

# 新型消费类电子光互连应用

## Optical Interconnect Technology in Consumer Electronics Markets

黄君彬/HUANG Junbin

(深圳市埃尔夫光电科技有限公司, 广东 深圳 518001)  
(Shenzhen AFALIGHT Co., Ltd, Shenzhen 518001, China)



**摘要:** 介绍了光互连在新型消费类电子市场,如高清多媒体接口(HDMI)、通用串行总线(USB)、DisplayPort、专业音视频以及分体式电视领域的新应用。采用板上芯片封装(COB)方案为基础的新型消费类电子市场有源光缆(AOC),以其低成本生产技术、小体积、支持多路光通道集成的特点,自2018年以来迅速得到了市场的认可。进一步介绍了具有代表性的HDMI、USB以及分体式电视AOC的性能特性以及市场应用。认为大量的新型光电产品将会出现在消费类电子市场。

**关键词:** 消费类电子市场;板上芯片封装;AOC;光模块;并行多通道光路集成

**Abstract:** In this paper, optical interconnect applications in new consumer electronics market, such as high definition multimedia interface (HDMI), universal serial bus (USB), DisplayPort, Customized Video & Audio System, TV market are introduced. Since 2018, consumer electronics active optical cable (AOC) products, which is based on chip on board (COB) technology, have acquired consumer market approbation due to low cost, small packaging and parallel optics solutions. The detail specification and application of HDMI, USB and TV AOC have been further discussed. Finally, the roadmap and development prospects of optical interconnect in consumer electronics market have been concluded at the end of this paper. It is believed that a large number of new optoelectronic products will appear in the consumer electronics market.

**Key words:** consumer electronics market; COB; AOC; optical transceiver; parallel optics

DOI: 10.12142/ZTETJ.201905006

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20191010.1643.004.html>

网络出版日期: 2019-10-10

收稿日期: 2019-08-20

传统的光模块,如小型可插拔(SFP)、四通道SFP接口(QSFP)、十六通道可插拔光模块(CXP)、吉比特无源光网络(GPON)等数据中心以及电信网用的光模块,由于其光发射次模块(TOSA)/光接收次组件(ROSA)(光学芯片

封装)在量产中的高生产成本、大体积,并无法满足多路光通道传输需求等因素,无法达到消费类电子市场的客户需求标准,因此一直无法在新的领域广泛应用。

板上芯片封装(COB)工艺以其低成本、小封装体积的优势,在传统光模块领域一直被用作有源光缆(AOC)的光学封装解决方案。自2018年以来,在消费类市场,如高

清多媒体接口(HDMI)、通用串行总线(USB)、数字式视频接口(DisplayPort)、专业音视频领域以及分体式电视市场,出现了越来越多的以COB方案为基础的新型AOC解决方案。这是光互连在新型消费类电子领域的新应用。

### 1 COB工艺

COB也称为芯片直接贴装,就

**基金项目:** 国家重点研发计划“宽带通信和新型网络”重点专项“面向数据中心的短距离光互联技术”项目(2018YFB1801702)

是将未经封装的裸芯片(包括光芯片以及电芯片)直接组合并粘贴到印刷电路板(PCB)上,然后进行引线键合,最后对封装进行保护处理的工艺。

COB的技术核心由2部分构成:固晶(Die Bond)和引线键合(Wire Bond),前者是贴片,后者是绑线。COB是在电芯片以及发光二极管(LED)封装中大量采用的一种成熟工艺,之前一直应用于一些基于封装性能要求不高的产品。

传统光通信行业(特指数据中心网以及电信网中应用的光通信行业)在40 G/100 G等多路平行封装中遇到瓶颈,之前的TOSA/ROSA体积过大并且无法满足多路平行封装的体积要求,因此COB技术在2010年左右就已成为光通信领域的热门话题<sup>[1]</sup>。

COB工艺用在光通信时有2点显著不同的特点:(1)其封装精度要求提高了很多。典型的固晶精度要求由原来电芯片以及LED封装中的几百微米发展到在光通信封装中的5  $\mu\text{m}$ 以内;因此,此时的COB封装,也被称为亚微米级(Sub-Micron)精度封装技术。(2)由于引入了光芯片(垂直腔面发射激光器(VCSEL)和光电二极管(PIN)),光路部分必须通过光器件(透镜、反射镜或者其他光学器件)将光信号传递到光纤中;因此对封装芯片的保护不能采用电芯片封装处理方式,同时这里的光器件同样需要做到亚微米级的封装(耦合)精度。

在数据中心和电信网等传统光通信模块市场中,COB工艺被用作

AOC的方案,如SFP、QSFP、迷你串行小型计算机系统接口(MiniSAS)等接口类型的基于电气和电子工程师协会(IEEE)以太网或者InfiniBand协议的AOC。AOC比之前的光模块方案在成本、多通道集成以及光学信号检测成品率上都有明显的优势;其唯一劣势在于长度固定,不能如光模块一样使客户可以自由更换长度。

自2018年以来,在消费类光通信市场出现一种新型的基于COB工艺的光模块方案<sup>[2]</sup>,并且将传统光通信市场AOC生产工艺拆分为2部分:前端模块供应商先提供基于COB工艺的光模块半成品,后端加工厂制作AOC成品。

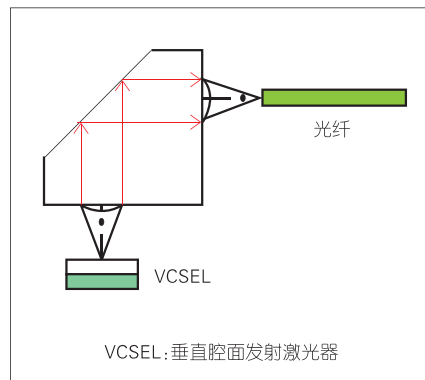
这种新型技术方案的引入,大大推动了光互连应用在消费类电子市场的发展。三星率先在分体式电视市场采用了这种新型COB工艺的AOC方案,在其出厂的新型分体式大尺寸电视中,主机盒与电视屏幕之间的高速视频信号、低速控制信号以及电源信号全部使用其定制的混合缆AOC。2018年是HDMI AOC市场迅速崛起的一年,许多新型的AOC产品开始涌入消费类电子市场,光互连应用开始在这一全新的领域实现应用和产品量产。

### 1.1 低成本

消费类电子市场对成本非常敏感,尽管在2018年以前也有部分传统光通信厂商尝试过进入该领域,然而大多因为生产工艺不成熟造成价格高昂,无法真正带动消费类电子市场的光模块产品应用。

一种低成本生产技术的COB工艺于2018年开始出现在消费类电子光互连市场,其主要技术特点体现在2点:适合量产的光学器件以及批量高效率的光学耦合方式。

光学器件在发射端将VCSEL中发出的光引导至多模光纤中,同时在接收端将多模光纤中的光引导至PIN中,具体见图1。由于VCSEL的发光面以及PIN的光电探测面向上垂直于印刷电路PCB板。而多模光纤的耦合方向是平行于PCB板,因此在COB工艺中,光器件需要将光转动90°。一种高效的利于量产的光学器件的方法是用Ultem塑料材料注塑一体成型,分别设计3个光学平面。以发射端为例,第一聚光面将VCSEL发出的成高斯状能量分布的光聚合成类准直光;第二光平面为一个45°反射面,类准直的光束在45°入射时形成全反射(Ultem材料的折射率约为1.65),此时经过此第二光平面后形成类准直的平行于PCB板的光束;第三光平面为另一聚光面,类准直的平行光束经聚光面汇聚,形成入射的聚焦光束进入多模光纤的纤芯。在接收端的光路与发射端光路类似,只



▲图1 板上芯片封装光路示意图

不过光的方向相反。新型光学器件适合量产,一方面体现在其适合注塑成型的材料大大降低了单个光学器件的成本,另一方面体现在光学参数设计的优化上。光学参数,例如2个聚光面的非球面曲率参数的优化,可以使得光器件在其本身的制作公差以及光学耦合误差的容忍度上大大提高,从而在成本设计以及最终光灵敏度需求中间取得一个平衡点。要做到这点,光学设计师需要对光路原理有着深刻的理解并同时对生产制作有着丰富的经验。

光学耦合方式一般可以分为主动式和被动式。主动式耦合,即在耦合过程中通过信息反馈(Feedback)的方式持续地调节耦合位置,直到达到最佳值为止,其特点是必须在耦合过程中让光芯片进入工作状态,所以称之为主动;被动式耦合,即在耦合过程中光芯片是不工作、不通电的,被动式耦合的方法有很多种,典型的一种是通过精密固晶机,直接通过拍照对准的方式将光器件精密地固定到指定地为止,误差范围一般在 $5\mu\text{m}$ 左右。

市场上主流的AOC光学耦合方式经历了从被动式到主动式的发展历程。最初的AOC市场,厂商用大型的精密固晶机被动式耦合的方法,可以将精度控制在 $5\mu\text{m}$ 以下,满足性能要求。然而综合计算生产成本,由于精密固晶机的设备投入大,单个设备耦合速度并不能真正满足量产的需求。批量提高耦合方式的效率最终需要用到主动式耦合方式。主动式耦合的设备,能够针对COB工艺的特点进行定制化的

设计,如根据COB工艺中PCB板小的特点,设计了定制化的治具,可以在20个、40个的连板上同时操作多个耦合工位。另外,主动式耦合的设备投入小,一般不到精密固晶机的价格的十分之一,同时单个设备产能大(最好的能达到被动式耦合设备的5倍以上),因此大大降低了生产成本。

## 1.2 小体积

相对于数据中心、电信网市场而言,消费类电子市场中的产品种类数和功能极大地增加了。目前,传统数据中心、电信网市场对于光模块的接口大多集中于少数的几个类型标准,如SFP、QSFP、MiniSAS、CXP等。而消费类电子的接口数量远远超过了数据中心中的接口数,其中标准接口有视频类的HDMI Type A、HDMI Type D、数字视频接口(DVI)、DisplayPort、Mini DP、USB Type C、Mipi等,数据类的接口有USB Standard A、USB Micro B、USB Standard B、Mini USB、Thunderbolt、USB Type C等。另外,更多的接口是客户定制接口,如Facebook、微软的虚拟现实(VR)头盔上用的一款Oculink接口、三星分体式电视定制化的接口等。在这些新型的消费类电子的接口类型中,小体积的COB工艺光模块有利于光互连在不同产品、不同功能中的应用中推广。

由于COB工艺是将未经封装的裸芯片(包括光芯片以及电芯片)直接组合粘贴到PCB电路板上,相比于传统光通信光模块所使用的封

装好的TOSA、ROSA,裸芯片加上设计的光学器件所需要的体积要小很多。以单通道光芯片尺寸为例,单颗VCSEL或PIN的长宽均为 $0.25\text{mm}$ ,高一般为 $0.15\text{mm}$ ;而定制化的光器件设计,最小尺寸可以在 $1\text{mm}$ 以下。考虑到耦合治具以及连接光纤的结构件设计,长宽均可以做到 $5\text{mm}$ 以内。由此可见,基于COB工艺的光模块体积可以适配绝大多数消费类电子市场对于结构的需求。

## 1.3 支持并行多通道光路集成技术

COB工艺不仅可以支持小体积、小尺寸的光器件以及光模块的设计,还能很好地支持并行多通道光路集成技术。由于直接处理裸芯片,在光芯片晶元切割时,可以定制4路、8路或12路并行阵列,光学器件也可以定制设计成4路、8路或者12路光通道与之对应。4路、8路以及12路为常见的阵列数组合,在传统数据中心网络中对应的接口类型为:QSFP、MiniSAS、CXP等。另外,多模光纤阵列一般也以12路为常见通道数,光纤插件如多光纤推进(MPO)光纤连接器等也均以12路通道数为标准设计。近年来,还出现了24路的MPO,一般应用于一些特殊场合或者光波导系统设计。并行多通道光路集成技术在COB工艺中得到很好的实现,这一点是传统TOSA、ROSA无法做到的。

消费类电子同样对并行光通道处理有着非常强烈的需求,例如HDMI、DisplayPort、DVI都是4个单向通道,USB Type C是双向双通道,

而VR、分体式电视等特殊的应用一般都需要数据传输和视频传输并行,一般要求6通道或以上。

并行多通道光路在光模块端极大简化了模组电处理上的设计,并解决了高速电信号在传输中无法逾越的问题,如电磁干扰(EMI)、传输长度、线缆外径过粗、体积过大等,为新型的应用提供了简单、可行、可靠且低成本的光互连解决方案。

## 2 新型消费类电子光互连应用

### 2.1 HDMI AOC

2018年是HDMI AOC市场迅速崛起的一年。图2为HDMI AOC的原理示意图,其中有4对高速信号差分对,分别对应视频信号中红、绿、蓝三色(RGB)以及一组时钟信号对。光互连将这4对高速信号对在线缆两端进行光电转换,换成光信号传输,从而实现以前铜线技术无法满足的超长距离传输。除了这4对高速信号差分外,其他信号依旧按原来铜线传输。(注:也有部分技术方案将所有信号转成光纤,然

而目前由于其兼容性以及模组的成本价格原因,还没有形成大规模量产。这里介绍的是已经量产的混合缆HDMI AOC。)

HDMI AOC分HDMI 1.4、2.0以及2.1版本,对应的传输速率分别为3.4 Gbit/s、6 Gbit/s以及12 Gbit/s每通道,分别能传输4 K 30 Hz、4 K 60 Hz以及8 K 30 Hz的高清视频分辨率。其接口类型又分为HDMI Type A和Type D 2种接口。

HDMI AOC主要应用场景有大型会议室、电教室、家庭影院、户外拍摄、视频监控控制、工程布线等有需要用到长距离、高清视频传输的地方。

### 2.2 USB AOC

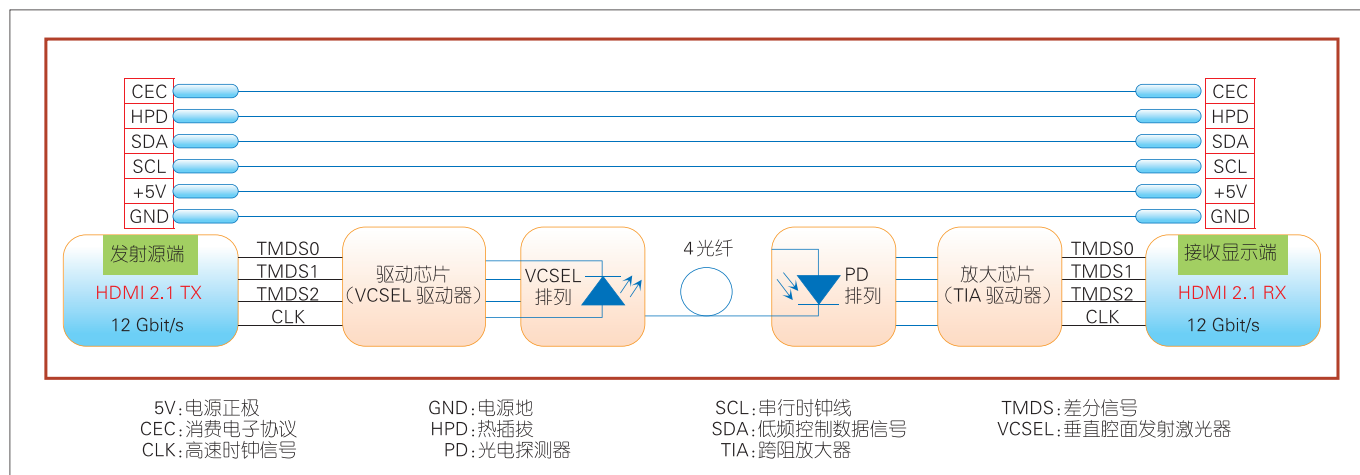
USB是电脑端最常见的接口,USB 3.0 AOC的原理示意如图3所示。USB 3.0 AOC有一对双向的高速信号差分对,以传输USB 3.0高速数据信号。光互连将这对双向高速信号在线缆两端进行光电转换,换成光信号传输,从而实现远距离的数据传输。

USB的接口类型比较多,如Standard A、Micro B、Mini、Type C等,按协议和速率又分为USB 2.0、USB 3.0、USB 3.1等。USB AOC的典型应用场景有工业摄像头、PC机数据传输,以及各种大型会议数据布线等。

### 2.3 分体式电视 AOC

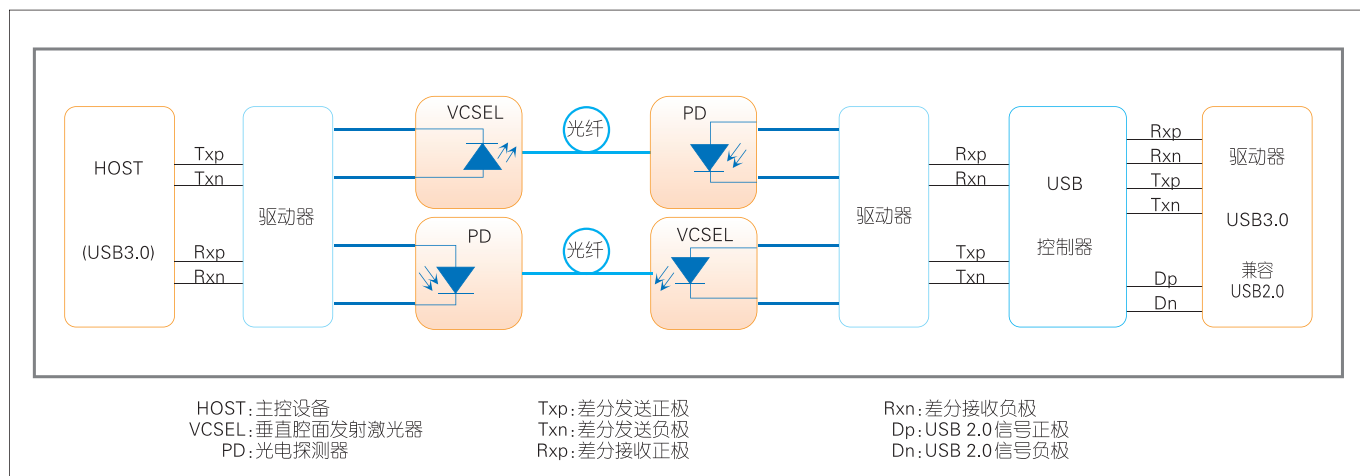
2018年,三星首创了在其分体式电视采用光互连方案传输,并在当年销售了上百万台该分体式电视,开启了光互连在消费类电子市场尤其是电视市场的量产应用先河。2019年,创维的分体式Q80<sup>[3]</sup>,应用了中国厂商的光模组方案,首次在中国发布并销售。

分体式电视的功能示意如图4。分体式电视的主要特点是显示功能和多媒体控制功能的分离,让显示屏仅做显示的作用,因此显示部分的设计可以做得超薄、超高清以及大尺寸。控制部分因为与显示部分分离,因此具有可升级、更换的特点,并且多媒体对外接口齐全,还能做成物联网加人工智能(AIoT)的

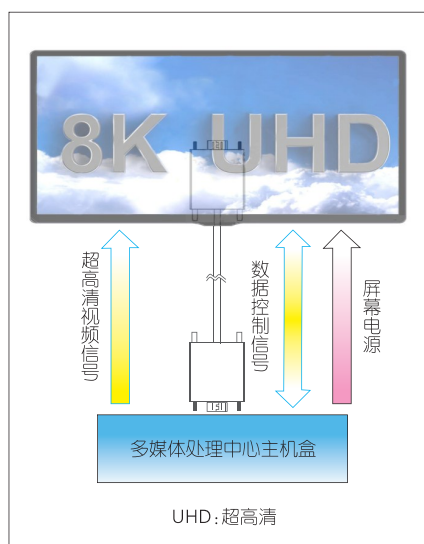


▲图2 HDMI 2.1有源光缆原理示意图





▲图3 USB3.0有源光缆原理示意图



▲图4 分体式电视有源光缆原理示意图

生态中心控制接入点。

关于分体式电视的设计和概念,2018年以来已经成为全球电视技术的讨论热点,从智能家居以及显示屏本质特性来看,分体式电视将会是未来物联网、人工智能以及家庭娱乐的一个综合处理中心和解决方案。在这样一个具体的产品形态中,光互连是其中一个必不可少的设计部分。由于显示屏的超薄特性,高清视频信号的传输需要一个

既高速又纤细的数据线,因此光纤是唯一的选择。整个屏幕仅靠一条传输线驱动,因此这是一条混合型AOC,里面还包括给屏幕的供电电源线以及双向的低速数据控制信号等。超高清视频信号经过光电转换,从主机盒传送到屏幕。双向的低频数据控制信号接通屏幕和主机盒的通信。高压以及大电流的电源信号从主机盒通过这条混合AOC供给电视。

### 3 光互连技术的发展路线与消费类电子市场光互连发展的契合

光互连的技术发展路线<sup>[4]</sup>具体如图5所示,经历了从电信网“Telecom”的几千米到几十千米再到几百千米的传输,到数据网“Datacom”的几百米到100米以内的传输,再到计算网“Computer-com”小于1米甚至几毫米之间的传输。电信网是设备与设备之间数据传输,数据网是板边(Card Edge)服务器与服务器或交换机之间的传

输,而计算网则是板内、芯片与芯片之间甚至是芯片与芯片内部之间的光传输。

电信网的客户是运营商,如电信、移动、联通;数据网的客户是各大数据中心,如腾讯云、阿里云、百度云等;电信网和数据网即本文中提到的传统光通信模块的应用场景,其较常见的接口类型如SFP、QSFP、CXP、MiniSAS等,遵循的协议有以太网、Infiniband等。

到了计算网,将出现大量短距离的光互连,如板载光引擎(On-board Optics)技术,该技术是近几年光互连的一个研究热点。以太网协会IEEE<sup>[5]</sup>在2016年首次将“光模块小型化”“光集成化”等构想写入以太网技术发展路线图中,并提出“光电转换嵌入进系统”的概念和市场发展方向。未来的硅光通信,则有望实现更短距离间的光护栏,如芯片与芯片间,甚至芯片内部通信。硅光通信,是指用硅材料做的发射器(激光)、接收器(光电探测器)、调制解调器(如果是间接调制



▲图5 光互连技术发展路线图

的话)以及波导(硅波导一体成型)。

从技术的角度看,消费类电子市场的光互连应用属于计算网光互连应用的一种;不同于传统电信网和数据网市场,它对光互连的需求并不仅仅满足于板边互联(如分体式电视、医疗等应用),而是已开始将光模块做进板内;消费类市场对光互连低生产成本、小体积以及并行多路光通道的技术要求,促使光互连朝着计算网光模块的性能标准要求发展。

从市场的角度看,随着4 K/8 K高清视频概念的兴起,2019年全球HDMI接口产品的总出货量预期将近10亿台<sup>[6]</sup>;2019年全球USB各种型号下,仅仅Type-C型号的设备出货量预测超20亿台<sup>[7]</sup>;2018年全球电视的销售量大约2.25亿台<sup>[8]</sup>,以上仅是消费类电子市场的代表领域。在“光进铜退”的政策下,人们对数据传输量需求也越来越大、越来越快,可以预见消费类电子市场的光互连应用的增长是一个必然的

市场趋势。在未来的光通信领域中,消费类电子市场将占据越来越重要的地位,由于其所涵盖的领域和应用足够多,其市场份额必然会远超传统光通信市场。

因此,无论从技术上还是市场发展角度看,大量的新型光电产品会出现在消费类电子市场,这是光互连发展的必然趋势。

#### 4 结束语

从数据传输的角度看,从古至今人类广泛应用的传输介质只有3种:铜、光和无线,并且它们都是以电磁波的形式来传输信息。2019年已经开始进入5G网络、4 K/8 K超高清视频以及数据量剧增的时代,传输介质的需求也会日益增长。可以预见,光互连市场将会很快迎来巨大的增长,而且由于新技术新方案的引入,光互连将在越来越多的市场和领域中得到更广泛的应用。提到光通信,人们将不仅只想到在其数据中心、运营商里应用

到的光模块,也会开始想到家里的电视、手机、汽车、投影仪、电教室、会议室等日常接触的消费类电子产品中都用上了光通信。相信这样的未来很快就会到来!

#### 参考文献

- [1] 光通信领域里 COB 模式将何去何从? [EB/OL]. (2015-06-09)[2019-08-10]. <http://www.eepw.com.cn/article/275404.htm>
- [2] 埃尔法光电研发实力[EB/OL]. (2016-08-01)[2019-08-10]. <http://www.afalight.com/yanfashili/>
- [3] 创维发布三屏互联网电视 Q80 和全新生态品牌 Swaiot [EB/OL]. (2019-03-27)[2019-08-10]. <https://tech.sina.com.cn/er/2019-03-27/doc-ihxyxzm0958398.shtml>
- [4] TAUBENBLATT M. Optical Interconnects for Computer-Com[C]//Conference Proceedings - International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, 2012. DOI: 10.1109/ICIPRM.2012.6403303
- [5] The 2019 Ethernet Roadmap. [EB/OL]. (2019-03-27)[2019-08-10]. <https://ethernetalliance.org/technology/2019-roadmap/>
- [6] 2019 年带 HDMI 接口产品的年度出货量预期将近 10 亿台[EB/OL]. (2019-01-08)[2019-08-10]. <http://www.minimouse.com.cn/plan/2019/0108/48949.html>
- [7] 全球 USBType-C 产业链分析与设备出货量预测: 2019 年出货量超 20 亿[EB/OL]. (2017-09-07)[2019-08-10]. <http://market.chinabaogao.com/it/0a2946122017.html>
- [8] 2018 年全球 TV 出货止跌回涨, 2019 年还会继续上扬吗? [EB/OL]. (2019-02-02)[2019-08-10]. [http://www.sohu.com/a/292990057\\_339916](http://www.sohu.com/a/292990057_339916)

#### 作者简介



黄君彬, 深圳市埃尔法光电科技有限公司董事长兼总经理, 深圳市海外高层次人才, 高级工程师; 主持国家重点研发项目 1 项, 市级科研项目 3 项, 项目资金超过 1 400 万; 拥有通信相关专利 50 余项, 其中发明专利 26 项。