图 41: 智能手机搭载的双摄像头	27
图 42: 双摄像头扩大图像传感器面积	28
图 43: 双摄像头、单摄像头拍摄照片效果对比	28
图 44: 双摄可实现景深拍摄、背景虚化、背景替换功能	29
图 45: 双摄像头光学变焦原理	29
图 46: 双摄实现光学变焦拍摄的照片	29
图 47: 普通相片与 HDR 处理相片对比	30
图 48: 双摄像头发展历史	30
图 49: 智能手机双摄渗透率预测	32
图 50: 各品牌 2017 年双摄渗透率	32
图 51: 华为 P20 Pro 是首款搭载三摄像头的智能手机	32
图 52: 华为 P20 Pro 的三摄模组	32
图 53: 华为 P20 Pro 的得分占据 DXO Mark 首位, 远高于第二位的 P20	33
图 54: 华为 P20 Pro 变焦效果上优于华为 P20	34
图 55: 华为 P20 Pro 夜景效果上优于 iPhone X	34
图 56: 2019 年 iPhone 的三摄想象图	34
图 57: 3D 成像市场成长预计	35
图 58: 2022 年 3D 成像市场结构预计	35
图 59: 结构光方案示意图	36
图 60: TOF 方案示意图	36
图 61: PrimeSense 的 Light Code 技术方案	38
图 62: 基于 Kinect 动作捕捉的 XBOX 游戏	39
图 63: Tango 原型机基于结构光方案的镜头组	39
图 64: Phab2 Pro RGB+TOF+鱼眼后置镜头组合	39
图 65: 结构光方案两种光源对比	40
图 66: 奥比中光结构光解决方案	41
图 67: 奥比中光为乐视提供的三合一体感器	41
图 68: 乐行天下 TOF 摄像头效果图	42
图 69: 苹果 iPhone X 采用前置 3D 摄像头	43
图 70: iPhone X 的 Face ID (人脸识别) 功能	44
图 71: iPhone X Animoji 应用场景	44
图 72: 小米 8 探索版搭载 3D 结构光方案摄像头	45
图 73: 类似 Animoji 的“米萌”功能	45
图 74: OPPO Find X 搭载 3D 结构光方案摄像头	45
图 75: 苹果基于移动端本地的 AI 框架——Core ML	46
图 76: Core ML 提供支持人脸检测等任务的 API	46
图 77: 苹果在 WWDC 上演示的 ARKit	47
图 78: 苹果 2017 年发布会推出的 AR 游戏	47
图 79: 2018 年 3D sensing 手机渗透率近 10%	47

表 1: 历年 iPhone 摄像头往大光圈方向升级	14
----------------------------------	----

表 2: 安卓阵营高端旗舰机型配备大光圈	14
----------------------------	----

表 3: CCD 与 CMOS 优劣势对比	16
表 4: 堆叠 CIS 的历史.....	19
表 5: 三种 VCM 马达的优劣对比.....	20
表 6: 两种滤光片优缺点对比	23
表 7: 采用 MOC 工艺能使模组尺寸更小	25
表 8: 2016-2018 搭载的双摄机型汇总	31
表 9: 华为 P20 和华为 P20 Pro 摄像头参数对比	33
表 10: 3D 相机三种方案对比.....	36
表 11: 苹果在 3D 成像领域布局	37
表 12: PrimeSense 发展历程	37
表 13: 两代 Kinect 技术参数对比	39
表 14: 国内 3D 成像代表厂商对比.....	42
表 15: 3D 生物识别与 2D 生物识别数据对比.....	44

研究逻辑

一、光学趋势研判

在手机这个智能终端载体上，过去的光学摄像头行业经历了初步应用、创新功能引入、高像素时代、大像素之争以及双摄新时代五个阶段，背后折射出的是像素上与功能上的不断升级。展望未来，在智能手机存量时代与ASP提升的背景下，消费者日益增长的拍照需求与厂商差异化策略将迎来共振，光学成为消费电子升级的优质赛道。具体升级方向上，我们认为有两大趋势：

- 一是二维层面的技术升级，包含两条主线：技术升级以使得拍照效果逼近单反、摄像头模组小型甚至隐藏化以打造全面屏手机；
- 二是2D到3D的技术跨越，实现从获取二维图像到获取三维信息的转变。

二、光学技术升级（本专题报告主要研究内容）

在光学趋势研判的基础上，光学摄像头各细分零组件将迎来持续的技术升级，升级路线主要包含三个方向：

（1）摄像头各零组件的升级：

- **光学镜头：**7P镜头、玻塑混合镜头、大光圈、潜望式镜头将实现二维层面上更好的成像效果，镜头切边技术则能够将前置摄像头模组小型化，期待未来这些新技术的快速成长与渗透，提升光学镜头价值。
- **图像传感器：**未来高像素手机占比进一步提升将是图像传感器升级的主要方向，同时领头羊索尼与三星在CMOS上的新技术如三层DRAM堆栈式CMOS与ISOCELL技术也将得到更加广泛的应用。
- **音圈马达：**随着对焦技术向更加先进的PDAF相位对焦和全像素双核对焦演变，对焦速度快、准确度高和功耗低的高端马达的份额将进一步扩大，同时，OIS光学防抖技术的持续渗透也将带来OIS马达的市场机遇。
- **红外截止滤光片：**随着摄像头逐步向高像素升级，相比普通IRCF具备更好效果的蓝玻璃IRCF将在智能手机中进一步普及和应用。
- **模组封装：**随着全面屏趋势的确立与渗透率的快速提升，MOB、MOC、CMP等推动前置CCM小型化的封装新技术将更受青睐。

（2）双摄/多摄像头时代开启：双摄像头能够克服单摄的像素与厚度瓶颈，提升成像质量、实现光学变焦等，而三摄则能够融合不同双摄方案的优势，在实现更好暗光拍照的同时实现光学变焦。我们预计双摄渗透率将在品牌终端的大力推动下进一步渗透，三摄则将在明年国际龙头品牌的带动下开启新的成像变革。

（3）3D摄像头于智能手机终端快速成长：3D摄像因其能够获取深度信息，将来在生物识别、AR等领域将大有可为。目前3D摄像头主流方案有结构光和TOF两种方案，我们认为前置结构光方案将在iPhone X、小米8探索版和OPPO Find X等终端的带动下快速渗透，而TOF方案预计将在苹果的AI+AR战略下，未来在后置摄像头上迎来快速成长。

三、光学产业链梳理

在趋势研判与技术升级路线梳理的基础上，我们分析了光学产业链的边际变化与各个环节的竞争格局，具体而言主要包含以下三个方面。

（1）传统摄像头产业链：

- **光学镜头：**塑胶镜头高端市场因其技术、工艺、规模与客户壁垒将造就强者恒强的局面，台湾与大陆厂商占主导地位，其中大立光全球市占率超过3成。同时积极关注玻塑混合等新技术给后来厂商带来的弯道超车机会。
- **图像传感器：**CMOS市场集中度高，日韩企业索尼和三星主导高端市场，中国企业以低价抢占低端市场份额。
- **音圈马达：**市场格局较为集中，日韩厂商掌握着VCM马达的先进技术和制造工艺，占据着主导地位。但国产VCM马达厂商逐步获得一线品牌的认可，开启了快速追赶的步伐。
- **红外截止滤光片：**大陆厂商具备优势竞争力，水晶光电等为代表的国内厂商占据着较大的市场份额。
- **摄像头模组封装：**行业门槛相对较低，市场格局较为分散。但近年来中国厂商与国际知名厂商的技术差距迅速收窄，受益于中国下游市场的快速发展，并凭借着在产品交付、质量控制与客户管理方面应对更加快速、灵活的优势，中国摄像头模组制造商已经成为了行业的主要参与者。

（2）双/多摄像头产业链：

- **对模组封装上游元器件的影响：**摄像头数量增加，一台手机上一个摄像头变成两个，直接带动光学镜头、CMOS图像传感器、音圈马达、红外截止滤光片的数量增加。随着双摄渗透率的不断提升，相关产业链公司将直接受益于量的成长。
- **对模组封装行业的影响：**一方面双摄渗透率快速提升带来量的成长，另一方面双摄像头模组封装难度相比单摄封装具备更高的工艺、资金与算法壁垒，因此双摄相比单摄具备更高的ASP，同时模组封装的市场集中度也将进一步提升。

（3）3D摄像产业链：结构光和TOF的3D成像主要采用红外光作为“媒介”，相比传统摄像头产业链，硬件上会新增红外光发射端、红外光接收端及相关器件。

- **新增环节之发射端：**发射端的主动光源是3D成像与传统单双摄的主要区别。和2D相比，3D成像必须主动发射特殊波段的红外光，发射端由红外光发射器、准直透镜和衍射光栅DOE构成。其中，TOF方案不需要准直透镜和衍射光栅DOE。
- **新增环节之接收端：**发射端投射出主动光源后，还需要对发射光进行接收以解析图像。接收端除了用于聚光的镜头之外，主要零组件包括红外传感器CIS、窄带红外滤光片和图像处理芯片ISP。
- **同时3D成像模组难度加大，ASP也会显著提升，摄像头模组龙头厂商将显著受益。**

国内厂商将率先由窄带滤光片和模组环节开始受益；而伴随着横向产能转移和纵向微笑曲线产业升级，未来也有望向VCSEL、DOE、准直镜头等价值量更高的环节渗透。

四、光学新世界

虽然智能手机是光学摄像头行业成长的第一驱动因素，但实际上，除了智能手机上的双摄/多摄、3D摄像，光学在其他领域的应用也很广泛，Yole预测摄像头模组市场规模2022年将达到468亿美元，2016~2022年期间的复合年增长率高达12.2%，其增长背后不仅来源于智能手机光学领域的增长，还来源于其他领域的快速成长：

- **汽车电子：**ADAS是无人驾驶的重要部件，而**车载摄像头作为ADAS感知层的关键传感器之一**，市场空间将快速提升。同时车载摄像头因更加严苛的使用环境和下游客户的认证壁垒，**领先布局与已占有市场份额的大陆厂商将持续受益。**
- **安防领域：**全球和国内安防市场容量巨大，未来仍将保持长期稳定成长。摄像头作为视频监控前端的重要设备，未来数量上增长可期，并朝向**高端化方向发展。**
- **其他领域：**光学摄像头在VR/AR、智能家居、无人机、工业、医疗等领域也有非常广泛的应用，下游市场的持续健康成长将带动上游光学产品的持续成长。

五、光学投资建议

展望未来，对于光学的投资，我们认为可以把握四条主线：

- **一是拥抱传统摄像头产业链中零组件由双摄/多摄带来的数量提升、以及技术升级带来的ASP提升红利，选择子行业中的优质标的。**光学镜头领域关注塑胶镜头龙头企业**大立光、舜宇光学**，并关注在玻塑混合等新技术积极布局的企业如**舜宇光学、瑞声科技**；红外截止滤光片关注全球龙头企业**水晶光电**。
- **二是双摄/多摄像头给模组厂商带来数量、ASP与集中度提升的三重利好，建议关注具备竞争实力的模组大厂，拥抱多摄潮流。**建议关注在双/多摄模组具备深厚积累的**欧菲科技、舜宇光学、丘钛科技**。
- **三是选择在3D成像产业链领域积极布局的优质企业，未来受益3D渗透率持续提升。**在3D成像发射端，建议关注在准直镜头WLO与衍射光学元件DOE积极布局的**信维通信**，以及掌握了晶圆级玻璃镜头工艺的**瑞声科技**；在3D成像接收端，建议关注窄带滤光片领先企业**水晶光电**；同时，在3D模组领域，建议关注模组龙头企业**舜宇光学、欧菲科技**。
- **四是光学领域的延伸，关注在车载摄像头、安防摄像头等其他领域积极布局与具备深厚积累的企业。**建议关注车载镜头市占率第一的**舜宇光学**，在汽车电子积极布局的**欧菲科技**，以及全球安防镜头龙头企业**联合光电**。

专题二：光学技术升级

光学行业深度系列报告分为四个专题，本文是第二个专题：光学技术升级，是在专题一趋势研判的基础上，对光学摄像头各细分零组件的技术升级路线进行总结。光学摄像头2016年市场规模达到234亿美元，未来将以12.2%的速度稳定增长，其背后的重要原因之一即是新技术的持续升级，主要包含三个方向：

（1）摄像头各零组件的升级：包括光学镜头、图像传感器、音圈马达、红外截止滤光片、模组封装

- **光学镜头（价值占比16.7%）：**7P镜头、玻塑混合镜头、大光圈、潜望式镜头将实现二维层面上更好的成像效果，镜头切边技术则能够将前置摄像头模组小型化，期待未来新技术的快速成长与渗透，提升光学镜头价值。
- **图像传感器（约33.8%）：**未来高像素手机占比进一步提升将是图像传感器升级的主要方向，同时领头羊索尼与三星在CMOS上的新技术如三层DRAM堆栈式CMOS与ISOCELL技术也将得到更加广泛的应用。
- **音圈马达（约7.3%）：**随着对焦技术向更加先进的PDAF相位对焦和全像素双核对焦演变，对焦速度快、准确度高和功耗低的高端马达的份额将进一步扩大，同时OIS光学防抖的持续渗透也将带来OIS马达的市场机遇。
- **红外截止滤光片（占比较小）：**随着摄像头逐步向高像素升级，相比普通IRCF具备更好效果的蓝玻璃IRCF将在智能手机中进一步普及和应用。
- **模组封装（约33.8%）：**随着全面屏趋势的确立与渗透率的快速提升，MOB、MOC、CMP等推动前置CCM小型化的封装新技术将更受青睐。

（2）双摄/多摄像头时代开启：双摄像头能够克服单摄的像素与厚度瓶颈，提升成像质量、实现光学变焦等，而三摄则能够融合不同双摄方案的优势，在实现更好暗光拍照的同时实现光学变焦。我们预计双摄渗透率将在品牌终端的大力推动下进一步渗透，三摄则将在明年国际龙头品牌的带动下开启新的成像变革。

（3）3D摄像头于智能手机终端快速成长：3D摄像因其能够获取深度信息，将来在生物识别、AR等领域将大有可为。目前3D摄像头主流方案有结构光和TOF两种方案，我们认为前置结构光方案将在iPhone X、小米8探索版和OPPO Find X等终端的带动下快速渗透，而TOF方案预计将在苹果的AI+AR战略下，未来在后置摄像头上迎来快速成长。

谈零组件升级之前：手机摄像头基本结构介绍

智能手机摄像头的工作原理是，拍摄景象通过镜头组生成光学图像，投射到图像传感器上，图像传感器将光学图像转换成电信号，电信号再经过模数转换变为数字信号，数字信号经过DSP（数字信号处理芯片）加工处理，再被送到处理器中进行处理，最终转换成屏幕上呈现的图像。物理结构上，其主要由镜头组、对焦马达、固定器/镜座、红外截止滤光片、图像传感器、PCB板等物理部件组成：

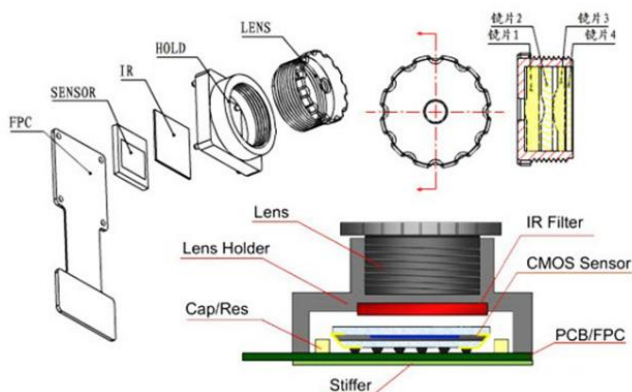
- **保护膜：**主要对镜头起到防碰撞、防刮伤的保护作用；
- **棱镜组：**镜头相当于摄像头模组的眼睛，决定了光线进入的质量以及在感

光材料上的成像。可以分为树脂镜头和玻璃镜头，树脂镜片是目前智能手机摄像头模组中的主流。

- 自动对焦器(VCM): 主要功能是实现摄像头模组的自动对焦(Auto-focus), 通过改变VCM的驱动电流调整镜头的位置, 从而实现对焦功能。若无该部件, 则摄像头模组为定焦模组。
- 红外截止滤光片: 利用精密光学镀膜技术在实现可见光区(400-630nm)高透, 近红外(700-1100nm)截止。主要作用是滤除掉红外光, 保证到达图像传感器的光线为可见光, 从而使拍摄的图像也符合眼睛的感应。
- 图像传感器(CIS): 摄像头模组的核心部件, 光线通过镜头进入摄像头模组后, 在CIS上成像, CIS将光信号转变为电信号, 目前的智能手机上几乎全部使用的都是CMOS技术的CIS。
- 柔性电路板: 在摄像模组中起到线路连接, 信号传输的作用。

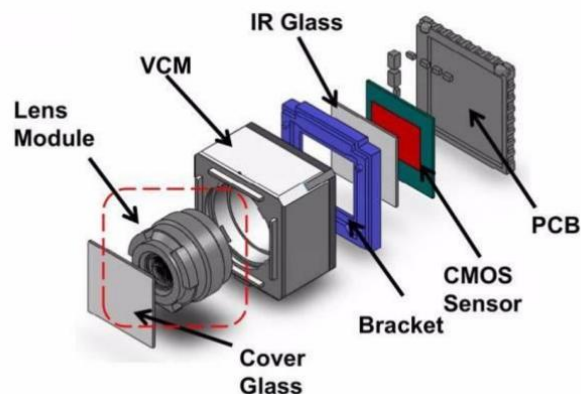
Yole统计2016年智能手机摄像头市场规模约为234亿美元, 并以16.8%的速度稳定增长。其中, 图像传感器在手机摄像模组中的价值占比最大, Yole统计CMOS传感器市场价值占比为42.3%; 其次是模组封装部分, Yole统计其占比为33.8%; 再次是镜头, 占比约16.7%。最后是VCM马达, 占比约7.3%。

图1: 智能手机摄像头模组结构(定焦模组)



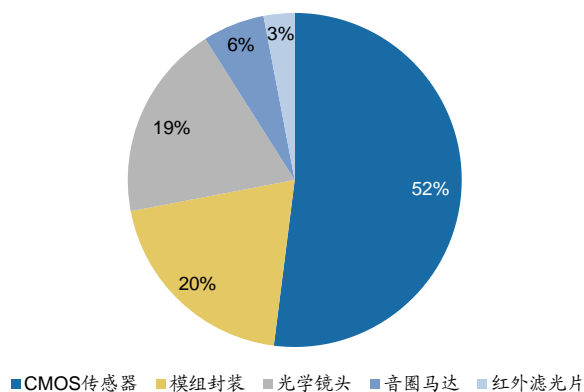
数据来源: 搜狐网, 广发证券发展研究中心

图2: 智能手机摄像头模组结构(自动变焦模组)



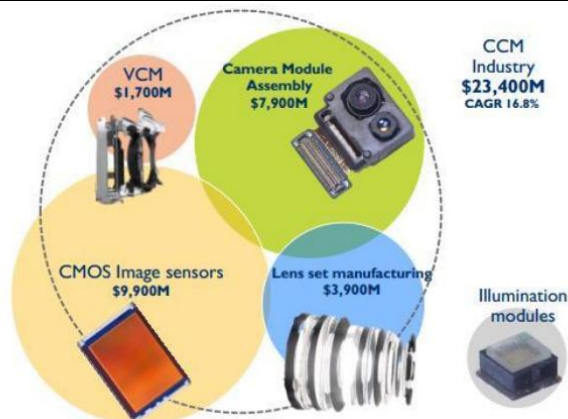
数据来源: 搜狐, 广发证券发展研究中心

图3: TrendForce统计的传统摄像头成本分析



数据来源: TrendForce, 广发证券发展研究中心

图4: Yole统计的摄像头各环节市场规模



数据来源: Yole Développement, 广发证券发展研究中心

摄像头各零组件迎来升级浪潮

光学镜头：期待 7P、玻塑混合镜头、大光圈、潜望式镜头、镜头切边的升级与应用

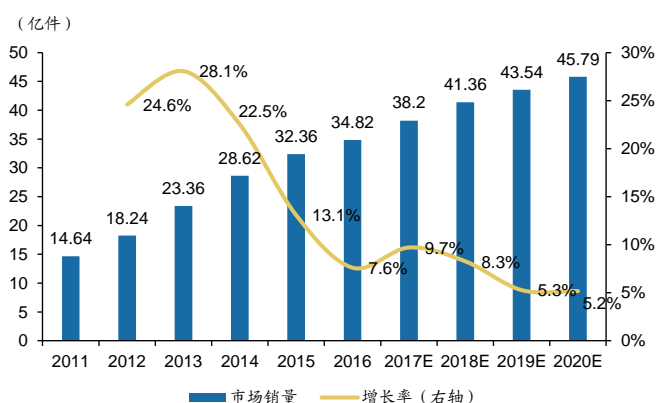
镜头是将拍摄景物在传感器上成像的器件，是指将不同的光学透镜经系统的组合而形成的整体，也是摄像模组的核心元器件之一。镜头的好坏主要决定了拍摄的画面清晰度和显示范围，并且影响支持感光传感器的最高像素。镜头中的镜片通常由光学玻璃或者塑料制成。随着智能手机市场的发展和摄像头的不断升级，手机镜头的市场呈现快速增长，根据TSR公布的报告，2015年手机镜头销量和市场金额分别为32.36亿件和30.75亿美元，TSR预计到2020年销量和销售额将分别增长至45.79亿件和39.27亿美元。

图5：镜头结构拆解图



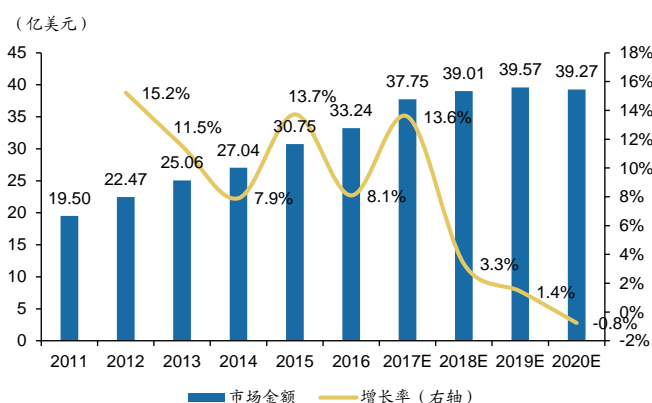
数据来源：集微网，广发证券发展研究中心

图6：全球手机镜头市场销量情况及预测



数据来源：TSR，广发证券发展研究中心

图7：全球手机镜头市场金额情况及预测



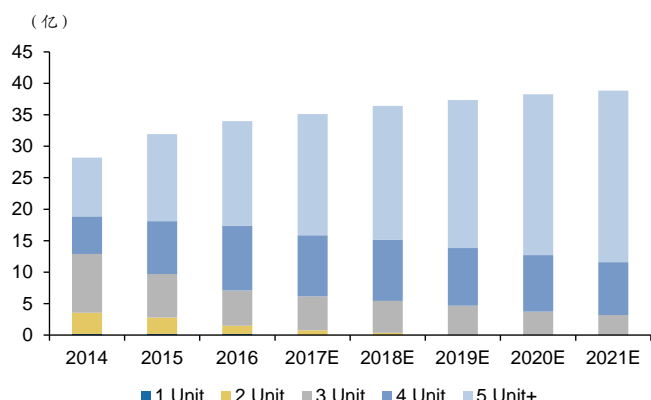
数据来源：TSR，广发证券发展研究中心

手机镜头由多片镜片组成，镜头片数越多，成像效果更好。手机镜头之所以存在多镜片，一是因为手机摄像头模组体积要求非常小，导致焦距和镜头移动范围都

过短，只能通过几片镜片组成的镜头组去等效超短焦距的镜头；另一方面，镜片会层层过滤红外线等杂光，而多层镜头的组合会互相矫正过滤从而校正单个镜片在成像上存在的像差问题，每多一片最终成像就会更趋向完美一些，所以理论上镜头片数越多，成像也就越真实。同时多镜片镜头可以增强镜头的解析力与对比度，并改善暗态环境下出现眩光的问题。

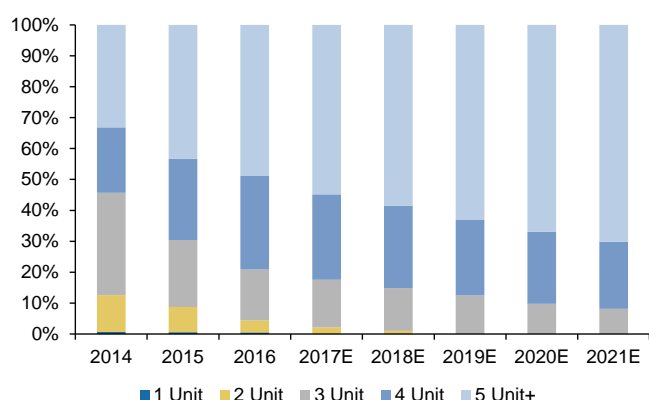
5P/6P镜头占比将进一步提升，成为未来升级方向。手机镜头制造商用数字表示镜片的数量，并用G和P分别代表玻璃镜片和塑料镜片，如5P/6P镜头意思就是该手机镜头里采用了5片或者6片塑料镜片。根据TSR的报告，5P以上的镜头已经占据了手机镜头的大部分市场，未来预计占比将进一步提升。当前旗舰机型已经基本配备了6层镜片的镜头，部分旗舰机型如索尼Xperia Z5甚至采用了7P镜头设计。

图8：不同镜片数镜头出货量



数据来源：TSR，广发证券发展研究中心

图9：5P以上镜头占比近年来不断提升



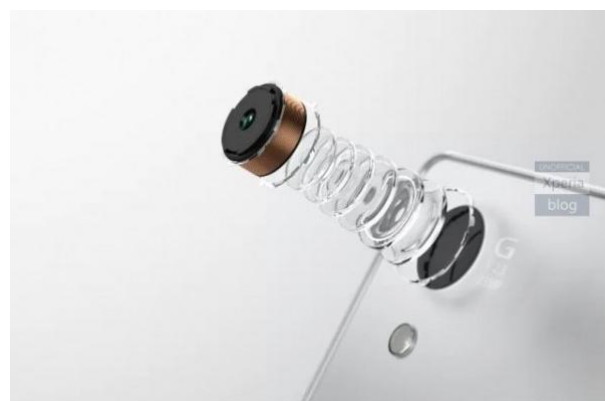
数据来源：TSR，广发证券发展研究中心

图10：iPhone 7的6P镜头



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

图11：索尼Xperia Z5的7P镜头



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

玻塑混合镜头未来空间可期。镜片一般有两种材料，一种是玻璃（Glass），代号为G；另一种是塑胶（Plastic），代号为P。玻璃镜片的透光率高于塑胶镜片，而且光学折射和热膨胀系数远低于塑胶，透光性以及成像质量都具有较大优势，但缺点是制造成本高、工序复杂。目前主流手机基本采用塑胶材质的镜头，但由于手机轻薄化趋势，通过增加镜片数量来提升成像效果的方法会遇到瓶颈，目前已经有品牌厂商开始尝试在塑胶镜片中加入玻璃镜片，以在保证手机厚度的前提下进一步改

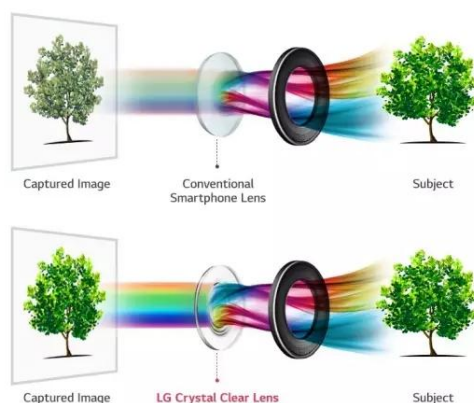
善成像效果，预计未来这种玻塑混合镜头渗透率有望进一步提升。

图12: LG V30采用的玻塑混合镜头



数据来源: LG官网, 广发证券发展研究中心

图13: LG V30玻塑混合镜头与传统全塑胶镜头对比



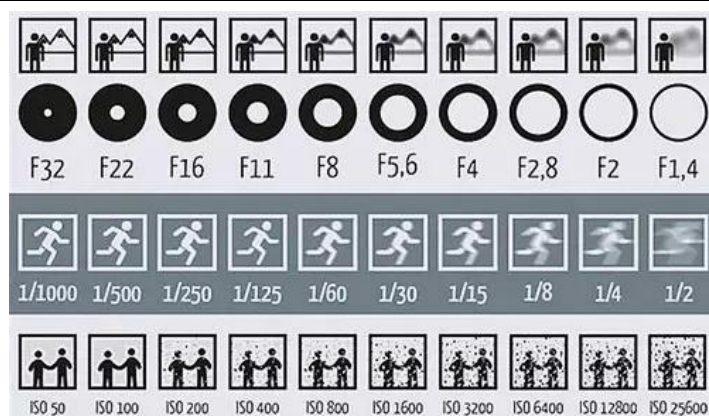
数据来源: LG官网, 广发证券发展研究中心

镜头还有两个重要的参数: 焦距和光圈。焦距是从镜头的中心点到传感器平面上所形成的清晰影像之间的距离, 在拍摄同一物体时, 焦距越长, 就能拍到该物体越大的影像。而光圈是指安装在镜头上控制通过镜头到达传感器的光线多少的装置, 是在镜头内部加入多边形或圆型并且面积可变的孔状光栅来控制大小。其一般表示为“f/2.2”“f/2.4”这样的形式, f 值等于镜头的焦距/光圈口径, 因此焦距一定时, 数字越小, 光圈越大。

大光圈仍然是镜头升级的主要方向之一。光圈越大, 则能够通过镜头进入感光元件的光线就越多, 在其他因素不变时, 成像质量越好。同时, 在镜头的焦距和拍摄距离一定的情况下, 光圈越大, 则景深越小, 也即是照片上图像前后的清晰范围变小, 因此背景虚化效果就更好。从iPhone的历史中可以看到其光圈值从f/2.4到f/2.2再到最新的f/1.8, 光圈值不断变大, 目前的安卓旗舰机也大多配备了大光圈, 华为甚至达到f/1.6, 三星甚至达到f/1.5。预计未来在成像质量升级的趋势下, 采用更大光圈手机的比例会逐步上升, 大光圈仍是主要的升级方向。

可变光圈可期。以前受制于成本、工艺以及手机空间限制的问题, 厂商不选择在手机摄像头中多加遮光片, 因此手机上的摄像头光圈值一般是固定的。但若智能手机能像专业单反一样搭载可变光圈, 则用户可自由控制光圈的大小, 也即能够相对自由的控制曝光时间和背景虚化程度, 从而获得更好的成像效果。目前三星已在旗舰机S9上面搭载了能在f/1.5和f/2.4之间切换的智能可变光圈。

图14：不同光圈的成像效果对比



数据来源：it168，广发证券发展研究中心

表1：历年iPhone摄像头往大光圈方向升级

机型	光圈 (后置)	光圈 (前置)	机型	光圈 (后置)	光圈 (前置)
iPhone 4	f/2.4	f/2.4	iPhone 6S	f/2.2	f/2.2
iPhone 4S	f/2.4	f/2.4	iPhone 6S Plus	f/2.2	f/2.2
iPhone 5	f/2.4	f/2.4	iPhone 7	f/1.8	f/2.2
iPhone 5S	f/2.2	f/2.2	iPhone 7 Plus	广角f/1.8 长焦f/2.8	f/2.2
iPhone 6	f/2.2	f/2.2	iPhone 8	f/1.8	f/2.2
iPhone 6 Plus	f/2.2	f/2.2	iPhone 8 Plus	广角f/1.8 长焦f/2.8	f/2.2
iPhone SE	f/2.2	f/2.4	iPhone X	广角f/1.8 长焦f/2.4	f/2.2

数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

表2：安卓阵营高端旗舰机型配备大光圈

机型	光圈 (后)	光圈 (前)	机型	光圈 (后)	光圈 (前)
三星S9+	f/1.5, f/2.4 智能可变光圈	f/1.7	OPPO R15梦 镜版	f/1.7, f/1.7	f/2.0
三星S9	f/1.5, f/2.4 智能可变光圈	f/1.7	OPPO R15	f/1.7, f/2.2	f/2.0
三星Note 8	f/1.5, f/2.4	f/1.7	vivo NEX	f/1.8, f/2.4	f/2.0
华为P20 Pro	彩色f/1.8 黑白f/1.6 长焦f/2.4	f/2.0	vivo X21	f/1.8, f/2.4	f/2.0
华为P20	彩色f/1.8 黑白f/1.6	f/2.0	vivo X20	f/1.8, f/2.4	f/2.0
华为Mate RS	彩色f/1.8 黑白f/1.6 长焦f/2.4	f/2.0	小米8	f/1.8, f/2.4	f/2.0
华为Mate 10 Pro	彩色f/1.8 黑白f/1.6	f/2.0	小米MIX 2S	f/1.8, f/2.4	f/2.0
华为Mate 10	彩色f/1.8 黑白f/1.6	f/2.0	小米Note 3	f/1.8, f/2.6	f/2.0

数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

潜望式镜头可以实现真正的光学变焦。由于光学变焦是通过改变镜片的位置来实现变焦，因此摄像头模组的厚度和体积较大，早期的支持光学变焦的手机后置变焦镜头占用面积巨大，且使用时会出现镜头凸起，不符合手机轻薄化的发展趋势。而潜望式镜头的创新设计可以在满足手机轻薄化需求的前提下，支持光学变焦，其原理是通过加入光学棱镜，将外界射入的光线折 90 度，然后光线再穿过镜组当中打到 CMOS 上，因此从结构上来看，其可以实现将镜头横向放置于机身中，从而有更多的空间实现镜片位置的改变，实现真正的光学变焦。华硕在2015年底发布的ZenFone Zoom即是采用了Hoya提供的潜望式镜头，OPPO在2017年MWC上也发布了潜望式镜头技术，配合双摄可实现5倍无损变焦。

图15: 华硕鹰眼ZenFone Zoom的潜望式镜头



数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

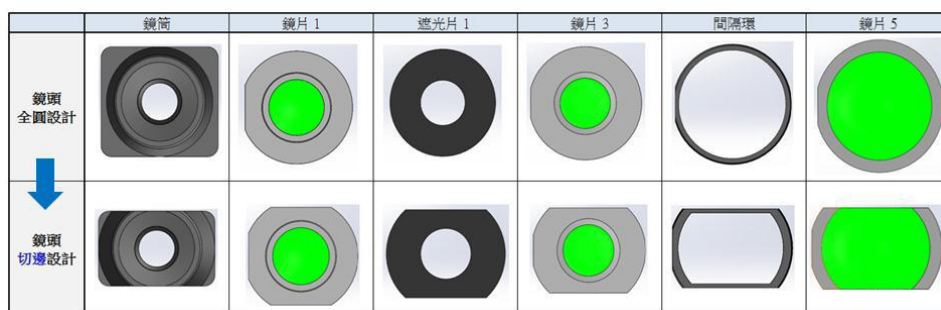
图16: OPPO潜望式镜头渲染图



数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

镜头切边是前置摄像头小型化趋势下的一种解决方案。目前多数镜头模组的长宽一致, 宽度大约在6.5mm左右。利用切边的方式, 将多余的空间截除掉, 能够将6.5*6.5mm的镜头做到5.5*4.5mm, 甚至5.5*3.5mm的大小。但镜头切边技术在实现模组尺寸缩小的同时也提升了摄像头镜片产品的技术壁垒, 进而也会推动镜头成本上升, 从而带来整个前置CCM价格提高, 目前还未成为小型化的主流技术。

图17: 镜头切边相对于全圆设计而言尺寸更小



数据来源: 手机报在线, 广发证券发展研究中心

CMOS 图像传感器: 高像素仍是主要方向, 新技术持续渗透

传感器是传统摄像头中的核心器件, 光线经过镜头投射在传感器CIS上, 后者负责将光信号转变为电信号。常见的摄像头传感器类型有两种: CMOS传感器和CCD传感器。CCD传感器 (Charge Coupled Device), 即电荷耦合器。CCD使用高感光度的半导体材料制成, 把光线转变成电荷后通过模数转换器芯片转换成数字信号。CMOS传感器 (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 即互补性金属氧化物半导体, 主要利用硅和锗两种元素, 使其在CMOS上共存带N (带负电) 和P (带正电) 级的半导体, 外界光照射半导体后产生光电效应, 两个互补效应所产生的电流

即可被处理芯片纪录和解读成影像。

CCD传感器在灵敏度、分辨率、噪声控制等方面都优于CMOS传感器，而CMOS传感器则具有低成本、低功耗、以及高整合度的特点。在相同分辨率下，CMOS价格比CCD便宜，且具有耗电低的优势，随着工艺技术的进步，CMOS的画质水平也不断地在提高，目前市面上的手机摄像头基本都采用CMOS传感器。

图18: CCD传感器原理

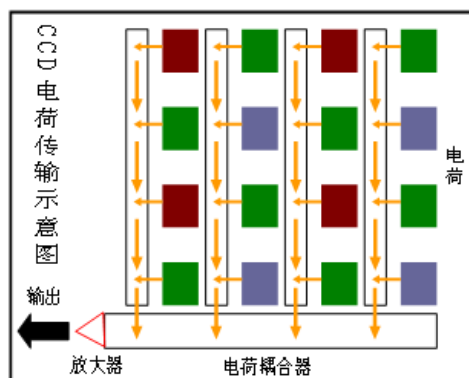
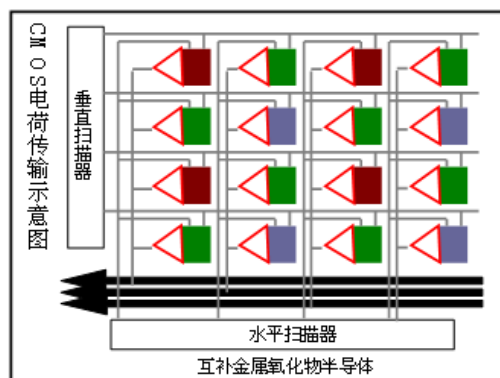


图19: CMOS传感器原理



数据来源：摄影咨询，广发证券发展研究中心

数据来源：摄影咨询，广发证券发展研究中心

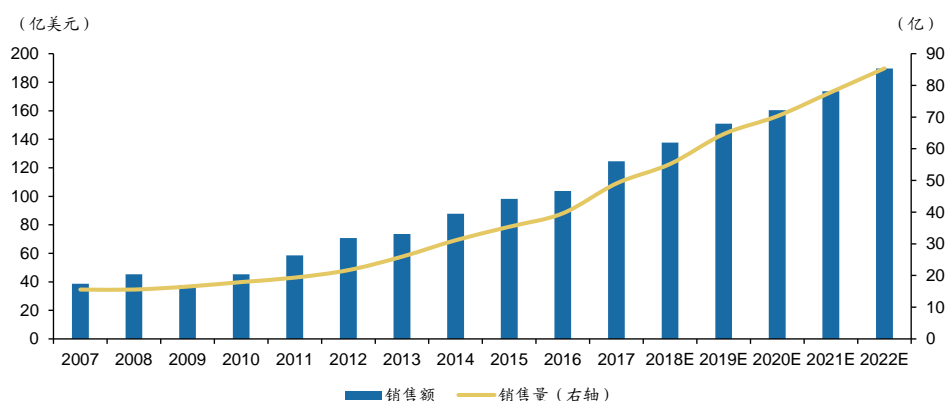
表3: CCD与CMOS优劣势对比

对比	CCD	CMOS
设计	单一感光器	感光器连接放大器
信号读取	一位一位地转移后读取，电路复杂且慢	直接读取，简单且快
灵敏度	同样面积下高	感光开口小，灵敏度低
成本	品质影响程度高，成本高	CMOS整合集成，成本低
分辨率	同尺寸时高	低，新技术高
噪点比	单一放大，噪点低	百万放大，噪点高
功耗比	需外加电压，功耗高	直接放大，功耗低

数据来源：广发证券发展研究中心整理

随着手机拍照功能的不断增强与新兴应用的不断扩展，全球CMOS图像传感器的销售额屡创新高。据IC Insight统计，2017年全球CMOS图像传感器的销售额为125亿美元，同比增19%。IC Insight同时预计2017至2022年，CMOS图像传感器的销售额和销售量的同比增速将分别达到8.8%和11.7%，呈现连续增长态势。

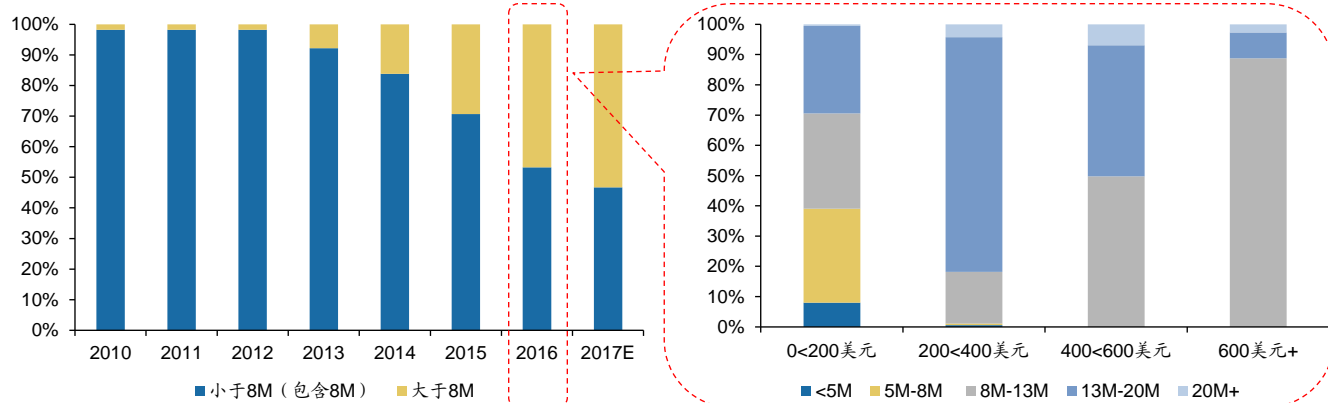
图20: CMOS传感器销售额和销售量预测



数据来源: IC Insights, 广发证券发展研究中心

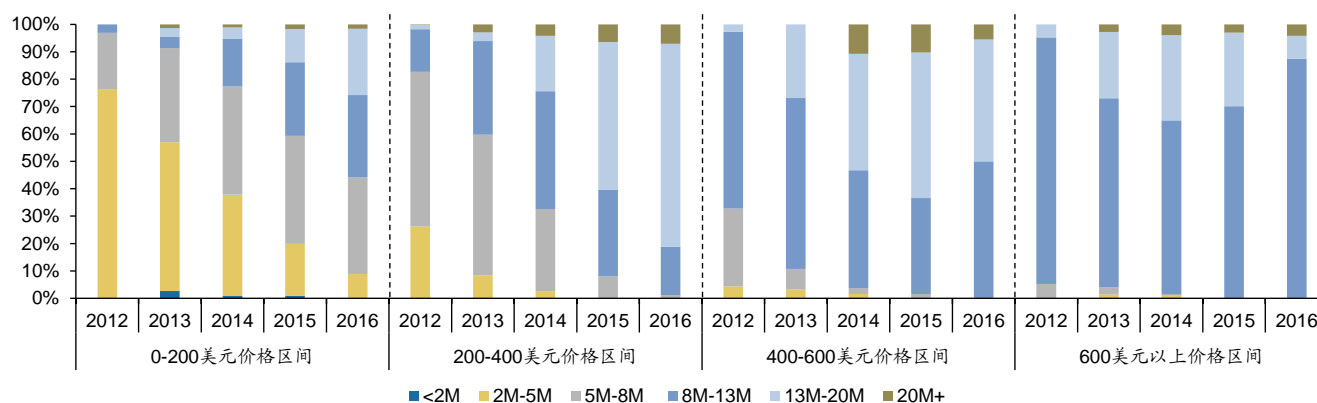
高像素占比提升仍然是图像传感器升级的最主要方向。像素是相机感光器件上的感光最小单位，像素越高，则图片的细腻程度越高，也即是分辨率越高。随着手机摄像头拍照功能的强化与视频聊天、身份识别等新功能的开发，消费者对手机像素的要求也越来越高，2010年中国市场的手机几乎搭载的都是像素8M及以下的摄像头，而到了2017年，搭载像素8M及以下的摄像头手机已经不足一半。从分价位段的数据也可以看到，不论是高端、中端还是低端机型，近年来较高像素的手机摄像头占比均处于不断提升的状态。预计未来随着工艺的进一步成熟与应用，结合消费升级的趋势，高像素手机的渗透率将进一步提升，因此像素更高的CMOS传感器将是未来升级的方向。

图21: 2010年-2017年全球手机摄像头像素变化情况



数据来源: 旭日大数据, 广发证券发展研究中心

图22：2012年-2016年不同价位段像素变化情况



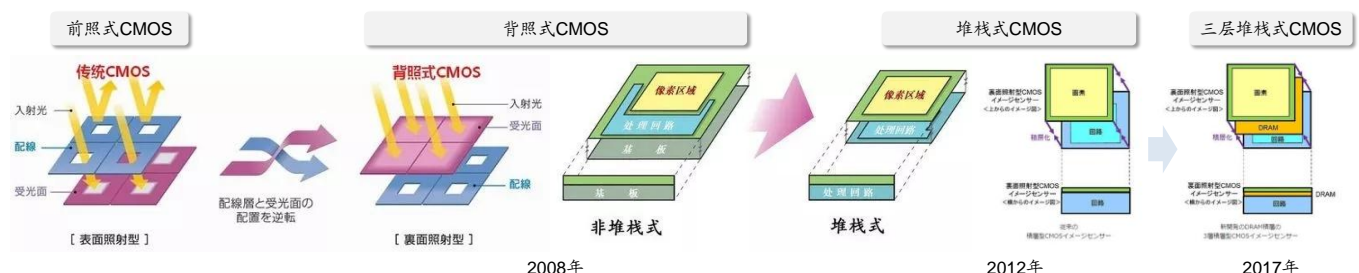
数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

同时CMOS图像传感器在索尼和三星的推动下，技术上不断升级。早时手机摄像头用的是前照式的CMOS传感器，自上而下结构分别是微透镜、彩色滤光镜、电路层和光电二极管。光电二极管位于整个芯片的最下层，而A/D转换器和放大电路位于光电二极管上层，因此光电二极管距离最上方的透镜的距离更远，且上层的线路连接层还会造成光线的反射，导致CMOS的受光量减少，导致成像质量难以提升。因此在2008年背照式CMOS应运而生，其将阻碍光线进入的线路连接层放到了光电二极管的后面，从而极大提升了CMOS的感光能力，增强了暗光下的表现。

索尼和三星作为智能手机图像传感器领域的两大霸主，他们在背照式CMOS之后的技术创新引领着整个行业的潮流。索尼方面，于2012年推出了堆栈式CMOS传感器，其主要是对电路层进行了改变。原来的传感器处理回路是和像素区域在同一块晶圆上打造的，但这会存在制造时像素退火时造成回路损失、同一块晶圆制作存在制程限制等问题，因此其将原来信号处理电路放到了支持基板上，这样就可以解决以上两个问题，同时还可以把腾出来的空间放置更多的像素，从而在小尺寸传感器上集成更多的像素，进一步改善画质，提高慢动作拍摄、动态拍摄的能力。

索尼的堆栈式传感器2013年用于平板电脑，2014年用于iPhone 6中，至今已经成为了手机摄像头的主流CIS。2017年2月，索尼再接再厉推出了业界首款配备DRAM的三层堆栈式CMOS影像传感器IMX400，通过在像素数组和回路层中加入了DRAM数组和列驱动器，大大提升了数据的读取速度。

图23：索尼CMOS技术路线演进



数据来源：传感器技术，中关村在线，广发证券发展研究中心

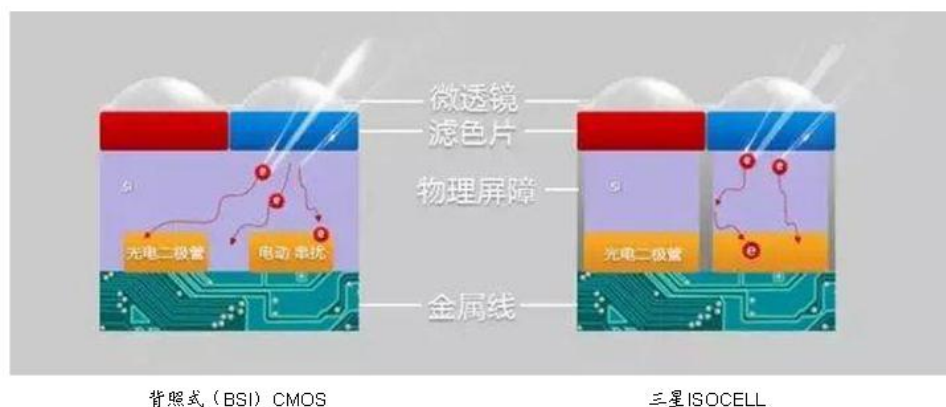
表4：堆叠CIS的历史

年份	结构	技术	公司/产品模型	终端产品
2012	CIS+ISP	氧化绑定+via last TSV	索尼	
2014	CIS+ISP	F2F绑定+W TSV	三星S5K3P3SX	
2015			安森美半导体	
2015			Olympus	
2015	CIS+ISP	Au/SiO2混合绑定	NHK和东京大学	没有量产
2016	CIS+ISP		东芝	没有量产
2016	CIS+ISP		台积电	没有量产
2016	CIS+ISP	混合绑定	意法半导体	没有量产
2016	CIS+ISP		爱丁堡大学，意法半导体	没有量产
2016	CIS+ISP	混合绑定（DBI）	索尼IMX260	三星S7
2016		Microbump（7.6 μm pitch）	Olympus	
2016	TMD光电晶体于逻辑、存储	3D整合	国家纳米元件实验室，台湾清华大学	
2017	CIS+DRAM+ISP	增加一层DRAM作为缓存，获得极高的画质	IMX 400	

数据来源：3DIC，广发证券发展研究中心

三星则于2013年推出了ISOCELL技术。传统的背照式CMOS在接收大量光线和色彩后，在相邻两个像素之间容易混合互相影响，三星的ISOCELL技术则通过在图像传感器里的像素之间形成一道绝物理性绝缘体，来有效的防止进入像素的光信号外漏，同时因为屏障的存在，进入像素的光信号互相之间的串扰影响也被大大降低，从而提升了图像清晰度和色彩表现，即便使用较小的像素也能实现出色的图像质量。三星首次将这种技术用于Galaxy S5旗舰机型，2017年MWCS展会上发布了亮、快、薄和双四个技术子品牌，并在自己的双摄旗舰机型上开始应用。

图24：三星ISOCELL技术原理图



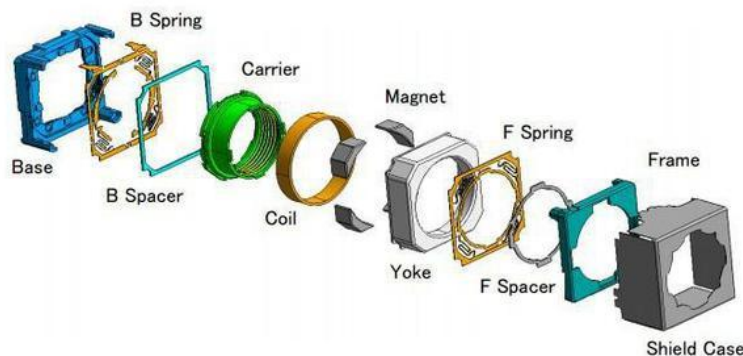
数据来源：半导体行业观察，广发证券发展研究中心

音圈马达：高端马达占比进一步提升，OIS 升级持续

音圈马达（VCM）是手机摄像头中用于对焦的装置。其主要原理是在一个永久磁场内，通过改变马达内线圈的直流电流大小，将电流转化为机械力，来控制VCM

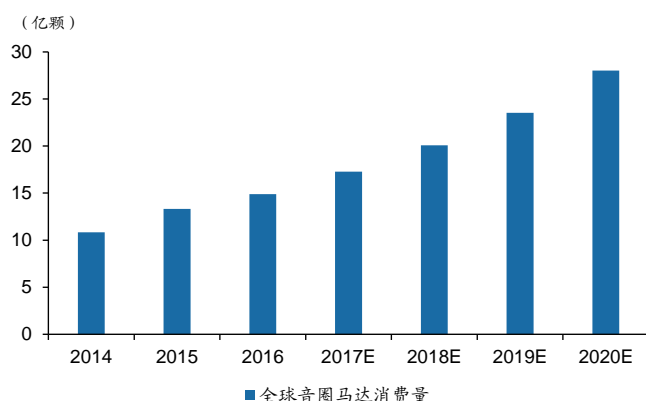
弹簧片的拉伸位置，从而带动透镜上下运动而达成透镜聚焦的功能，可以达到微距离移动整个镜头，改变焦距，实现清晰影像的目的。手机摄像头中最为常用的VCM马达从功能上可分为开马达、闭环马达和OIS光学防抖马达，三种马达各有优劣。

图25：音圈马达结构拆解图



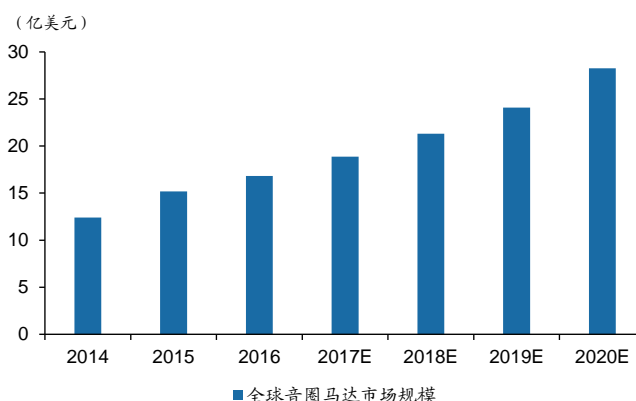
数据来源：电子发烧友，广发证券发展研究中心

图26：全球音圈马达消费量预测



数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

图27：全球音圈马达市场规模预测



数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

表5：三种VCM马达的优劣对比

	优点	缺点	应用
开马达 (Open loop)	1. 实现自动对焦功能 2. 技术成熟、稳定 3. 结构简单、体积小 4. 人工成本、材料成本都相对较低 5. 匹配性强，基本可以与所有镜头匹配	1. 对焦耗时较长 2. 比较耗电 3. 定位点不够精准 4. 性能一般	最为普遍，国内低中高端手机均有其应用
闭环式马达 (Close loop)	1. 对焦速度快 2. 对焦精准度较高 3. 功耗较低 4. 成像效果更突出	1. 技术尚未成熟，掌握在少数厂家手中 2. 制作工艺复杂，生产难度大 3. 软件兼容性差 4. 良品率低 5. 价格较高 6. 会有震动噪音 7. 用户体验不明显	vivo X3、vivo Y20、小米4、三星S4、三星Note3、三星S5、TCL i dol X+、联想vibe z、中兴天机Gr and S II LTE
光学防抖马达 (OIS)	1. 具备防抖功能，稳定拍摄 2. 成像清晰，抑制噪点 3. 提高在暗光环境下的拍摄质量 4. 可增强画面的亮度，优化暗部细节 5. 支持长曝光环境下拍出清晰图片	1. 资源紧源、技术欠缺 2. 制作工艺复杂生产难度大、良率低 3. 成本价格高 4. 对焦速度滞后 5. 功耗大	Lumia 920、大神X7、nubia Z5S、nubia Z7、iPhone 6Plus、三星S6、三星S6 edge、小米Note、LG G Pro 2、IUNI U3、LG G3、OPPO Find 7、vivo Xshot

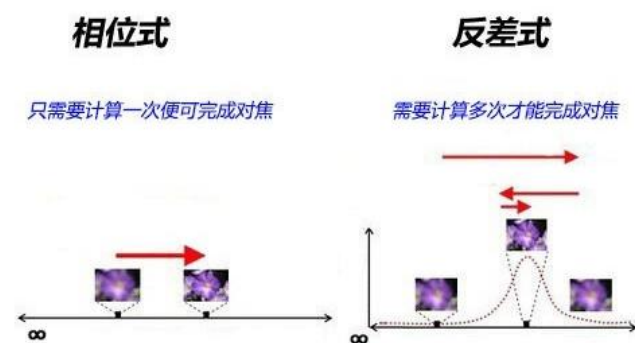
数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

对焦技术不断升级，对音圈马达的要求不断提高，高端马达占比有望提升。手机摄像头的对焦技术经历过反差对焦、PDAF相位对焦和全像素双核对焦的演变：

- 反差对焦：以拍摄一个苹果为例，使用反差对焦的智能手机首先会由近及远的寻找苹果的位置，用户可以看到苹果慢慢的变得清晰起来，但是手机并没有意识到已经找到焦点了，所以会继续向前对焦。但是当画面继续变得模糊的时候，反差对焦会意识到自身已经“走过站”了，便会原路返回。反差对焦具备技术简单，技术门槛低等优点，但由于需要经过多次计算才能完成对焦，因此存在对焦速度慢，面对画面颜色模糊的拍摄物体对焦准确度差等缺点，目前已经很少使用。
- PDAF相位对焦：工作原理为在感光元件上留出一些遮蔽像素点，专门用来检测焦点信息。遮蔽像素点由两个像素点组成的，两个像素点依靠两个透镜独立成像。智能手机的处理单元将会分析这两个像素点，并且会分析波峰信号的差别来进行焦点的定位，并且判断出手机的镜头是往前移动还是向后移动，最终完成对焦。因为只需要计算一次便可完成对焦，因此对焦速度更快并且准确率更高，是目前较为常用且较为成熟的对焦方式。但由于每个像素只配备1个光电二极管，因此参与对焦的像素无法参与成像，所以参与对焦的像素越多，负责成像的像素也会越少，虽然对焦速度加快，但是传感器的画质损失也会更严重，因而目前厂商一般将负责对焦的像素比例控制在3%左右。
- 全像素双核对焦：不同于PDAF相位对焦，其为传感器上面的每个像素都配置了2个光电二极管，可以同时获得2个信号，就像一个人的双眼都可以用来进行对焦操作。当镜头进行对焦时，通过比较两者的视差信号驱动镜头完成对焦操作。当进行图像拍摄时，则合并2个信号作为1个图像信号进行输出。这样就可以在不影响画质的前提下同时实现自动对焦和图像捕捉这两项功能，并大幅度提升了手机对焦的速度，尤其是在暗光环境下的表现更为出色。在手机上的应用首次应用于三星S7上，随后在高端旗舰机型上开始流行，如vivo Xplay6和小米MIX 2S均采用该种方案。

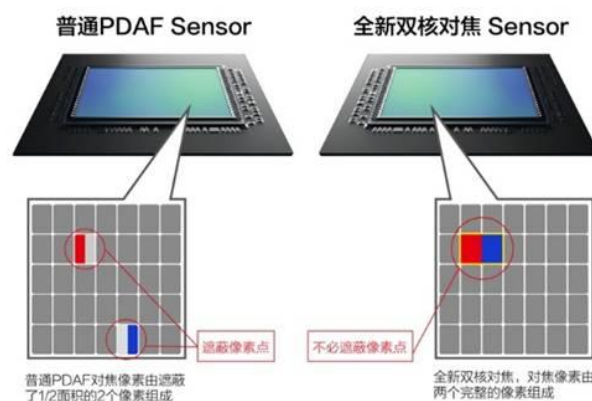
随着对焦技术的不断发展，对于对焦的零组件音圈马达的要求也越来越高，未来音圈马达的发展将迎合对焦技术的发展，以提高对焦速度、缩小对焦模组空间、降低功耗、增加用户体验稳定性为主要方向。目前开马达占据着较大市场份额，但预计对焦速度更快、对焦准确度更高和功耗更低的闭环马达等高端马达的市场份额将进一步扩大。

图28: 反差对焦与相位对焦的区别



数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

图29: 相位对焦与全像素双核对焦的区别

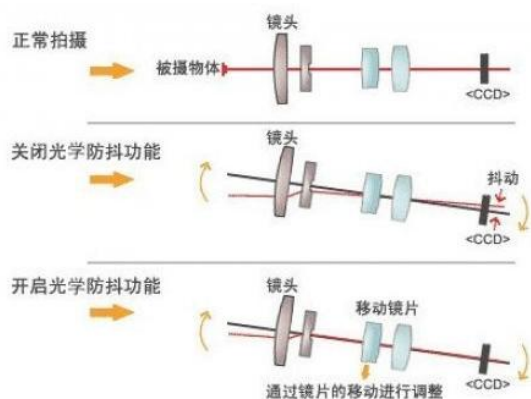


数据来源: 手机技术资讯, 广发证券发展研究中心

OIS光学防抖技术的应用带来光学防抖马达渗透率的提升。OIS光学防抖是通过镜头的浮动透镜来纠正“光轴偏移”的技术，其原理是通过镜头内的陀螺仪检测到微小的移动，然后将信号传至微处理器，处理器立即计算需要补偿的位移量，然后通过移动镜片组，根据镜头的抖动方向及位移量加以补偿。相比于不需要额外硬件只通过算法来补偿的电子防抖EIS技术，OIS的可靠性较高且不会牺牲影像的分辨率，效果比EIS好，但缺点是成本较贵。

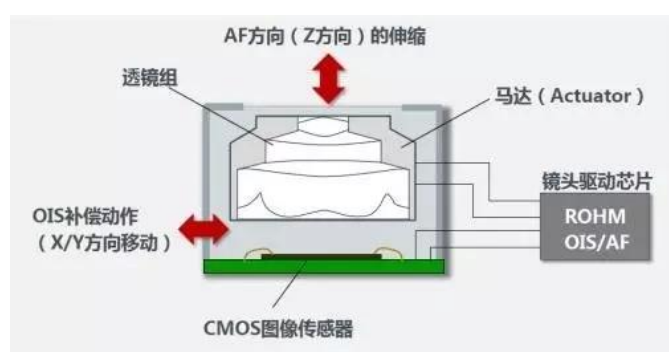
而光学防抖马达是实现OIS的关键零组件，其在制作上需要在原来VCM马达的基础上增加一个可感测手抖的陀螺仪，因此其存在生产工艺较难、成本较高等缺点。但凭借其能优化拍照效果的优点，并随着2015年苹果iPhone开始采用，越来越多的高端机逐渐采用OIS马达，预计其未来渗透率将进一步提升。

图30: OIS光学防抖原理图



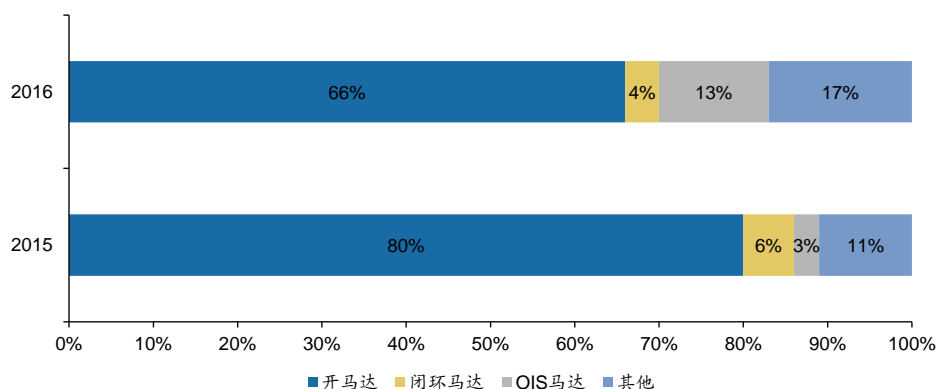
数据来源: 电子工程世界, 广发证券发展研究中心

图31: OIS马达是实现光学防抖的重要零部件



数据来源: 手机技术资讯, 广发证券发展研究中心

图32: 各种音圈马达结构占比



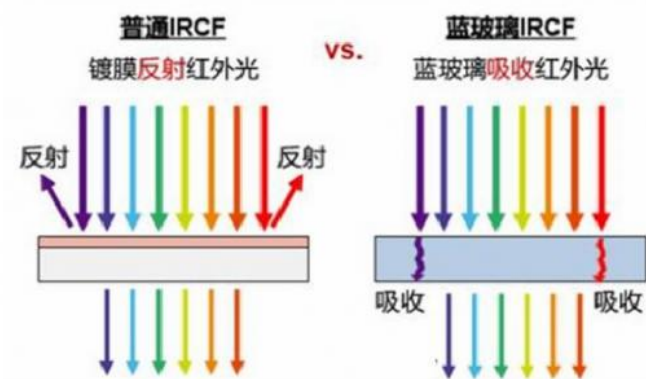
数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

红外截止滤光片：高像素带动蓝玻璃IRCF占比提升

红外截止滤光片是利用精密光学镀膜技术在光学基片上交替镀上高低折射率的光学膜，实现可见光区（400-630nm）高透，近红外（700-1100nm）截止的光学滤光片，用于消除红外光线对CCD/CMOS成像的影响。通过在手机摄像头中加入红外截止滤光片，阻挡该部分干扰成像质量的红外光，可以使所成影像更加符合人眼的最佳感觉。

红外截止滤光片分为反射式（普通IRCF）及吸收式（蓝玻璃IRCF）两种。其中反射式是用反射的方式滤掉红外光，反射光容易造成干扰形成杂光现象；而蓝玻璃是用“吸收”的方式过滤红外线，可过滤630nm以上的光，过滤较为彻底，可大幅减少摄影成像中的色偏、眩光、鬼影等问题，提高成像质量，主要用于800万像素以上的摄像头中。随着摄像头逐步向高像素升级，蓝玻璃IRCF的将在智能手机中进一步普及和应用。

图33: 普通IRCF和蓝玻璃IRCF滤光方式对比



数据来源：中国产业信息网，广发证券发展研究中心

表6: 两种滤光片优缺点对比

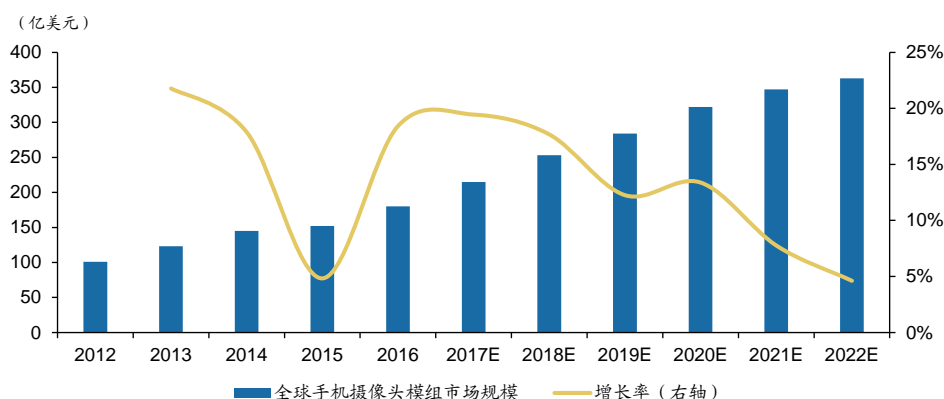
	普通IR	蓝玻璃IR
优点	<ol style="list-style-type: none"> 截止特性非常陡峭。 截止波长可以设计任意 	<ol style="list-style-type: none"> 与入射角关联度小。 通过波段可以设计得很宽，完全截止的波段可以很大。 较少NIR被反射。
缺点	<ol style="list-style-type: none"> 与光线入射角有依赖关系（0°和20°的曲线明显发生了偏移） NIR被反射回光学系统里（光晕现象） 	<ol style="list-style-type: none"> 截止特性不陡峭。 由化学镀膜材料决定截止频率。
成本	低	高（约为普通IR的10倍）

数据来源：光学光电子行业协会，广发证券发展研究中心

模组封装：MOB、MOC、CMP 等新技术推动前置 CCM 小型化

摄像头模组市场广阔，根据Yole Développement的统计，2016年，摄像头模组市场规模为234亿美元，预计2022年将达到468亿美元，2016~2022年期间的复合年增长率高达12.2%。其中手机后置摄像头占比最大，未来仍然是摄像头模组产业的主要驱动力。

图34：2012~2022年手机紧凑型摄像头模组（CCM）营收预测

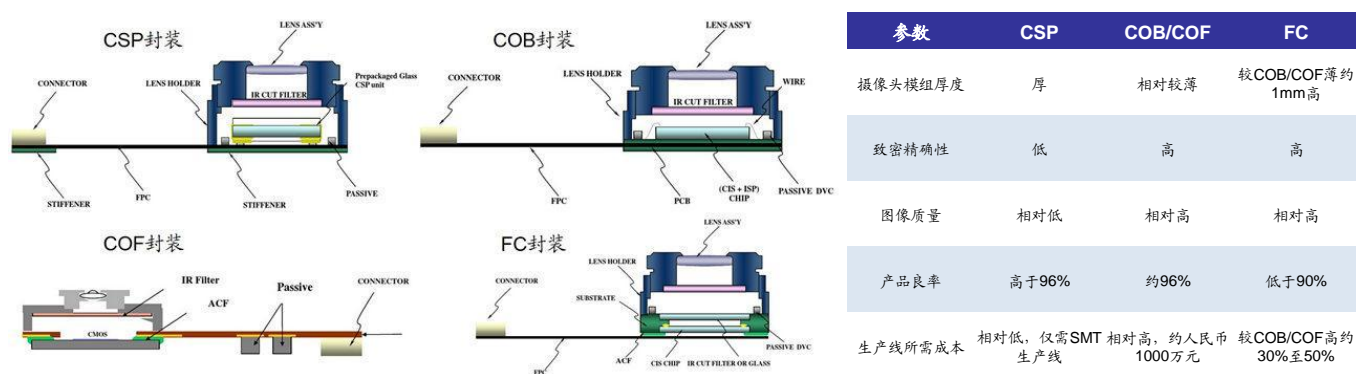


数据来源：Yole Développement，广发证券发展研究中心

目前摄像头模组封装有CSP（Chip Size Package）、COB（Chip On Board）、COF（Chip On FPC）和FC（Flip Chip）技术四种。CSP封装技术成本较低，但致密精确性及图像质量相对较差，主要用于800万像素一下的摄像头；COB/COF封装则能够制造更轻更薄且具备更好致密性及图像质量的模组，但需要在无尘室内进行，需要相对大额的投资；FC封装技术则可减少摄像头的厚度并提高较佳的散热效果，但产线良率也较低且需要较高的生产线成本。

随着手机摄像头像素越来越高，CSP技术地位下降，能够实现更高图像质量的COB/COF、FC更受青睐。采用FC封装得到的模组会薄1mm，但在全面屏趋势下，仍旧需要有新的技术将摄像头模组做的更小。

图35：摄像头四种封装方式及其对比



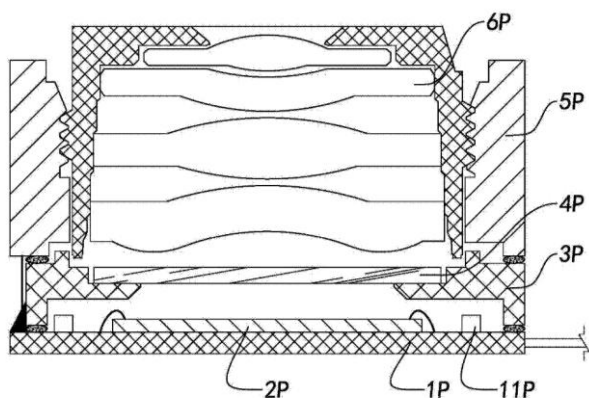
数据来源：LG官网，赛迪顾问，广发证券发展研究中心

新型MOB、MOC封装技术相比传统的COB等封装方式能够减小模组尺寸。

在传统的COB/COF封装中,刚性电路板(或者柔性电路板)上安装了感光芯片、连接线和电路器件(如电容、电阻等),同时用一个底座(通常是一个塑料支架)粘贴于电路板上。芯片和电路器件都是裸露在空间中的,底座没有将芯片和电路元件包覆在内。

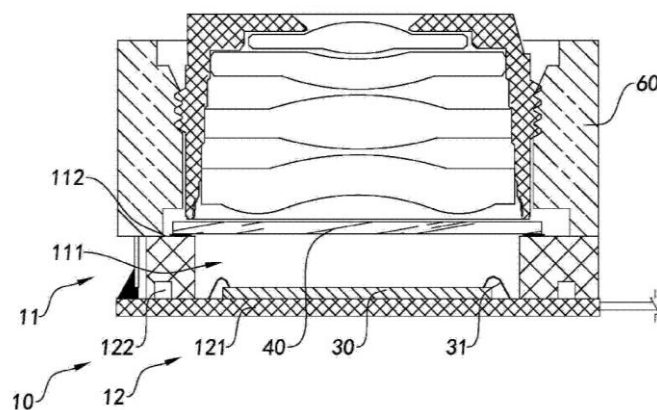
而在新型的MOB(Molding On Board)封装技术中,线路板部分包含线路板主体和封装部,封装部通过模塑的方式与线路板一体化连接,取代了COB封装技术中的塑料底座。MOB中线路板上依然有感光芯片、连接线和电路元件,不同于COB技术,MOB中封装部同时将电路元件(电容、电阻等)包覆在内,一方面防止电路器件上的灰尘杂物污染芯片,另一方面增加了封装部向内设置的空间,从而减小摄像头模组的宽度。在更进一步的MOC(Molding On Chip)封装技术中,封装部不仅将电路元件包覆在内,还将连接线也包覆在内,并与一部分芯片连接。因此封装部向内设置的空间更大,从而摄像头模组宽度减小的空间也更大。这种技术的代表厂商是舜宇光学科技。

图36: COB封装技术图示



数据来源: 万方数据库, 广发证券发展研究中心

图37: MOB封装技术图示



数据来源: 万方数据库, 广发证券发展研究中心

图38: MOB和MOC封装技术图示



数据来源: 旭日大数据, 广发证券发展研究中心

表7: 采用MOC工艺能使模组尺寸更小

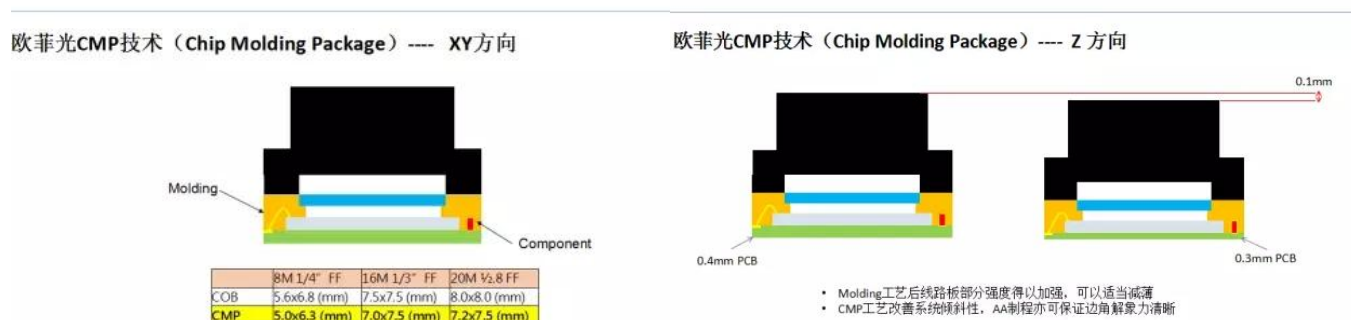
模组类型	常规方案尺寸	MOC工艺尺寸
8M FF	6.5 * 6.5 mm	5.5 * 5.5 mm
18M FF	8.0 * 8.0 mm	7.5 * 7.2 mm
16M FF	8.0 * 8.0 mm	7.0 * 7.5 mm
20M FF	8.5 * 8.5 mm	7.8 * 7.2 mm

数据来源: 手机报在线, 广发证券发展研究中心

除此之外,欧菲科技推出的新型CMP封装技术亦是推动前置摄像头模组小型化的有效解决方案。在传统的COB封装技术下,800万像素的摄像头长宽为5.6*6.8mm,但采用CMP技术后长宽可缩小至5.0*6.3mm;采用COB技术的1600万像素摄像头长

宽为7.5*7.5mm，采用CMP技术后长宽可缩小至7.0*7.5 mm；采用COB技术的2000万像素摄像头长宽为8.0*8.0mm，采用CMP技术后长宽可缩小至7.2*7.5mm。

图39：欧菲科技CMP技术图示



数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

从双摄到三摄，多摄像头时代开启

双摄克服单摄瓶颈，点燃用户新体验

单摄像头升级遭遇瓶颈，手机厂商寻求差异化卖点

智能手机单摄像头存在技术升级上与差异化竞争策略上的瓶颈。对于单摄像头而言，提升画质主要有增加像素点的数量和增多透镜的数目两种途径，可是这两种方式的技术提升与当前智能手机轻薄化的趋势相矛盾，因此想要在高像素领域中继续突破困难重重。

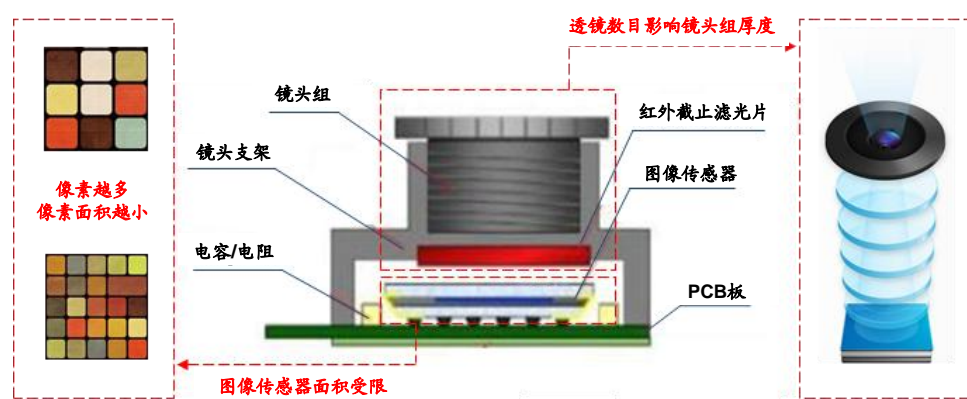
- **像素瓶颈：**受手机物理体积的限制，摄像头图像传感器的面积很难再增大。在图像传感器面积相同的情况下，像素点数量越多，单像素点的面积越小，在进光量不变的情况下，单像素点的感光能力变差，导致成像质量下降。因此，许多智能手机为了保证拍照画质，选择控制像素点数量。
- **厚度限制：**透镜数目也是影响手机拍照画质的一大因素，透镜的数目越多成像质量越好，但是透镜数目的增加必然导致摄像头模组厚度的增加，从而直接影响机身厚度。这也是iPhone 6在无法同时解决拍摄质量和机身厚度的矛盾时，选择让摄像头凸起的原因。

从差异化竞争策略的角度来看：近年来，智能手机后置摄像头的提升主要着眼在镜头性能水平上，向更高像素、更优画质的目标突破，目前已经基本可以满足大部分用户对于拍摄清晰照片的要求。国内智能手机市场更迭速度飞快，随着千位像素的手机摄像头在百元机上普及，高像素摄像头产品的市场竞争力被大幅削弱，厂商为寻求产品差异化卖点不得不另觅出路。

在像素瓶颈和厚度限制的制约下，双摄像头逐渐走进用户视野，成为智能手机

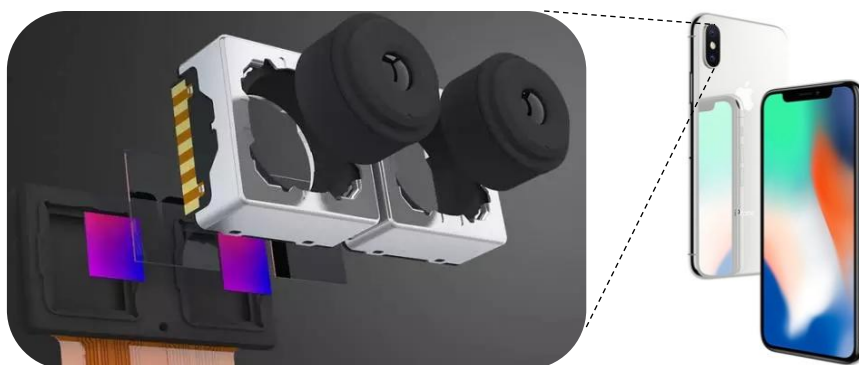
差异化的新方向。

图40：单摄像头存在升级瓶颈



数据来源：电子工程世界，广发证券发展研究中心

图41：智能手机搭载的双摄像头



数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

双摄四种技术方案汇总

双摄技术自面世之后快速发展，衍生出不同的硬件和算法配置方案，按照主/辅摄像头的应用需求和侧重点。具体技术方案而言，双摄可分为以下四类组合：

- **同像素平行双摄像头（彩色+彩色）**：该设计中两个摄像头硬件规格完全相同，双摄像头共同参与成像，拍摄时进光量和感光面积是单摄像头的两倍，成像质量大幅提升。RGB+RGB方案的代表如vivo x9，荣耀6Plus等，但在2016-2017年的机型中已较少出现。
- **不同像素立体摄像头（成像+景深）**：该设计中两个摄像头有主副之分，主摄像头分辨率高，负责成像，副摄像头分辨率低，用于测量与主要拍摄对象的距离，因此其优势在于可以拍摄出明显的景深效果，还可以先拍照再聚焦。同时其制程较为简单，成本较低，适合于千元机机型。代表机型是红米Pro、荣耀畅玩6X等。
- **彩色+黑白**：两个摄像头分别采用RGB和黑白的CMOS传感器。黑白相机没有滤色镜，其光敏感度可以高达RGB（三色）传感器的三倍，可获得更

大的进光量，图像更加明亮，得到的黑白照片与彩色照片融合后，暗光下也能获得细节丰富、高信噪比的拍摄效果。彩色+黑白方案的代表包括华为Mate10、荣耀10、华为P20等。

- **广角+长焦：**广角+长焦方案用两个焦距不同的摄像头搭配，两个摄像头分别为广角摄像头和长焦摄像头。广角镜头视角大，但远处的物体不清晰；长焦镜头虽然范围窄，但是看的更远更清晰。其优势在于通过镜头切换和融合算法就能实现相对平滑的光学变焦，因变焦而损失的图像信息远低于单摄像头的数码变焦方案。广角+长焦方案的代表机型是iPhone X、三星Note 8、OPPO R11s等。

双摄方案可克服单摄技术瓶颈

双摄的优势主要体现在以下四个方面：

- **扩大图像传感器面积，同时实现像素提升和感光面积增加：**两个独立摄像头拥有更大的图像传感器面积，与单摄像头相比，有效增大了进光量，降低了在暗光环境下的噪点。在适当算法的辅助下，相当于同时增加了像素点的数目和单像素尺寸，突破了像素瓶颈，大幅提升画质，也降低模组厚度的要求，符合智能手机轻薄化的趋势。

图42：双摄像头扩大图像传感器面积



数据来源：新浪，广发证券发展研究中心

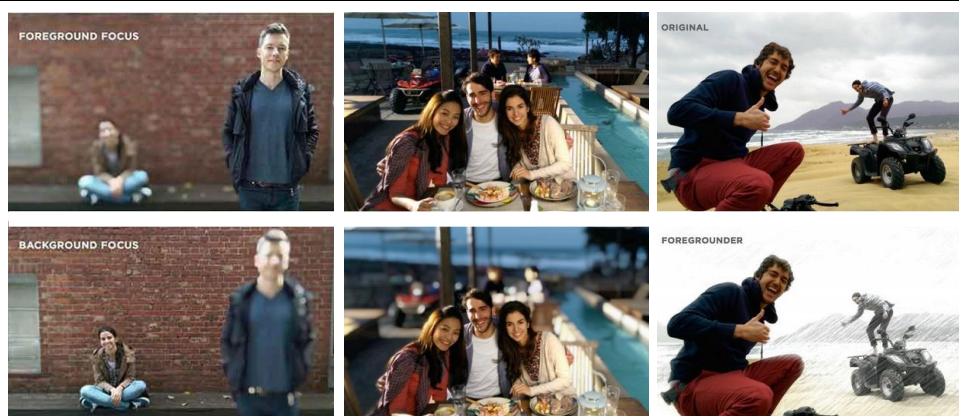
图43：双摄像头、单摄像头拍摄照片效果对比



数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

- **具有测距功能，可进行景深拍摄、背景虚化、背景替换等多种功能：**在单反相机中，可以通过不同光圈值来调整拍照时的合焦范围，使只有对焦点附近呈现清晰的景象，达到“焦内锐利，焦外奶油”的背景虚化效果。而双摄采用两个相机搭配的方案模拟这种虚化效果，辅摄像头和主摄像头一起提供立体视差从而计算景深，通过算法保留对焦平面内景物清晰度，将其余部分模糊处理达到虚化。因此可以实现全景深拍摄，呈现背景虚化、背景替换等多种效果。

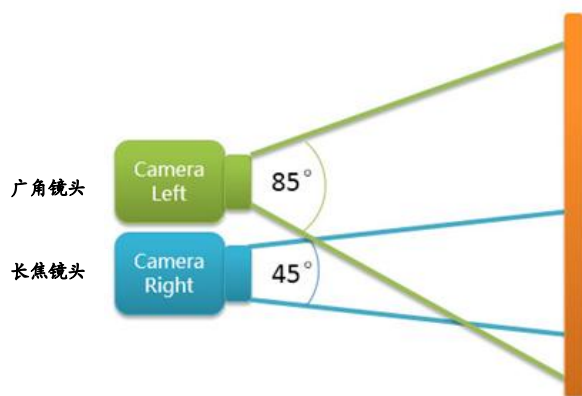
图44：双摄可实现景深拍摄、背景虚化、背景替换功能



数据来源：IT之家，广发证券发展研究中心

- **突破体积限制，解决手机摄像头光学变焦难题：**光学变焦对于单反相机而言，是一个基础功能，相机依靠调整光学镜头结构来放大或缩小需要拍摄的景物，光学变焦倍数越大，能拍摄的景物就越远。但是智能手机受制于自身的物理尺寸，长期以来无法实现光学变焦。双摄结构可以将左右两个摄像头的视场角设计成不同大小，分别获得所需的广角和长焦效果，从而解决了智能手机不能光学变焦的难题。广角+长焦方案用两个焦距不同的摄像头搭配，广角镜头视角大，但远处的物体不清晰；长焦镜头虽然范围窄，但是看的更远更清晰，通过镜头切换和融合算法就能实现相对平滑的光学变焦，因变焦而损失的图像信息远低于单摄像头的变焦方案。

图45：双摄像头光学变焦原理



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

图46：双摄实现光学变焦拍摄的照片



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

- **快速高动态HDR：**自然界中真实存在的亮度差范围是108，人类眼睛所能看到的范围是105左右，但是镜头能记录的只有256种不同的亮度。随着照片曝光的增大，照片所表示的细节会由暗处向亮处改变。通常在大光比环境下拍摄，单摄像头因受到动态范围的限制，不能记录极端亮或暗的细节。双摄可以通过算法实现更智能的宽动态HDR，无论高光、暗位都能够获得比普通照片更当取景亮度范围，缩小光比，营造一种高光不过曝，暗调不欠曝的画质效果。

图47：普通相片与HDR处理相片对比



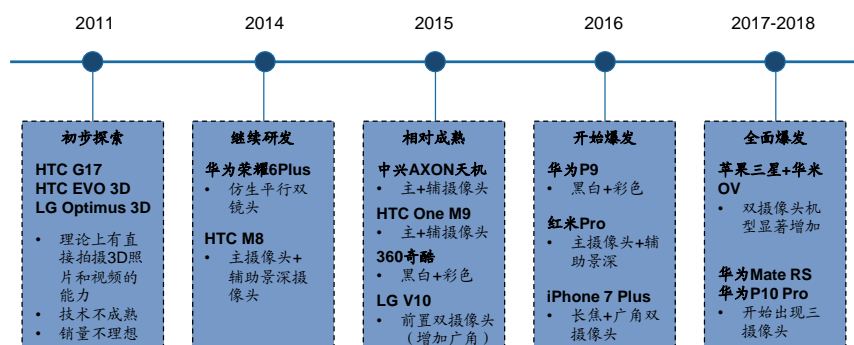
数据来源：集微网，广发证券发展研究中心

终端积极搭载，全球市场掀双摄变革浪潮

双摄的发展历史最早追溯到2011年，HTC推出了首款配备两颗500万像素摄像头的机型G17，但是由于技术不成熟，画质效果没有得到显著提升以及用户体验不佳，并未获得理想的市场反响。在之后的一段时间内，双摄像头一度不被业界看好。但近两年，伴随相关技术的成熟，出现在大众视线中的双摄具备了快速对焦、景深应用、变动光圈柔焦、夜拍降噪、光学变焦等在单摄像头时代渴望实现的拍摄效果，从而将双摄市场带入了快速成长期。

随着技术和工艺水平的提升，2014年以华为荣耀6 Plus、HTC M8为代表，升级后的双摄终端再次杀入市场，并逐渐站稳脚跟。2016年是智能手机双摄开始快速成长的一年，不仅有iPhone 7 Plus、华为P9两款热卖旗舰机型，红米Pro、荣耀V8、LG G5等智能手机机型均配备了各自不同镜头功能组合的双摄像头，向市场释放了双摄将成为手机拍摄差异化新风向的强烈信号。进入2017-2018年，在苹果的带领与安卓龙头品牌旗舰的推动，双摄迎来快速成长，增长速度超乎想象，仅2017年上半年双摄手机出货量就已经超过2016年全年的出货量，到目前为止，双摄也已经成为很多终端品牌旗舰机型的标配。

图48：双摄像头发展历史



数据来源：雷锋网，techweb，中关村在线，广发证券发展研究中心

表8: 2016-2018搭载的双摄机型汇总

品牌	机型	时间	方案	像素	定价	品牌	机型	时间	方案	像素	定价
苹果	iphone 7plus	2016	长焦+广角	1200万+1200万	5540	小米	小米6	2017	长焦+广角	1200万+1200万	2409
	Iphone 8plus	2017	长焦+广角	1200万+1200万	6630		小米5X	2017	长焦+广角	1200万+1200万	1129
	iphone X	2017	长焦+广角	1200万+1200万	8316		小米Note3	2017	长焦+广角	1200万+1200万	1769
三星	Galaxy S9+	2018	长焦+广角	1200万+1200万	6699		小米8	2018	长焦+广角	1200万+1200万	2699
	Note 8	2017	长焦+广角	1200万+1200万	6988		小米8 SE	2018	成像+景深	1200万+500万	1799
荣耀	荣耀8	2016	彩色+黑白	1200万+1200万	1999	魅族	小米6X	2018	长焦+广角	2000万+1200万	1399
	荣耀畅玩6X	2016	成像+景深	1200万+1200万	1299		小米MIX2s	2018	长焦+广角	1200万+1200万	3299
	荣耀magic	2016	彩色+黑白	1200万+1200万	2650	魅族	Pro 7/Pro 7 Plus	2017	彩色+黑白	1200万+1200万	1797
	荣耀V8	2016	彩色+黑白	1200万+1200万	2299		魅族15/魅族15 Plus	2018	彩色+黑白	2000万+1200万	2499
	荣耀V9	2017	彩色+黑白	2000万+1200万	2599		Note 6	2017	成像+景深	1200万+500万	899
	荣耀畅玩7X	2017	成像+景深	1600万+200万	1099	魅蓝	6T	2018	成像+景深	1300万+200万	799
	荣耀9	2017	彩色+黑白	1200万+2000万	1899		E3	2018	彩色+黑白	2000万+1200万	1999
	荣耀V10	2017	彩色+黑白	1600万+2000万	2299	一加	一加5T	2017	广角+广角	2000万+1600万	2999
	荣耀畅玩7C	2018	成像+景深	1300万+200万	899		一加5	2017	长焦+广角	2000万+1600万	2999
	荣耀10	2018	彩色+黑白	1600万+2400万	2599		一加6	2018	彩色+黑白	1600万+2000万	3199
华为	荣耀Play	2018	彩色+黑白	1600万+200万	2199	坚果Pro 2	坚果Pro 2	2017	成像+景深	1200万+500万	1799
	P9/P9 Plus	2016	彩色+黑白	1200万+1200万	3388		坚果Pro	2017	彩色+黑白	1300万+1300万	1499
	Mate 9	2016	彩色+黑白	1200万+1200万	3338	锤子	坚果R1	2018	成像+景深	2000万+1200万	3999
	Mate 9 Pro	2016	彩色+黑白	2000万+1200万	3499		坚果Pro 2特别版	2018	成像+景深	1200万+500万	1899
	畅享7s	2017	成像+景深	1300万+200万	1499		坚果3	2018	成像+景深	1300万+1300万	1299
	P10/P10 Plus	2017	彩色+黑白	2000万+1200万	3488	360	N7	2018	成像+景深	1600万+200万	1699
	麦芒6	2017	成像+景深	1600万+200万	2399		N6 Pro	2017	成像+景深	1600万+200万	1949
	Mate 10/Mate 10 Pro	2017	彩色+黑白	2000万+1200万	3399	努比亚	Z17s	2017	成像+景深	2300万+1200万	2499
	Nova 2/Nova 2 Plus	2017	成像+景深	1200万+800万	1288		Z17 mini/Z17 minis	2017	彩色+黑白	1300万+1300万	1299
	Nova 2s	2017	彩色+黑白	2000万+1600万	2799		Z17畅享版	2017	成像+景深	1300万+1300万	2499
	Nova 3e	2018	成像+景深	1600万+200万	2199		Z17旗舰版	2017	成像+景深	2300万+1200万	2299
	畅享8/畅享8 Plus/畅享8e	2018	成像+景深	1300万+200万	1299		Z18 mini	2018	成像+景深	2400万+500万	1799
	P20	2018	彩色+黑白	2000万+1200万	4288		N3	2018	双彩色	1600万+500万	1799
OPPO	R11/R11s/R11s Plus	2017	长焦+广角	2000万+1600万	2799	联想	Z5	2018	成像+景深	1600万+800万	1299
	R15	2018	广角+辅助	1600万+500万	2999		K5 Note	2018	成像+景深	1600万+200万	999
	R15 梦境版	2018	长焦+广角	1600万+2000万	3499	金立	F6	2017	成像+景深	1300万+200万	1399
vivo	Xplay 6	2016	成像+景深	1200万+500万	3998		S11	2017	成像+景深	1600万+500万	1899
	X20/X20 Plus	2017	成像+景深	2*1200万+500万	2598		S11s	2017	成像+景深	1600万+800万	3299
	X21	2018	成像+景深	2*1200万+500万	3598		M7	2017	成像+景深	1600万+800万	2499
	Z1	2018	成像+景深	1300万+200万	1798		S10	2017	成像+景深	1600万+800万	2299
	Y85	2018	成像+景深	1300万+200万	1798		M2017	2017	成像+景深	1300万+1200万	6999
红米	红米Note 5	2018	成像+景深	1200万+500万	999		M7 Plus	2018	成像+景深	1600万+800万	4399

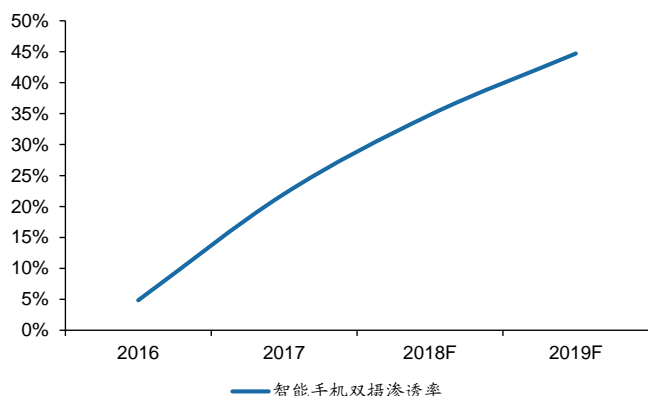
数据来源: 摄像头观察, 中关村在线, 广发证券发展研究中心

展望未来, 我们认为双摄浪潮将持续, 双摄渗透率提升趋势已定, 出货量将更上一个台阶。在双摄已经成为产品差异化卖点的情况下, 2018年将会有更多的品牌机型进一步搭载双摄。同时, 低成本的双摄方案预计也将成为千元机的标配, 从而推动双摄的渗透率进一步提升。前置摄像头方面, vivo X9曾尝试搭载20M+8M的成像+景深的前置双摄方案, 在消费者自拍需求推动下, 前置双摄也值得期待。

预计高像素双摄占比将进一步提升, 从而推高双摄的ASP。由于双摄机型搭载了两个摄像头, 其像素升级的因素被弱化, 很多机型不需要一味采用20M及以上的高像素, 而是大多采用12-13M。但有的品牌终端已经开始采用更高像素的双摄, 如OPPO品牌旗舰机R11s的像素配置已经达到20M/16M。在双摄渗透率进一步提升甚

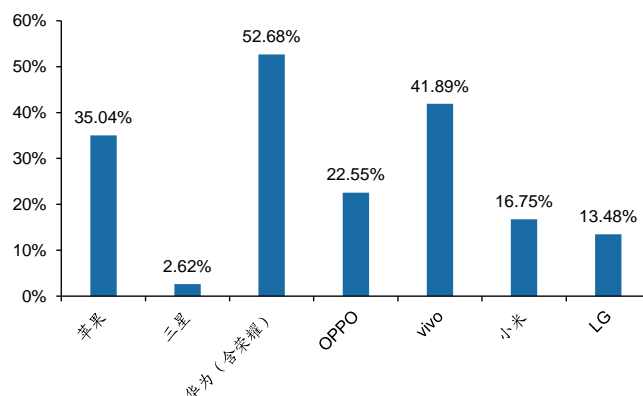
至将成为产品标配、以及智能手机爆款单品的主流战略下，预计高像素双摄机型的占比将进一步提升，从而推高双摄的ASP。

图49：智能手机双摄渗透率预测



数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

图50：各品牌2017年双摄渗透率

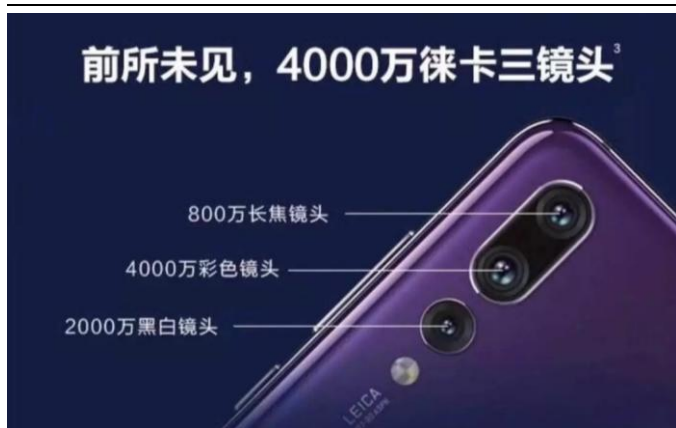


数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

三摄融合双摄优势，启动新一轮成像革命

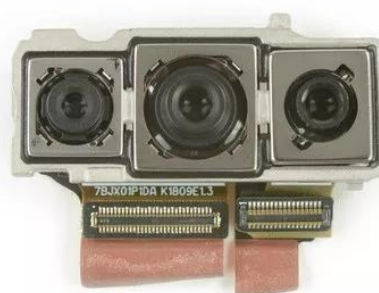
2018年3月27日在法国巴黎发布、2018年4月12日在上海发布的华为P20 Pro是首款搭载后置三摄像头的旗舰手机，开创了多摄像头的先河。其相比目前市场上普遍流行的双摄像头方案，多配置了一颗摄像头。

图51：华为P20 Pro是首款搭载三摄像头的智能手机



数据来源：手机中国，广发证券发展研究中心

图52：华为P20 Pro的三摄模组



数据来源：手机中国，广发证券发展研究中心

三摄像头相比双摄像头在成像方面具备较大优势，并能融合双摄的优点，同时实现不同双摄方案的效果。以华为P20 Pro（三摄）和华为P20（双摄）、iPhone X（双摄）为例子作对比，三摄优势主要体现在以下三个方面：

- **升级的硬件参数：** 华为P20和P20 Pro的主摄像头都拥有超大的感光元件，但华为P20 Pro更胜一筹，其CMOS尺寸达到1/1.7英寸，高于华为P20的1/2.3英寸。若感光元件的尺寸越大，在像素点相同的情况下，单位像素的感光能力更强，成像的效果更好；同时华为P20 Pro拥有像素高达4000万

的主摄像头，并通过超采样技术保证了单像素拥有更高的质量，从而有效提升画质表现。华为P20 Pro和P20的综合得分分别占据了DXO Mark手机成像排行榜的前两位，不过华为P20 Pro的109分要远高于华为P20的102分。

表9：华为P20和华为P20 Pro摄像头参数对比

机型	摄像头	像素	CMOS大小	CMOS类型	光圈	焦距
华为P20	主摄像头	1200万	1/1.73英寸	RGB传感器	f/1.8	27mm等效焦距
	副摄像头	2000万	1/2.78英寸	单色传感器	f/1.6	27mm等效焦距
华为P20 Pro	主摄像头	4000万	1/1.73英寸	RGB传感器	f/1.8	27mm等效焦距
	副摄像头	2000万	1/2.78英寸	单色传感器	f/1.6	27mm等效焦距
	远摄相机	800万	1/4.4英寸	RGB传感器	f/2.4	80mm等效焦距

数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

图53：华为P20 Pro的得分占据DXO Mark首位，远高于第二位的P20

DXOMARK MOBILE	
109	Huawei P20 Pro
102	Huawei P20
99	Samsung Galaxy S9 Plus
98	Google Pixel 2
97	Apple iPhone X
97	Huawei Mate 10 Pro
97	Xiaomi Mi MIX 2S
94	Apple iPhone 8 Plus
94	Samsung Galaxy Note 8
92	Apple iPhone 8
90	Google Pixel
90	HTC U11

数据来源：DXO Mark，广发证券发展研究中心

- **实现光学变焦，得到更好的变焦效果：**华为P20采用的是彩色+黑白的双摄方案，两个摄像头的焦距一致，不同于iPhone系列的广角+长焦镜头，华为P20的无法实现光学变焦，只能实现2倍的数码变焦。而华为P20 Pro加入了第三颗长焦镜头，拥有更高的焦距，通过多摄像头的配合，可以实现3倍光学变焦，最高变焦倍数达到5倍。将华为P20拍摄的2倍变焦的照片放大到和P20 Pro 5倍变焦同样的大小做对比，可以发现5倍变焦的华为P20 Pro依旧保持着锐度和细节，而华为P20的照片较为模糊。
- **实现更优的暗光拍摄和夜景效果：**iPhone常用的广角+长焦方案可实现广角（大光圈虚化）效果和长焦的无损变焦效果，但是这种方案仍然有一个致命缺陷，就是在光线不好的情况下，长焦镜头的进光量不足，手机的彩色相机在暗光下会丢失细节，而华为P20的彩色+黑白摄像头就能极大改善暗光的拍摄问题。以下方照片作为例子，iPhone X拍摄时光源处存在严重

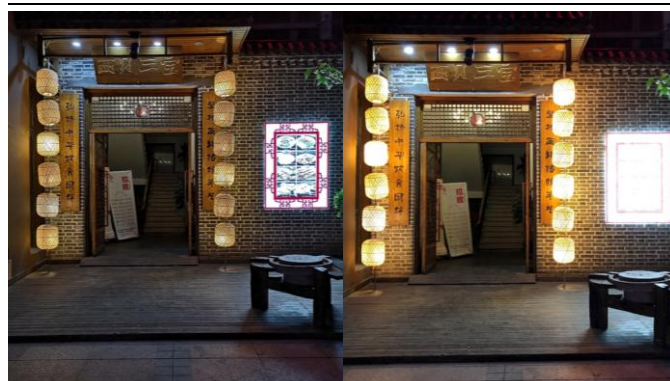
的眩光问题，细节已经完全被灯光掩盖，但华为P20 Pro压住了光源眩光，保留下了光源处几乎所有的贴图细节，夜景表现力很强。

图54：华为P20 Pro变焦效果上优于华为P20



数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

图55：华为P20 Pro夜景效果上优于iPhone X



华为P20 Pro

iPhone X

数据来源：快科技，广发证券发展研究中心

因此我们可以看到，双摄方案虽然有多种，但不同双摄方案实现的是不同的效果，比如彩色+黑白方案暗光拍摄较强，但无法实现光学变焦；而广角+长焦能够实现光学变焦，但夜景拍摄较差。而彩色+黑白+长焦的三摄像头方案融合不同双摄方案的优势，同时配以硬件上的进一步升级，能够实现比双摄更优质与更多样化的效果，给消费者带来更好的拍照体验。

预计苹果也即将在2019年的iPhone机型上推出后置三摄方案，三摄潮流开启。在苹果的带动下，安卓阵营有望快速跟进，引爆三摄甚至多摄的光学浪潮，开启新一轮的成像革命。

图56：2019年iPhone的三摄想象图



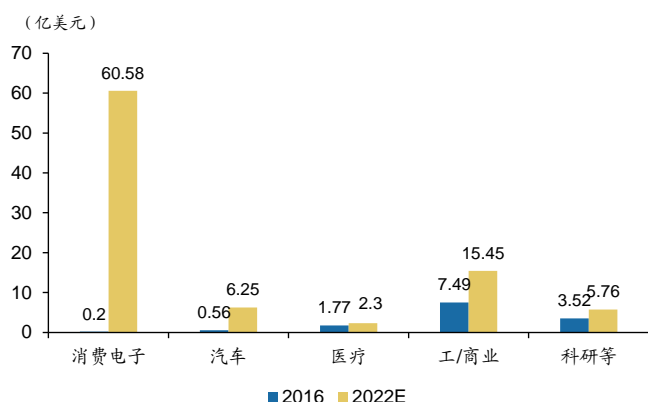
数据来源：iDropNews，广发证券发展研究中心

结构光 3D 成像率先渗透，TOF 方案未来可期

3D 成像空间广阔，结构光、TOF 是主流解决方案

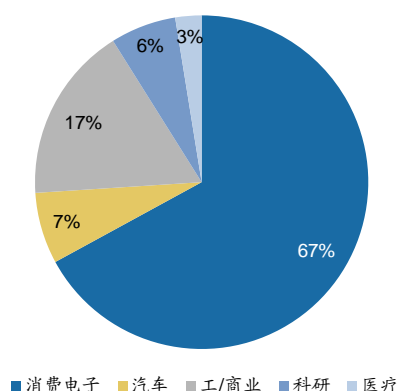
3D成像并非只是只有概念的“空中楼阁”，而是有着强劲的下端广阔需求作为支撑。3D成像技术在苹果引领之下率先在消费电子应用上（VR/AR、生物识别）大规模落地，随后将逐步辐射到各行业，实现2D向3D的交互跨域。据Yole Development预测，2016-2022年3D成像将在消费电子领域，以接近160%年均复合增速迎来快速增长。

图57：3D成像市场成长预计



数据来源：Yole Développement，广发证券发展研究中心

图58：2022年3D成像市场结构预计



数据来源：Yole Développement，广发证券发展研究中心

为了实现对深度信息的获取，需要专业的3D成像方案，搭载专用的3D摄像头。目前3D成像有三种主流解决方案：

- **结构光：**结构光使用提前设计好的具有特殊结构的图案（比如离散光斑、条纹光、编码结构光等），将图案投影到空间物体表面上，用另外一个相机观察在三维物理表面成像的畸变情况，进行图像匹配比较并计算出深度信息。结构光对物体拍摄两次即可实现3D距离的探测，其他计算过程都由本地处理器完成，延时非常短，测量速度快，同时经过多年的技术发展，模组体积已经较小。结构光最早被应用于微软的明星产品Kinect上，迄今已有8年，可谓是经过了时间验证的成熟方案。
- **TOF：**TOF（Time of Flight）的测距原理是通过给目标连续发送光脉冲，用传感器接收从物体返回的光，通过探测光脉冲的飞行（往返）时间来得到目标物距离。TOF由照射单元、光学透镜（镜片+窄带滤光片）、TOF传感器、控制单元和计算单元构成，原理与结构光殊途同归，都是属于主动光探测方案。TOF的优势在于远距离探测，不易受到环境光线的干扰，但是TOF芯片每一个像元要对入射光往返相机与物体之间的相位分别纪录，传感器结构比普通图像传感器更复杂，单个像素要大得多，成本和体积更大。

- **双目视觉技术：**该技术方案通过两个RGB摄像头模仿人的双眼，通过标定后的双摄像头得到同步曝光图像，然后计算获取的二维图像像素点的第三维深度信息。代表厂商是在手势识别领域的领先者Leap Motion。

图59：结构光方案示意图

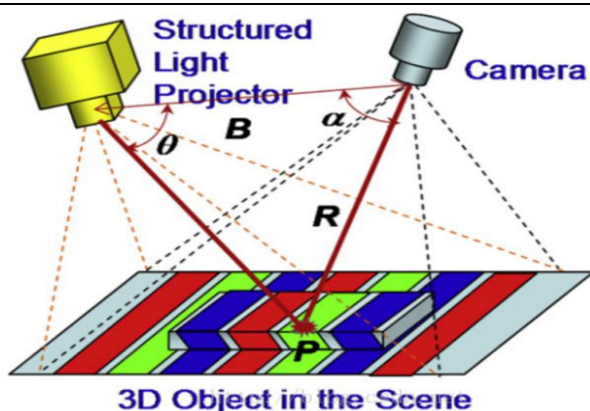
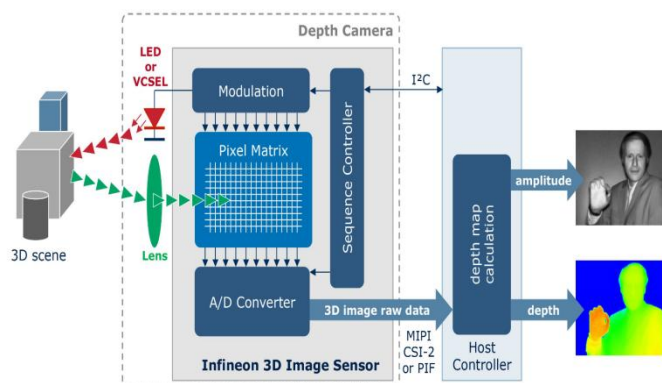


图60：TOF方案示意图



数据来源：CSDN，广发证券发展研究中心

数据来源：eletimes，广发证券发展研究中心

双目方案算法实现非常复杂，寻找像间对应关系时需要特征提取、特征匹配等一系列复杂的算法，同时光照变化、光线明暗等外在因素的影响会对算法提出更大的挑战。相比于双目的被动方案，基于主动光探测的结构光/TOF具有算法简单，响应速度快，识别距离范围大等优势，因而更加契合交互场景的要求。而就TOF与结构光之间对比而言，结构光在便携性、成本、成像速度与延时方面占据优势，其也在苹果的机型iPhone X上面率先采用；而TOF抗干扰性更好，探测距离远，未来将在后置镜头大展拳脚，对接长距应用场景。

表10：3D相机三种方案对比

方案	TOF	双目成像	结构光
运行原理	红外脉冲、测量光传输时间	两个2D传感器模仿人眼	图形光或红外照明、检测失真
点云生成	直接在传感器内	高级软件处理	中级软件处理
使用距离	大（与光源功率成正比）	中等（依据两台摄像机之间距离）	小（与照明强度成正比）
深度精度	高	低	中等
分辨率	低	高	高
扫描速度	快（取决于传感器速度）	中	中
高光性能	一般	良好	一般
低光性能	良好	较差	良好
软件复杂度	低	高	中等
功耗	中等（与距离成正比）	低	中等

数据来源：TI官网，广发证券发展研究中心

国际巨头跑马圈地打造技术生态，国内 3D 成像加速追赶

针对以上三种3D成像的技术方案，市场上也有许多玩家尝试与涉水。从技术储备和商业化程度来看，苹果（结构光）、微软（TOF）、谷歌（TOF）等国际巨头都已提前完成了各自的布局卡位，这些科技巨头在完成收购并逐步熟悉3D成像后并

没有向外界开放产品和技术方案，而是悉数在为自家产品设立技术门槛，打造自己的技术生态，其中收购了PrimeSense的苹果走在最前列，其技术方案已经在iPhone X上面实现量产。

而由于优质标的已被国际巨头收入麾下，替代方案稀缺，但叠加强烈的替代需求，国内厂商迎来了成长的土壤，从欧菲科技牵手以色列Mantis Vision（结构光），到奥比中光（结构光）、乐行天下（TOF）等先后涌现，国内3D成像布局国外标的被收购后所留下的市场空白，正在加速追赶，并取得了一定的成效。2018年，Mantis Vision的方案被小米8探索版采用，奥比中光的方案则被OPPO Find X采用。

苹果：多年技术积淀，收购PrimeSense占领行业制高点

苹果谋篇布局早已开始，在并购市场上尤为活跃。苹果早在3D成像尚未大规模导入手机时，便积极通过外延并购跑马圈地：2011年收购面部识别公司Polar Rose，2013年以3.6亿美元收购结构光领头羊PrimeSense，获得了后者在3D成像领域丰富的积累；其后又收购多家算法和光学公司，今年再下一城拿下做人脸识别的RealFace。可以说经过多年谋篇布局，各环节的积淀都已相当雄厚，技术生态已成。

其中，收购PrimeSense是苹果构筑技术壁垒最核心的环节。PrimeSense成立于2005年，2006年开始与微软联合研发Project Natal项目。2009年微软发布的Kinect 1代搭载的正是PrimeSense授权的芯片方案，同年华硕也获得了PrimeSense授权，并研发了XTion 3D摄像头。2013年PrimeSense推出了自己的3D传感器Capri：可嵌入手机、平板电脑，体积只有Kinect的1/10不到，且是开源SDK，几乎可以在任何主流操作系统上使用。此后Google Tango项目也获得了PrimeSense的授权。可见，被苹果收购前，PrimeSense的芯片方案几乎被用在市场上所有的明星产品，可谓3D成像当之无愧的开山鼻祖。

表11：苹果在3D成像领域布局

收购标的	时间	主要产品/技术
Polar Rose	2011年	面部识别
PrimeSense	2013年	结构光方案引领者，产品在Kinect、Project Tango等已通过相当成熟的验证
Linx	2015年	多摄像头技术，局部多角度3D建模等
Faceshift	2015年	利用3D传感实现动作、表情捕捉，推出脸部动作捕捉方案Faceshift Studio
Emotient	2016年	人工智能，人脸表情识别
Flyby Media	2016年	专注于虚拟现实和增强现实技术，相关技术应用在Project Tango项目中
RealFace	2017年	面部识别

数据来源：苹果公司公告，广发证券发展研究中心

表12：PrimeSense发展历程

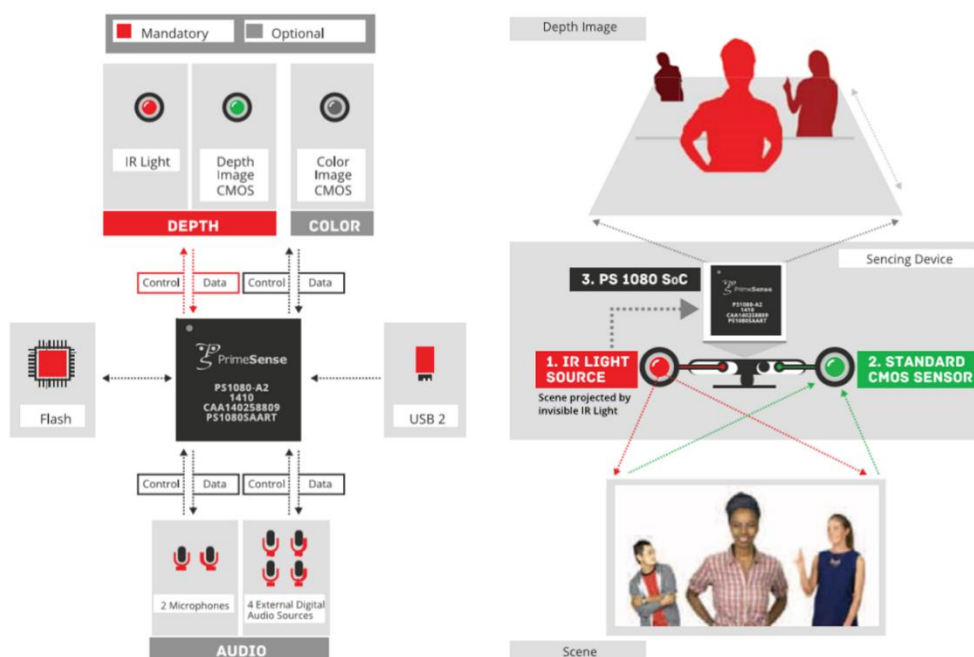
时间	公司重要事件
2005年	公司在以色列创立
2006年	对外宣布已完成了3D感应芯片的研发
2006年	与微软联合开发Project Natal项目
2009年	搭载PrimeSense方案的Kinect 1代面世
2009年	华硕获得公司授权，并研发了XTion 3D摄像头
2013年	公司发布世界上最小的3D传感器Capri
2013年	公司被苹果以3.6亿美元收购
2014年	谷歌从苹果取得公司授权，并用于Tango项目
2015年	对外授权技术终止

数据来源：ARinChina，广发证券发展研究中心

PrimeSense主打Light Code方案。Light Code仍是结构光的一种，但与传统结构光方案不同的是，光源打出去的并不是一套周期性变化的二维图像编码，而是对红外光源进行控制，投射出具有三维纵深的“立体编码”，这种光源称为激光散斑，即照射到粗糙物体或穿透毛玻璃后形成的随机衍射斑点，因此深度计算的方式有所不同。

Light Code方案的优势非常明显：一方面它不需要特制的感光芯片，普通的CMOS即可，大大降低了成本；另一方面它不通过空间几何关系求解，测量精度只和标定时取的参考面密度有关，因此不用像一般的结构光那样为了提高精度而将基线（光源与镜头光心的距离）拉宽，有利于体积小型化。**Light Code成本和体积的双重优势，使之非常契合手机前置镜头组的要求。而PrimeSense宣布2015年后停止对外技术授权，独家拥有此技术的苹果也就自然而然占据先机，Light Code方案也率先被导入iPhone X的前置镜头组中。**

图61：PrimeSense的Light Code技术方案



数据来源：PrimeSense，广发证券发展研究中心

微软：两代Kinect技术迭代，在体感设备上已将3D交互运用纯熟

微软在3D成像方面聚焦在体感设备。2009年6月的E3大展，微软首次公布XBOX360的体感周边外设Kinect 1.0。作为一种3D体感摄影机，Kinect拥有即时动态捕捉、影像辨识、麦克风输入、语音辨识、社群互动等功能。相比之前任天堂的Wii（2006年推出，通过手持体感控制棒获取用户动作）和索尼的PS Move（体感装置由PS Eye摄像头、手柄以及导航手柄构成），Kinect不需要使用任何控制器，而是依靠3D相机捕捉三维空间中玩家的运动，完全通过视觉和声音实现人机互动，彻底颠覆了游戏的单一操作。2010年Kinect正式推出，当年销量即达到636万台，上市一年销量超过1800万台，占游戏机总销量的近三分之一，可谓红极一时，迅速引爆了体感设备市场。当时Kinect 1.0的3D成像技术采用的正是PrimeSense的结构光路径。硬件方案包括1颗用于成像的640*480分辨率RGB摄像头，1颗用于获取景深的320*240分辨率红外摄像头，以及红外发射器、CMOS传感器等。3D成像及配套的处理算法赋予Kinect强大的骨骼跟踪能力：可以同时侦测6人，并对其中2人进行追踪，每个人检测包括躯干、四肢、手部在内的20块重要骨骼关节的动作，最远探测距离超过4米。

尽管基于结构光的Kinect 1.0大获成功，但微软并未因此放缓技术储备的步伐。在推出Kinect 1.0的同时，分别在2009年和2010年拿下了两家TOF厂商：3DV Systems和Canesta。正是由于积极的前瞻布局，在PrimeSense被苹果收入囊中后，微软能够迅速切换技术路径绕开封锁，推出了基于TOF的第二代Kinect 2.0。与第一代相比，Kinect 2.0在配置和性能上都进一步升级：RGB摄像头分辨率达到1920*1080，3D摄像头分辨率则提高到512*424，最多可追踪6人动作，每人可检测的关节数量也提升到25块。

图62：基于Kinect动作捕捉的XBOX游戏



数据来源：腾讯数码，广发证券发展研究中心

表13：两代Kinect技术参数对比

	Kinect 1.0	Kinect 2.0
发布日期	2010年11月	2014年7月
3D成像方案	结构光	TOF
RGB镜头	640*480分辨率，30fps	1920*1080分辨率，30fps
3D镜头	320*240分辨率，30fps	512*424分辨率，30fps
骨骼跟踪	侦测6人，跟踪2人	跟踪6人
动作捕捉	每人20块关节动作	每人25块关节动作
声学	4元线性麦克风阵列	
探测距离	0.5m-4.5m	

数据来源：微软官网，广发证券发展研究中心

谷歌：手机3D成像先行者，服务VR/AR大战略

谷歌是手机3D成像的先行者。如果说3D交互的大革命由苹果在前置开启，那么在后置镜头与VR/AR的对接上，谷歌“Project Tango”项目已经先行一步。Project Tango由谷歌先进技术与项目部门和硅谷创业公司Movidius合作研发，旨在赋予移动设备类似人类对空间和运动的感知能力，可实时绘制3维世界模型。以3D成像为核心，Tango包含3大核心技术：运动追踪，深度感知和区域学习。

第一代Tango原型机2014年问世，谷歌通过与苹果的谈判获得了PrimeSense的芯片授权，原型机的3D成像采用结构光方案：配置400万像素的RGB摄像头，用于3D成像的红外发射器和接收镜头，以及一枚用于动作捕捉的鱼镜头。第一代Tango能在每秒进行1500万次3D测量，结合实时监测的大量数据绘制出周围世界3D模型，从而用于VR/AR等高级应用，为手机带来了前所未有的空间感知能力。

第一代Tango原型机仅对开发者提供，面向普通用户的第二代Tango——联想Phab2 Pro则在2016年发布。由于PrimeSense在2015年后不再对外授权，且Tango对3D成像的需求集中在后置长距应用（VR/AR），因此谷歌也同微软一样，转向了TOF路径。光学方案为前置800万像素RGB+后置1600万像素RGB+基于TOF的3D镜头+OV鱼镜头。Phab2 Pro的意义在于，它不仅仅是一台手机，更是谷歌AR战略的首款终端平台，能够对接大量的AR应用。

图63：Tango原型机基于结构光方案的镜头组

图64：Phab2 Pro RGB+TOF+鱼眼后置镜头组合



数据来源：腾讯数码，广发证券发展研究中心



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

欧菲科技：牵手Mantis Vision，优势互补开拓3D成像大蓝海

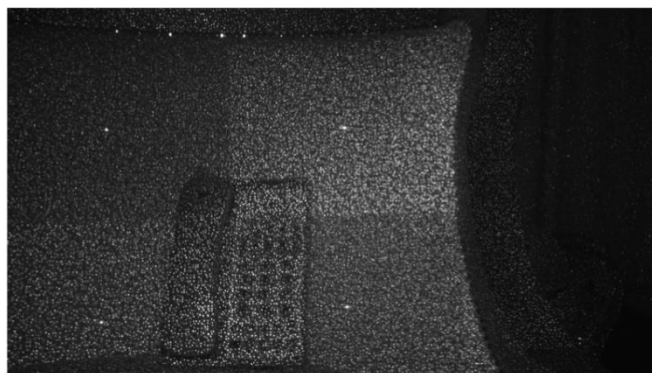
MV (Mantis Vision) 位于以色列，与 PrimeSense 同年成立，核心技术是编码结构光技术 (Coded Structure Light)，通过高精度低噪声的 3D 摄像头快速生成 3D 物体和场景的点云，然后用点状云训练机器的学习算法，从而让机器能够辨识出这个物体。**MV 是除了 PrimeSense 之外少数几家掌握结构光整体解决方案的公司，与 PrimeSense 相比，MV 的方案光源投射的是连续编码光，解析度更高，不易受噪声影响；PrimeSense 打出去的则是激光散斑，优势是体积更小。因此 MV 的解决方案可绕开 PrimeSense 的专利壁垒，为市场提供另一种技术路径。**

MV 和 PrimeSense 都是市场上优质的 3D 结构光标的，出于对 MV 技术的认可和对 3D 成像前景的看好，欧菲科技控股股东欧菲投资 2015 年就对其战略投资 500 万美元，今年 3 月又与 MV 达成合作协议，将与 MV 共同设计并生产 3D 摄像头，包括近红外激光源，红外摄像头及 RGB 摄像头。其中欧菲科技负责硬件系统设计及量产，MV 提供 3D 建模，算法及校对调试，产品将主要应用于智能手机、汽车及其他移动终端。目前其方案已经被小米 8 探索版采用。

图65：结构光方案两种光源对比

连续编码光：连续Pattern分布，高精度解析

散斑光：粗略Depth分布，解析度受噪声影响



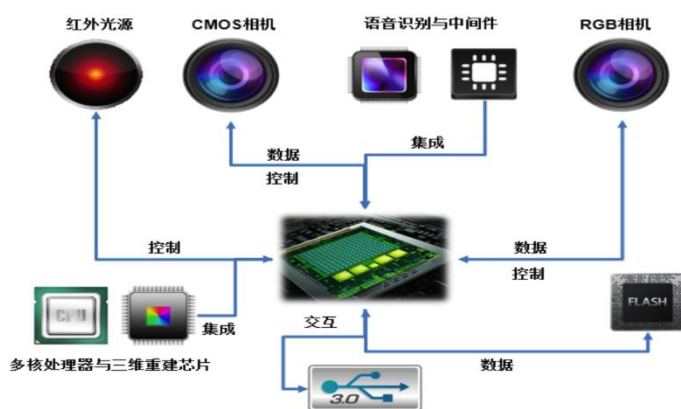
数据来源：MV，广发证券发展研究中心

奥比中光：本土结构光翘楚，对标PrimeSense

奥比中光成立于2013年，总部位于深圳。公司做结构光方案，下游覆盖体感、娱乐教育、机器人、安防等多个领域，已批量出货的产品包括乐视三合一传感器、ORBEC一体机、机器人内置3D传感器等。其中的3D摄像头为Astra和Astra-Mini，后续还会推出更加小型化的Astra-E以及Astra-P。

奥比中光的结构光技术对标PrimeSense，距离、精度效果等与PrimeSense接近，掌握了RGB模组，红外投影和主芯片等底层核心技术，是全球少数能量产结构光3D摄像头的厂商，且完全兼容PrimeSense方案。因此，在PrimeSense不再对外授权的背景下，奥比中光作为替代者得以迅速打开市场空间。在客厅电视市场，此前乐视的体感器选择的正是PrimeSense授权生产的Xtion，PrimeSense授权停止后，留下的空白就被奥比中光很好的补上来，目前为乐视、创维、海信等厂商生产的体感器已经形成批量出货；在安防方面，如海康威视和格林深瞳等业内龙头，也都有用奥比中光的摄像头做主动监控；而在手机领域也有所突破，2018年发布的OPPO Find X正是搭载了奥比中光的结构光方案。

图66：奥比中光结构光解决方案



数据来源：中关村在线，广发证券发展研究中心

图67：奥比中光为乐视提供的三合一传感器



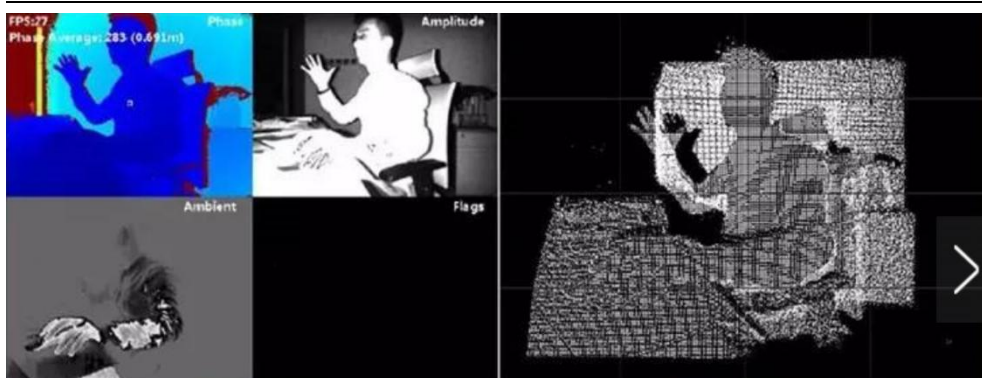
数据来源：搜狐科技，广发证券发展研究中心

乐行天下：国内唯一能量产TOF深度摄像头的厂商

相比于结构光，国内TOF厂商更少，仅有乐行天下能够量产基于TOF的深度摄像头。乐行天下的镜头组配备了一颗TOF深度摄像头和一颗普通RGB拍照摄像头，分别用于测量景物深度和轮廓信息。乐行天下产品的硬件性能较为出色：TOF像素达320*240，已是国内最高，测量范围为0.2-7.5m，精度误差10毫米，视场角最高可达80°（对角），帧率最高可达60FPS，RGB镜头则是1080P高清。配合其自主开发的人物识别、人脸识别、轮廓分离、骨骼追踪、动作识别等算法，可应用于机器人定位导航、VR/AR手势识别、体感游戏、三维建模、工业智能化检测等领域。

乐行天下掀起了本土厂商进军TOF的帷幕，但不可否认的是，国内在TOF方面仍处于起步阶段。即使是乐行也并未掌握底层技术，仍是在TI和PMDTech所提供的第三方方案上进行二次开发，相当于将TI的方案进行产品化，并且尺寸也没有小到能够集成至手机之中。相比意法等国际龙头，国内厂商在TOF领域还有较大追赶空间。

图68: 乐行天下TOF摄像头效果图



数据来源: 智慧产品圈, 广发证券发展研究中心

除以上企业外, 国内做3D的厂商还有图漾科技(双目结构光), 华捷艾米等, 国内3D成像技术正在奋起追赶。

表14: 国内3D成像代表厂商对比

厂商	欧菲光	奥比中光	图漾	乐行天下
技术路径	单目结构光	单目结构光	双目结构光	TOF
模块大小 (mm)	145.3*69.3*7 153.5*74.2*7 159.6*79.3*8.6	165*38*30 (Astra) 80*20*19.3 (Mini)	80*38*35	120*30*30
检测距离 (m)	1	0.6-8	0.5-5	0.5-5
精度	3mm	1m内 ± 1-3mm	1-3mm	10mm
视角	H38° W44° (MV F5-SR)	H58.4° V45.5°	V58°	H67° V53° 对角80°
速度	40-60FPS	70FPS/30FPS	10FPS/30FPS	30FPS
功耗	2-3w	<2w	3.5w	2.4w
适用环境	室内外	室内	室内外	室内外

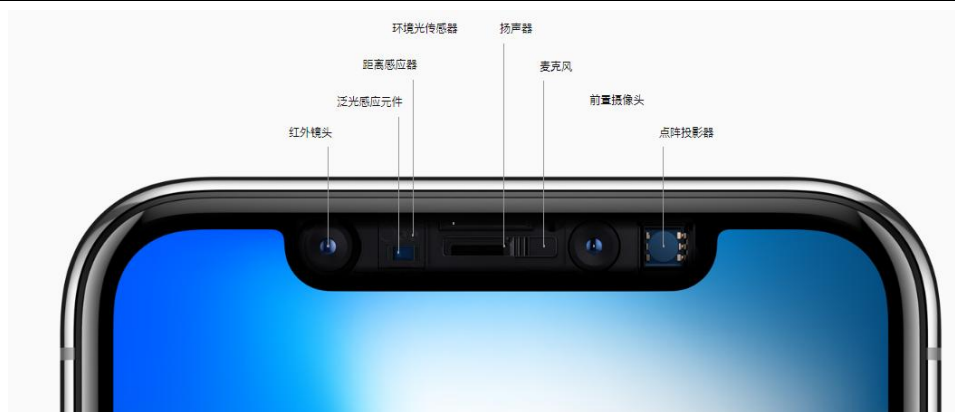
数据来源: 智慧产品圈, 广发证券发展研究中心

3D 成像于手机前置结构光率先应用, 未来 TOF 后置 3D 可期

苹果和安卓阵营快速推进, 前置3D结构光快速渗透

2017年9月, 苹果发布十周年纪念机型iPhone X, 3D摄像头第一次在手机领域采用, 其搭载的是苹果收购的PrimeSense的Light Code结构光方案。

图69：苹果iPhone X采用前置3D摄像头



数据来源：苹果官网，广发证券发展研究中心

苹果为其3D摄像头配备了三大应用场景：

- **人脸识别（Face ID）**：以往的人脸识别简单的使用普通的2D摄像头采集含有人脸的图像或视频流，并自动在图像中检测和跟踪人脸，进而与已有数据库进行比对，但这往往会受到不同光线环境的干扰，同时存在可以用照片破解的弊端。但iPhone X的身份验证系统是基于3D摄像头采集的数据而运作的，感应器会读取每个人独一无二的脸部几何结构图，并将它与被保护在 A11 仿生安全隔区内的数据进行对比，如果两者一致，iPhone X 便会解锁。即便在光线较低的环境或者黑暗环境下，借助不可见的红外光线，Face ID依然可以识别用户的脸，同时其准确性越高于2D识别，识别错误率仅1/1000000，远低于指纹识别的1/50000。
- **动话表情（Animoji）**：3D摄像头能对 50 多种不同的面部肌肉运动进行分析，从而以 16 款“动话表情”（如熊猫、兔子或机器人）镜像出每个人的神态，用户可以分享这些表情，获得更加生动有趣的视听体验。
- **人像模式和光效**：iPhone X的3D摄像头和A11芯片可支持拍摄具有景深效果的自拍照，以艺术感十足的虚化背景为衬托，突显用户清晰对焦的脸。同时，搭载的全新的人像光效功能可通过复杂的算法，计算出用户的容貌特征会怎样受到光线影响，然后利用这些数据创造出惊艳的光效，如自然光、摄影室灯光、轮廓光、舞台光等等。

图70: iPhone X的Face ID (人脸识别) 功能



数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

图71: iPhone X Animoji应用场景



数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

表15: 3D生物识别与2D生物识别数据对比

对比项	3D人脸识别	2D人脸识别
FAR/FRR实验		
FAR	0.0047%	0.12%
说明: 错误接受率越低, 识别安全性越高		
FRR	0.103%	9.79%
说明: 错误拒绝率越低, 使用就越方便		
环境适应性实验		
姿态变化	100%识别率	23%识别率
头发遮挡	87%识别率	50%识别率
头部遮挡	95%识别率	低于5%的成功率
弱光线	100%识别率	0%识别率

数据来源: 中关村在线, 广发证券发展研究中心

在苹果的大力推动下, 安卓阵营也纷纷跟进, 目前小米和OPPO已经先后发布了搭载3D摄像头的旗舰机型, 并配备了与iPhone X相似的应用场景。2018年5月31日, 小米召开发布会, 发布了小米8探索版机型, 其采用的是以色列Mantis Vision公司的编码结构光方案, 同样拥有3D的人脸识别与类似Animoji的“米萌”功能。2019年6月19日, OPPO发布了旗舰机型OPPO Find X, 其同样搭载了3D摄像头, 采用奥比中光提供的结构光方案, 配备3D人脸识别并与支付宝合作支持支付功能, 以及配备Omoji动态表情和3D个性美颜功能。

图72: 小米8探索版搭载3D结构光方案摄像头



数据来源: 小米官网, 广发证券发展研究中心

图73: 类似Animoji的“米萌”功能



数据来源: 小米官网, 广发证券发展研究中心

图74: OPPO Find X搭载3D结构光方案摄像头



数据来源: OPPO官网, 广发证券发展研究中心

展望未来, 我们认为在苹果的大力推动和安卓阵营的积极跟进下, 智能手机前置3D摄像头将持续渗透, 打开未来空间。结构光凭借着便携性、成本、成像速度与延时方面的优势, 将继续成为前置摄像头的首选方案, 维持快速成长。

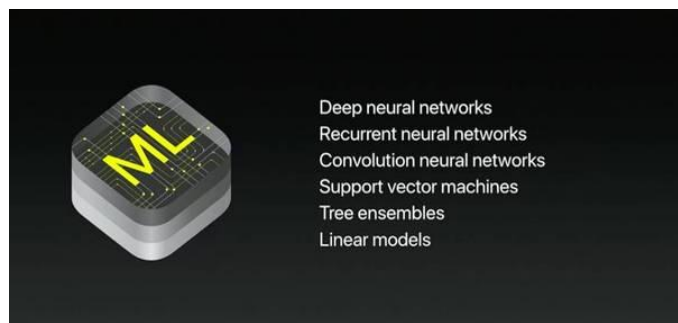
苹果AI+AR战略将推动后置3D成像的落地, TOF方案未来将迎机遇

我们预计后置摄像头从2D到3D的跨越也将是未来的趋势, 在智能手机端, 预计AI+AR将成为其快速成长的首要催化剂。而纵观手机龙头品牌, 苹果在AI+AR的布局最为深入, 预计苹果将大概率继续成为领路人引领后置3D浪潮。

苹果AI战略之Core ML: AI不只在云端。普遍的观点认为AI是云端的事, 本地只负责与用户交互和数据搜集。然而, 苹果用实际行动说明了AI与机器学习并不仅仅局限在云端。2017年WWDC大会, 苹果发布了新的机器学习API——Core ML, 并宣称图像识别速度比谷歌Pixel快6倍。Core ML提供支持人脸追踪、人脸检测、地标、文本检测等任务的API, 它将加快iPhone、iPad和Apple Watch上AI任务执行的速度, 从文本分析到人脸识别, 几乎涉及一切事务。Core ML含有大量的关键机器

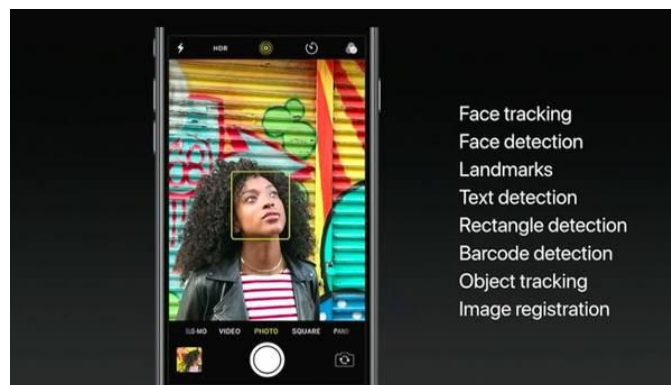
学习工具，包括神经网络（深度、循环以及卷积网络），同时也支持线性模型和树集成。有了本地的AI框架Core ML，再配合3D成像输入的全方位、立体化、多维度的图像信息，人脸识别、手势识别自然是水到渠成。

图75：苹果基于移动端本地的AI框架——Core ML



数据来源：搜狐科技，广发证券发展研究中心

图76：Core ML提供支持人脸检测等任务的API



数据来源：搜狐科技，广发证券发展研究中心

苹果AR战略之ARKit：平台规模优势显著。苹果在WWDC 2017全球开发者大会上发布了AR开发平台ARKit，凭借苹果庞大的iOS用户群，ARKit一举成为全球最大的AR开发平台。在推出ARKit的3周后，苹果公司还收购德国眼部追踪技术公司SensoMotoric Instruments，一系列动作意味着苹果在AR领域开始加速前进。一年后，苹果在WWDC 2018上发布了ARKit 2，带来了三个新内容：USDZ格式、AR小工具Measure、以及多人互动功能，不仅相比第一代要更加细腻，还加入了3D对象滞留和更好的人脸跟踪功能，在AR的技术储备上更进一步。

与谷歌的AR平台“Project Tango”和VR平台“DayDream”相比，ARKit不需配套专门的硬件，传统的单摄像头iPhone和iPad借助ARKit也可呈现一定的AR效果，伴随着iOS11发布后，理论上可应用于任何的iPhone和iPad；而谷歌的平台对硬件有着极高的标准，且安卓机机型众多，硬件配置不统一，目前市面上仅有少数机型支持其应用。因此ARKit的受众更多，平台规模优势显著。

而在2017年iPhone已经搭载了多项基于ARKit的应用，如发布会带来的《The Machines》与《Warhammer 40k: Free Blade》游戏，棒球比赛叠加AR信息的应用《At Bat》以及把手机对准天空会出现一些星座信息的应用《Skyguid》等。凭借着庞大的iPhone用户数量与优秀的软硬件整合能力，苹果将在技术上不断进步，给消费者带来更佳的AR体验。

图77：苹果在WWDC上演示的ARKit



数据来源：苹果官网，广发证券发展研究中心

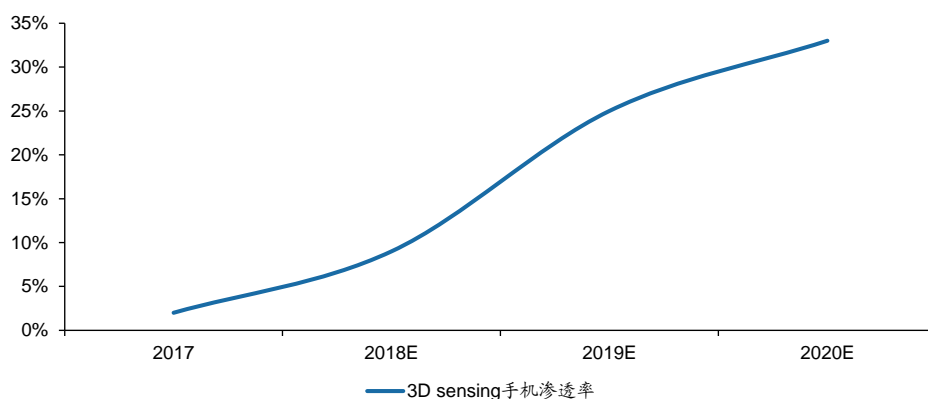
图78：苹果2017年发布会推出的AR游戏



数据来源：雷锋网，广发证券发展研究中心

目前，支持AR功能并搭载后置TOF方案摄像头的智能手机不多，例如联想Phab 2 Pro和华硕ZenFone AR，其支持的是谷歌的Tango功能。但苹果拥有深厚的技术积累、更加成熟的平台与更强的规模优势，展望未来，后置3D方案预计将在苹果的推动下成为未来潮流。届时TOF方案因其抗干扰性更好，探测距离远，更适宜长距应用场景，将在未来的后置3D浪潮中迎来快速成长机遇。

图79：2018年3D sensing手机渗透率近10%



数据来源：旭日大数据，广发证券发展研究中心

风险提示

双摄/三摄渗透率不及预期风险；3D摄像渗透率不及预期风险；零组件技术升级不达预期风险。

广发证券电子元件和半导体研究小组

- 许兴军：资深分析师，浙江大学系统科学与工程学士，浙江大学系统分析与集成硕士，2012 年加入广发证券发展研究中心。
- 王 璐：分析师，复旦大学微电子与固体电子学硕士，2015 年加入广发证券发展研究中心。
- 余 高：分析师，复旦大学物理学学士，复旦大学国际贸易学硕士，2015 年加入广发证券发展研究中心。
- 王 帅：研究助理，上海交通大学机械与动力工程学院学士、安泰经济与管理学院硕士，2017 年加入广发证券发展研究中心。
- 彭 雾：研究助理，复旦大学微电子与固体电子学硕士，2016 年加入广发证券发展研究中心。
- 王昭光：研究助理，浙江大学材料科学与工程学士，上海交通大学材料科学与工程硕士，2018 年加入广发证券发展研究中心。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 10%以上。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 10%以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 15%以上。
- 谨慎增持：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 5%-15%。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 5%以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市
地址	广州市天河区林和西路 9 号耀中广场 A 座 1401	深圳福田区益田路 6001 号 太平金融大厦 31 层	北京市西城区月坛北街 2 号 月坛大厦 18 层	上海浦东新区世纪大道 8 号 国金中心一期 16 层
邮政编码	510620	518000	100045	200120
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn			
服务热线				

免责声明

广发证券股份有限公司（以下简称“广发证券”）具备证券投资咨询业务资格。本报告只发送给广发证券重点客户，不对外公开发布，只有接收客户才可以使用，且对于接收客户而言具有相关保密义务。广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。本报告的内容、观点或建议并未考虑个别客户的特定状况，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券股份有限公司认为可靠，但广发证券不对其准确性或完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券或其附属机构的立场。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

本报告旨在发送给广发证券的特定客户及其它专业人士。未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。