

2021 03

总 27 期

光电科技  
情报网



# 光电科技快报

Opto-electronics Science  
& Tech Letters

- 5G 通信技术关键材料发展研究
- 13 省市芯片产业规划出炉！四大聚集区齐发力
- 2021 年 Mini LED 电视出货将激增 20 倍
- 中国主导国际团队研发新型可编程光量子芯片



中国科学院光电情报网工作组

中国科学院光电情报网内参

# 光电科技快报

Opto-electronics Science & Tech Letters

(2021 年第 3 期 总 27 期)

中国科学院光电情报网工作组

2021.03

### **中国科学院光电情报网介绍：**

中国科学院光电情报网(简称光电情报网)是在中国科学院文献情报系统“学科情报服务协调组”的整体组织和指导下,由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建,联合中国科学院光电领域相关研究所、东湖新技术开发区(中国光谷)、国内相关光电企业、省科学院联盟相关成员单位,共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式,创新院所协同、院地合作的情报研究和服务保障模式,更好支撑中国科学院、地方的发展规划布局,坚实保障各个层面的战略决策、智库咨询、科学研究和产业创新情报需求,从而有效推动光电领域科技进步和产业发展。

### **中国科学院光电情报网工作组：**

组长单位：中国科学院武汉文献情报中心

副组长单位：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
中国科学院上海光学精密机械研究所  
中国科学院光电技术研究所  
中国科学院合肥物质科学研究院  
中国科学院成都文献情报中心

组员单位：中国科学院西安光学精密机械研究所  
中国科学院海西研究院  
中国科学院光电研究院  
中国科学院国家空间科学中心  
中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所  
中国科学院苏州生物医学工程技术研究所  
中国科学院上海技术物理研究所

特邀单位：安徽科学技术研究院  
安徽光电技术研究所

# 目 录

<b>特别关注</b> .....	<b>2</b>
5G 通信技术关键材料发展研究 .....	2
<b>战略规划</b> .....	<b>17</b>
13 省市芯片产业规划出炉！四大聚集区齐发力.....	17
浙江省首个集成电路科学与工程学院将成立.....	24
<b>行业观察</b> .....	<b>26</b>
2021 年光通信前景乐观.....	26
国内半导体进口量暴增 36%.....	27
2021 年 Mini LED 电视出货将激增 20 倍 .....	28
<b>研究进展</b> .....	<b>30</b>
中国主导国际团队研发新型可编程光量子芯片.....	30
中国科大在单分子精密测量研究中取得重要进展.....	30
科学家开发“量子温度计”，超低温也可精确测量.....	32
基于光偏振的跨洋电缆地震和水波传感.....	32

本期责编：胡思思

本期编辑：李海燕（上海光机所） 朱立禄（长春光机所） 王亚军（西安光机所） 张甫

（安徽光机所） 章日辉 刘义鹤 曹 晨 刘美蓉

**联系电话：027-87199007 87199372**

# 特别关注

## 5G 通信技术关键材料发展研究

### 1 5G 通信技术发展背景及对关键材料性能的要求

#### 1.1 5G 通信技术发展背景

信息技术领域已成为提升国家科技创新实力、推动经济社会发展和提高整体竞争重要的动力引擎。5G 是开启工业数字化和物联网新时代的新一代基础生产力。世界各国把抢占 5G 通信技术的至高点作为国家发展的重要战略，不管是在关键元器件、上游材料制备还是在网络部署等方面都开始积极布局，抢先发展先机。

2014 年初，美国总统奥巴马宣布组建“下一代功率电子技术国家制造业创新中心”，重点发展下一代功率电子技术，以支持美国 5G 通信技术的发展。2018 年 3 月美国政府宣布将采用白盒设备部署 6 万个 5G 宏站及 5G 小基站，并于年底推出 5G 通信服务。早在 2013 年，欧盟先后启动 METIS 以及 5G PPP 项目，专注 5G 研究。同时，欧洲启动了产学研项目“LAST POWER”，由意法半导体公司牵头，协调来自意大利、德国等 6 个欧盟国家的企业、大学和公共研究中心，联合攻关 5G 通信中的关键功率电子技术。2013 年 9 月，日本设立了“2020 and Beyond AdHoc”项目，支持 5G 技术在未来 10 年的发展。2016 年 1 月，日本总务省成立 5G 技术研究小组，并且由大阪大学牵头，协同罗姆、三菱电机、松下电器等 18 家知名企业、大学和研究中心，建立了“下一代功率半导体封装技术开发联盟”，共同开发适应碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）等下一代功率半导体的先进封装技术，以支持本国 5G 通信技术的发展。韩国是全球最早开展 5G 研究的国家之一，早在 2013 年 6 月，韩国以 SKT 牵头，启动了 5G Forum，汇聚韩国内外知名企业，致力于打造韩国的 5G 产业生态。此外，韩国在 2015 年推出了以 5G 发展总体规划为主要内容的“未来移动通信产业发展战略”，决定在 2020 年全面推出 5G 商用服务，并将为此投资 1.6 万亿韩元。

我国是 5G 通信技术发展较快的国家，在网络建设与构架设计领域已经走在世界前沿，并处于领跑位置，但是在关键上游材料领域依然落后。

#### 1.2 5G 通信技术对相关材料性能的要求

与传统 4G 等通信技术相比,5G 通信技术接入工作器件需满足全频谱接入、高频段乃至毫米波传输、超高宽带传输 3 大基础性能要求,其制备材料则需要具有实现大规模集成化、高频化和高频谱效率等特点。

### 1.2.1 大规模集成化

大规模集成化需要将大量晶体管组合到单一芯片中,在有限的空间实现复杂芯片指令。5G 通信要求通信芯片能够有效利用各频段通信频谱资源(包括:传统通信技术的低频波段、5G 规划的高频波段及更高的毫米波)来提升数据传输速率和系统容量。芯片的大规模集成化是实现全频谱接入的关键性技术工艺。以 5G 手机为例,其应用频段数超过 91 个,每个频段仅射频前端模块需要 9 个运算芯片,需要大量芯片在有限空间内的集成。因此,需要原材料从芯片设计、晶圆生产、芯片生产等各个环节同时满足大规模集成化的需求,比如大的晶圆尺寸、优化的器件结构等。

### 1.2.2 高频化

目前 3GHz 以下的电磁波段基本都被现有的通信技术占据,5G 可用的电磁波段均为 3GHz 以上的高频乃至毫米波段。高频率电磁波段可以提供极大的数据传输速度和容量,但其传输更容易造成路径受阻和能量消耗等问题。实现高频波段在 5G 中的高效应用,需要功率放大器能将通信终端中的信号波放大至所需高频波段内,同时接收高频电磁波信号的终端对高频电磁波具有快速响应能力。因此需要功率半导体芯片对电磁波信号具有较高的接收灵敏度,一是要求金属—氧化物—半导体(MOS)栅极材料具有高介电常数和低介电损耗等,二是需要源极和漏极的材料能够实现载流子的快速响应。

### 1.2.3 高频谱效率

在增强的移动互联网应用场景,互联网设备互联场景,车联网、应急通信、工业互联网等垂直行业应用场景的 3 大 5G 通信应用场景中,提供低延时和高可靠的信息交互能力,支持互联实体间高度实时和精密的业务协作,至关重要。因此需要 5G 器件相关材料具有高速化,能在单位时间和单位频谱宽度内尽可能的传输更多的字节数。初步估计,5G 基站的峰值频谱效率需要不低于 20Gb/s。高频谱效率实现一是需要优化天线布局,二是需要相关材料具有高电子迁移率。

## 2 5G 通信技术主要材料的发展现状

按照 5G 通信技术主产业链进行划分,主要应用关键材料可以分为器件材料、天线材料、光线传输材料和封装材料等 4 大类。

## 2.1 器件材料

### 2.1.1 射频芯片材料

#### 2.1.1.1 主要材料

在 5G 通信技术中，需要大量的中高频器件，主要包含滤波器、功率放大器、低噪声放大器、射频开关等。化合物半导体材料是制备这些器件的核心关键材料。化合物基半导体材料主要包括砷化镓（GaAs）、GaN、SiC 等化合物半导体，具备禁带宽度大、电子迁移率高、直接禁带等性能，可以实现高频谱效率、大频率波处理、低延时响应等功能。化合物半导体材料未来将在 5G、物联网、智能汽车等应用领域得到广泛应用。

#### 2.1.1.2 技术发展概况

化合物材料的制备主要包括纯衬底材料和外延材料。在制造微波射频器件行业，目前主流的应用是以 4 英寸 SiC 外延 GaN 的技术路线。预计到 2020 年，随着 6 英寸 SiC 衬底价格不断下降，6 英寸外延技术将成为未来发展的重点。纯衬底材料在射频器件方面的应用主要是以 GaN 衬底材料的同质外延。目前，主流的外延方法是氢化物气相外延（HVPE）法，主要被日本住友电气工业株式会社（以下简称“住友电工”）和三菱化学公司掌握。我国从事 GaN 衬底外延生长的企业主要是苏州纳维科技公司（以下简称“苏州纳维”）和东莞中镓半导体科技公司（以下简称“东莞中镓”）。虽然我国在化合物半导体材料技术方面起步晚，但是发展迅速。在 GaN 材料方面，我国已经实现 2 英寸年产 1500 片，4 英寸衬底已推出产品，目前正在开展 6 英寸衬底研发。

#### 2.1.1.3 主要市场

据咨询公司（Yole）报道，伴随着 5G 市场的到来，GaAs, GaN 和 SiC 器件的市场需求增加，估计到 2021 年市场规模将分别达到 130 亿美元、6 亿美元和 5.5 亿美元。目前 GaAs、GaN 和 SiC 三种材料的技术和市场主要被美国、日本和欧洲等国家垄断。其中 GaAs 晶圆材料 95% 的市场份额被美国晶体技术有限公司、住友电工、德国世创电子材料公司 3 家公司占有，三安光电股份有限公司（以下简称“三安光电”）、广东先导先进材料股份有限公司等国内企业仅拥有 5% 的市场份额；GaN 材料主要生产企业是美国科锐（Cree）公司、住友电工和日立公司。我国苏州纳维、东莞中镓仅具备初步小规模生产能力；SiC 材料全球 85% 以上市场份额被美国的 Cree 公司和德国的 Si Crystal 公司占据。

### 2.1.2 基带芯片材料

### 2.1.2.1 主要材料

基带芯片是用来合成即将发射的基带信号,或对接收到的基带信号进行解码的关键器件。基带芯片制备用衬底材料主要是元素半导体材料,其主要包括锗、硅和锡等由同种元素组成的具有半导体特性的固体材料。目前在基带芯片制造过程中,硅(Si)晶圆是主流的基带衬底材料,并且发展趋势向着大尺寸、高纯度方向发展。在5G通信技术应该过程中,制程尺寸不变的前提下,增加硅晶晶圆的尺寸则可显著提升芯片的集成度。

### 2.1.2.2 技术发展

晶硅的生产工艺主要有改良了西门子法和硅烷热分解法。目前的集成电路用硅片中,8英寸的硅片占据主流,约40%~50%,6英寸的硅片占据约30%。国际大公司已经研发和推出尺寸在12英寸以上的硅片,并且纯净度达到11个9以上。经过多年的发展,我国半导体材料行业取得了较大的发展,已经研制和生产了4英寸、5英寸、6英寸、8英寸和12英寸硅片,但是产品的结晶度、电子迁移率、载流子浓度等质量和性能稳定性与国外产品还存在的较大的差距。

### 2.1.2.3 主要市场

目前,全球范围内硅片市场依然为寡头垄断格局。据OFweek获悉,全球能制造高纯度电子级硅的企业不足100家,其中主要的15家硅晶圆厂垄断95%以上的市场。以日本信越集团半导体事业(以下简称“信越半导体”)、日本盛高集团、我国台湾环球晶圆股份有限公司(以下简称“环球晶园”)、德国世创公司、韩国LG集团等为代表的晶圆企业几乎供应了全球8成的半导体企业,而且长期处于供不应求的状态。在技术含量更高的12英寸硅片市场,五大公司市场占有率超过了97%,我国近年开始对硅晶圆产业进行布局,但是主要是6英寸及用于光伏电池的一般品质硅片制造技术,8英寸和12英寸的大尺寸硅片对外依存度分别达到86%和100%。据统计,我国8英寸硅片生产线月产能需求约为70万片/月,供应商的产能不到10万片/月,12英寸方面,总产能需求为47.9万片/月,未来5年内将达到120万片,但产能供给为零,全部依赖进口。

## 2.1.3 滤波压电材料

### 2.1.3.1 主要材料

在5G通信产业化过程中,将伴随着大量基站建设和终端的推广应用。因此,需要大量高频滤波器、信号发射器等元器件。滤波压电材料是制造这些器件的关键材料。主要的滤波压电材料包括压电晶体材料、压电陶瓷材料和压电薄膜材料。

其中压电晶体材料包括：铌酸锂(LiNbO<sub>3</sub>)、钽酸锂(LiTaO<sub>3</sub>)、LGS(La<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>SiO<sub>14</sub>)；压电陶瓷材料主要包括钙钛结构矿（钛酸钡、锆钛酸铅）材料、钨青铜结构材料和铋层状结构材料；压电薄膜材料主要是通过化学气相沉积或物理气相沉积的方法制备的压电薄膜。压电薄膜材料被广泛应用于 5G 通信技术中的光纤调制器件的制造。

#### 2.1.3.2 技术发展

经过多年的发展，虽然我国在部分材料实现了生产供应，但是还难以保持稳定的供应，实现高品质量产的企业主要是天通股份。当前滤波压电材料的主要技术被日本企业掌控。我国滤波器材料还是主要局限于国防军工，民用方面的产业供应还是相当薄弱。

#### 2.1.3.3 主要市场

近年来，压电材料在全球每年销量按 15% 左右的速度增长，2017 年全球压电陶瓷产品销售额约达 150 亿美元以上。以压电陶瓷频率元件为例，全球压电陶瓷频率元件的销售达到 168 亿只，销售收入达到 12.5 亿美元，其中，中国的销售可达到 55.80 亿只，销售收入将达到 15.07 亿元人民币。受日本的企业诸如村田制作社、东电化株式会社（TDK）、安化高科技公司（avago）及美国思佳讯公司在滤波元器件在全球强大的市场占有率的影响，目前，上游压电材料的市场主要被日本企业所占据。

#### 2.1.4 微波介电陶瓷材料

##### 2.1.4.1 主要材料

微波介质陶瓷（MWDC）是指应用与微波频段（主要是 UHF、SHF 频段，300MHz~300GHz）电路中作为介质材料并完成一种或多种功能的陶瓷，广泛应用于 5G 通信中的微波器件。微波介质陶瓷的主要材料包括在氧化钡（BaO）—二氧化钛（TiO<sub>2</sub>）系材料、BaO—氧化镧（Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）系材料、复活钙钛矿系材料和铅基钙钛矿系材料。

##### 2.1.4.2 技术发展

微波介电陶瓷具有介电常数高、微波损耗低、温度系数小等优良性能，能满足微波电路小型化、集成化、高可靠性和低成本的要求，随着移动通信和现代电子设备的发展。我国微波介质陶瓷研发起步较晚，在较长的一段时间内只能生产较低介电常数、较低品质因子（Q 值）等微波介质陶瓷，长期以来高品质微波介质陶瓷材料及元器件一直依赖进口。近年来，随着我国在微波介质陶瓷领域的研

究、开发和制造技术的不断进步，移动通信领域急需的中介电常数、高 Q 值的微波介质陶瓷基本实现了国产化。目前国内微波介质陶瓷的研发和生产水平与国际先进水平基本持平。微波介质陶瓷材料已实现系列化，其介电常数范围涵盖 6~150，高 Q 值材料（指  $Q_f > 105\text{GHz}$ ），介电常数大都集中在 10~35 之间。介电常数 25 左右的材料，其  $Q_f$  值已达到  $25 \times 10^4\text{GHz}$ ，35 左右的能达到 105GHz 左右。截至 2017 年年底，针对 4G 通信介质滤波器用的铝酸镧-钛酸锶（ $\text{LaAlO}_3\text{-SrTiO}_3$ ）系和钛酸锆锡（ $\text{ZrSnTiO}_4$ ）系已经实现国产化，技术水平达到国际先进水平，使得移动通信介质滤波器的成本大幅下降，微波介质陶瓷天线每月出货量都是按数百万件计算。

#### 2.1.4.3 主要市场

日前，虽然我国微波介电陶瓷材料研究和制造技术取得较大的进步，但是市场互动还仅限于国内下游企业，目前国际微波介电陶瓷材料 90% 以上市场还是被日本的富士钛工业株式会社、日本化学工业株式会社和日本界化学株式会社等企业控制。位居国内介电陶瓷材料的龙头企业国瓷材料，在国内市场占有率高达 80%，在国际市场的占有率却不足 5%。

### 2.2 天线材料

基站天线是基站设备与终端用户之间的信息能量转换器。大规模天线阵列是 5G 的核心技术。5G 通信技术的推进应用将伴随着的天线基站的密集化建设，因此将带来对天线材料新的需求增长。天线材料主要是 2 大类，一方面是实现芯片和振子发射单元的集成的印刷电路板（PCB）板材；另一方面，主要是以结构为主的天线罩材料，具体包括纤维增强复合材料、陶瓷基复合材料。

#### 2.2.1. PCB 基板

##### 2.2.1.1 主要材料

在 5G 通信技术中，为了降低高频信号的衰减程度，需要减少天线的走线长度，“天线+芯片”集成化技术已是一直以来的发展趋势。在 5G 通信技术建设过程中，不管是基站天线还是终端产品都需要大量的 PCB 板来实现器件的集成。制备 PCB 板主要材料包括有机树脂、增强材料、铜箔、油墨等材料。

##### 2.2.1.2 技术发展

改革开放以来，由于我国廉价的劳动力资源、巨大的市场和优惠的产业政策，吸引不少欧美 PCB 企业来华建厂，带动我国 PCB 制造产业的快速发展。虽然我国 PCB 板产量早已跃居全球第一，但是 PCB 总体技术水平偏低，我国产品主要

集中在 8 层以下的中低端产品。国内的 PCB 板制备技术与先进的日本等国家还存在着不少的差距，尤其是在技术含量较高的 IC 载板方面的国内有较少企业能够进行生产，核心技术主要由日本松下、日本东芝、三星等企业掌握。

### 2.2.1.3 主要市场

在 2011—2017 年间，全球 PCB 产业经历了由欧美到亚洲再到中国的转移发展。从 2011—2016 年，美洲、欧洲和日本 PCB 产值全球占比不断下降，分别由 2011 年的 6.9%、4.6% 和 17.39% 降至 2016 年的 5.08%、3.6% 和 9.7%；中国大陆 PCB 产值全球占有率却不断上升，已由 2011 年的 39.76% 进一步增加至 2017 年的 52.39%。2017 年全球 PCB 产值 588 亿美元，同比增长 8.6%，中国 PCB 产业产值 297.32 亿美元，同比增速高达 9.6%，2000—2016 年间，实现了年复合增速 13.9%，高于世界平均增速。

## 2.2.2 天线罩材料

### 2.2.2.1 主要材料

目前天线罩材料中最常用的两种材料主要是硬聚氯乙烯（UPVC）材料和玻璃钢材料。UPVC 材料又称作 PVCU 材料，通常称作聚氯乙烯（PVC），是由氯乙烯单体，通过加一定的添加剂（主要包括稳定剂、润滑剂、填充剂等）经聚合反应而制成的无定形热塑性树脂。除通过增添添加剂外，在制备过程中可以通过与其它树脂进行共混改性制备，常用的树脂主要包括氯化聚氯乙烯（CPVC）、聚乙烯（PE）、丙烯晴—丁二烯—苯乙烯三元共聚物（ABS）、乙烯—醋酸乙烯共聚物(EVA)、甲基丙烯酸甲酯、丁二烯、苯乙烯三元共聚物(MBS)等。UPVC 材料具有介电常数低，机械性能好，价格经济实惠，容易加工成型，是作为基站材料最常用的材料。玻璃钢/复合材料是通过玻璃纤维增强不饱和聚酯、环氧树脂与酚醛树脂基体进行复合制备。根据所使用的树脂品种不同，主要分为聚酯玻璃钢、环氧树脂玻璃钢、酚醛玻璃钢等。相比 PVUC 材料，这 2 种材料的具有易使用、便于加工、成本低等特点，但是易老化，使用年限一般不超过 10 年。玻璃钢/复合材料具有抗老化，使用年限可达 15 年左右，但是相对加工难度大、成本高。

### 2.2.2.2 技术发展

在 UPVC 材料方面，我国已经掌握了较为成熟的生产技术，除了在通信天线罩应用方面，已经在各种工程塑管、简易房和机械构件方面展开应用。在玻璃钢/复合材料方面，玻璃钢/复合材料的生产主要是通过为拉挤、缠绕、模压、片

状模塑料、液体模塑成型等方法。经过多年的发展，通过引进、吸收和自主创新，我国的玻璃钢/复合材料生产工艺装备、成型技术现已经接近国际先进水平，但是在应用方面还是跟国外存在一定的差距，尤其是在材料的使用标准、服役监测等方面还欠缺。

### 2.2.2.3 主要市场

经过 50 多年的快速发展，我国的玻璃钢/复合材料工业取得了较大的发展，已经发展为新材料领域的重要主导材料，并成为了国家战略性新兴产业之一。国内玻璃钢/复合材料的工艺制备水平已经有了很大的提高，但是与国际先进水平相比，还有一定差距，主要是电子用玻璃钢/复合材料方面。美国在玻璃钢/复合材料方面发展较快，技术最先进，其产量占据着全球总产量的 1/3。欧洲玻璃钢/复合材料产量增长缓慢，但其产品附加值高，曾以全球 22% 的产量，获取了全球 33% 的产值。

## 2.3 光纤传输材料

光纤传输是信息传输的基石，具有频带宽、损耗低、质量轻、抗干扰能力强、保真度高和噪声小等优点。伴随着 5G 通信 Massive MIMO 天线技术的应用和基站的密集化建设，将对光纤传输市场带来新的增长。光纤产业从上游材料到最终光纤光缆的制备完成，主要包括光预制棒制备和光纤光缆制备 2 个环节。

### 2.3.1 光预制棒材料

#### 2.3.1.1 主要材料

光纤预制棒是制作光纤、光缆的重要基础材料。制备光预制棒的核心材料是石英砂材料，制备石英砂材料的主要原料就是高纯四氯化硅。

#### 2.3.1.2 技术发展

光纤预制棒制备技术门槛较高，被誉为光通信产业“皇冠上的明珠”。目前，光纤预制棒的制备技术主要美国、欧洲和日本企业掌握。经过近几年的努力，我国光纤预制棒产业得到的一定的发展，对外进口依赖度有了很大的改善。长飞光纤光缆有限公司（以下简称“长飞”）、烽火通信科技股份有限公司（以下简称“烽火通信”）、富通科技、亨通集团有限公司、中天科技集团等公司，通过国外企业建立合作关系，采取技术引进等方式，实现了光纤预制棒国产化生产，但是核心技术及专利依然被国外企业控制，且在生产效率和生产规模 and 成本控制等方面，依然与国际行业巨头存在较大的差异。

#### 2.3.1.3 主要市场

全球光预制棒的主要市场被美国、欧洲和日本企业控制。我国光纤预制棒主要来自日本和德国，从日本进口量较大。据统计，2017 年全年，我国光纤预制棒进口量为 1 750t，进口额为 2.11 亿美元，其中从日本进口量为 888t，进口额为 1.35 亿美元，占比超过 50%。

### 2.3.2 光纤光缆材料

#### 2.3.2.1 主要材料

光纤制备主要包括预制棒的拉丝、着色、涂覆等工艺。除了常用材料四氯化硅以外，还需要四氯化锗、三氯氧磷、三氯化硼、三氯化铝等试剂，同时还需要一些高纯掺杂剂和一些辅助反应的试剂或气体。

#### 2.3.2.2 技术发展

相比于光预制棒，光纤光缆产业的生产技术门槛较低。目前，光纤的生产已经由原来的拼技术转化为提供生产效率、产品质量、交付能力和性价比等方面。在大力发展智能制造的背景基础上，中国光纤生产企业不断改进和优化生产工艺，与国外巨头的差距已经逐渐缩小，但是整个行业依旧呈现出产业化集中度和智能制造水平不高等特点，企业的自动化生产和智能管理的水平还有待提升。

#### 2.3.2.3 主要市场

我国光纤光缆产值和产量已经跃居世界第 1，中国光纤企业共占据了世界市场的 50% 以上，成为光纤光缆出口第 1 大国。5G 万物物联时代的“基站致密化+前传光纤网络”模式，将推动光纤光缆市场需求迅猛增长。据预测，未来 5G 光纤需求，在不考虑光纤复用的情况下，将达到 4G 光纤光缆需求的 16 倍。据相关研究机构预测，2018—2020 年光纤光临需求分别为 3.8 亿芯 km、4.2 亿芯 km 和 4.8 亿芯 km，增速分别为 28.4%、10.5% 和 14.3%。

## 2.4 封装材料

在 5G 通信中，通讯器材向着微型化和集成化发展，通讯器材单位功耗和电磁辐射将显著增加，对设备的封装导热技术提出了新的要求，封装技术不断的提高，必然要求材料的性能提升。相比于传统的通信技术，5G 通信技术封装过程中，电子材料需要更低的介电常数和介电损耗因子、高耐热性、高导热、高绝缘、与芯片和硅等元器件匹配且可调的热膨胀系数以及优异的化学稳定性和机械性能。在电子元器件封装过程中常用的封装材料主要包括封装基板、塑封材料和金属引线。

### 2.4.1 封装基板

#### 2.4.1.1 主要材料

封装基板是芯片封装体的重要组成材料，可以分为有机、陶瓷和复合材料 3 种。有机封装基板，以聚酰亚胺（PI）、聚对苯二甲酸乙二酯（PET）和聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）等原材料为主。无机陶瓷基板原材料为高化学稳定性、高耐腐蚀性、气密性好、热导率高及热膨胀系数匹配的氧化铝（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、氮化铝（AlN）、碳化硅（SiC）和氧化铍（BeO）等陶瓷材料。

#### 2.4.1.2 技术发展

目前，电子屏蔽导热封装材料的上游核心原材料，尤其是有机高分子材料例如聚酰亚胺膜，导热硅胶等，主要市场和技术被明尼苏达矿务及制造业公司(3M)、莱尔德科技有限公司、德国汉高公司、富士集团等欧美和日韩企业所垄断。国内的代表企业中石科技、飞荣达等主要偏重电磁屏蔽导热器件和应用方案的设计，而关键上游核心原材料生产技术还未掌握。我国在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、SiC 和 BeO 等陶瓷材料制备技术比较成熟，而且已经能够熟练掌握陶瓷表面的薄膜金属化工艺，但是在陶瓷表面的后膜金属化技术方面，还比较欠缺。

#### 2.4.1.3 主要市场

全球封装基板行业基本由揖斐电电子公司（Ibiden）、三星集团（SEMCO）、神钢电机株式会社（Shinko）等日本、韩国和我国台湾地区企业所垄断，目前占据了全球封装基板产业接近 90% 的份额。目前国内主流基板厂有深南电路、珠海越亚半导体股份有限公司（以下简称“珠海越亚”）、兴森科技和丹邦科技，占据市场份额仅为 1% 左右。总体来看，虽然国内封装基板占有率在全球仍处于较低水平，企业规模、技术水平及产品专业性与外资企业相比仍存在一定差距，但提升趋势明显。

### 2.4.2 塑封材料

#### 2.4.2.1 主要材料

常用的塑封材料主要分为是有酚醛树脂、氰酸树脂、环氧树脂、聚酰亚胺、双马来酰亚胺、聚苯醚等。这类材料具有体积小、结构简单和耐化学腐蚀的优点，适合微型化和集成度高的器件封装。

#### 2.4.2.2 技术发展

国内塑封材料相关企业技术上一直偏弱，因此造成产品在高端市场的占有率低。国产塑封材料产品在质量稳定性、粘附性、吸潮性、杂质含量、放射粒子量以及电性能、力学性能、耐热性能等方面还需要进一步改善。除此之外，上下游

产业链之间沟通机制不完善，也是影响国内塑封材料厂商发展的一个重要因素。

#### 2.4.2.3 主要市场

塑封材料以其高可靠性、低成本、生产工艺简单、适合大规模生产等特点，占据了整个微电子封装材料 97% 以上的市场。目前，全球塑封料生产厂家主要集中在日本、美国、韩国、中国大陆及台湾地区，主要供应商有住友电木株式会社（以下简称“住友电木”）、日东电工株式会社（以下简称“日东电工”）、日立化成株式会社（以下简称“日立化成”）、松下电子事业（以下简称“松下电子”）、信越化学工业株式会社（以下简称“信越化学”）、长春集团树脂公司、汉高华威电子有限公司、金刚高丽化学集团、SEMCO、长兴工业股份有限公司、中鹏新材料有限公司、天津德高化成新材料股份有限公司、江苏华海诚科新材料有限公司、北京科化新材料科技有限公司、天津凯华绝缘材料股份有限公司等。

#### 2.4.3 金属引线

##### 2.4.3.1 主要材料

金属引线可以由金、银、铜、铝等不同技术制成，市场上有多种键合线，包括纯金、金银合金、银、银合金、铜、铜合金(包括镀钯铜)、及铝、铝合金线、硅铝等。

##### 2.4.3.2 技术发展

目前，金属引线由于键合丝的生产制程和设备选型已经公司透明化，中国公司和国际大厂不存在大的差距，国内部分键合丝生产企业已经达到国际同等水平，但由于起步晚，键合丝生产企业数量多、规模小，我国企业在品质管控方面主要是产品稳定性、一致性方面还存在着一定差距。

##### 2.4.3.3 主要市场

随着半导体封装业的快速发展，及近几年国内以 LED 为代表的电子材料行业飞速崛起，催生了我国键合丝市场的旺盛需求，推动了键合丝产业的不断发展壮大。全球主要的键合线供应商有贺利氏集团（以下简称“贺利氏”）、日本田中公司、新日铁株式会社、MKE 韩国总公司、康强电子、达博科技、励福实业有限公司、住友化学、喜星电子有限公司（Heesung）、我国台湾乐金股份有限公司、钰成金属股份有限公司等。中国目前有 30 多家键合丝生产厂家包括贺利氏招远贵金属材料有限公司、贺利氏招远（常数）电子材料有限公司、宁波康强电子股份有限公司、杭州菱庆高新材料有限公司、铭凯益电子（昆山）有限公司和山东科大鼎新电子科技有限公司，其中贺利氏在中国的 2 个分公司在大陆键合丝的市

场份额稳居前 2 位。金丝和铜丝产品还是由传统国际大厂（贺利氏、日本田中公司、新日铁株式会社）占有主导地位；在低成本的键合丝市场，本土品牌已经占有一定的市场份额。

### 3 我国 5G 通信关键材料发展现状

#### 3.1 产业基础薄弱

一方面是我国与 5G 匹配的半导体产业链的全球市占率整体偏低。在放大器芯片领域，我国的全球市占率为 12%，只有华为海思和紫光股份有限公司 2 家设计企业；在调制解调领域，我国的全球市占率为 1%，相关企业的产品多用在遥控器等中低端领域；在芯片制造领域，中芯国际是国内龙头企业，但其 28nm 以下的全球市占率仅为 1%，28nm 以上的全球市占率不足 16%；在化合物半导体领域，我国有且仅有一家三安光电制造企业，市占率也仅为 1%。另一方面，我国与国外先进技术差距大。例如在晶圆生产中，纯度为 11 个 9 的芯片用的电子级高纯硅，我国只有江苏的鑫华股份有限公司一家能实现量产，年产 0.5 万 t，但是我国一年需要进口 15 万 t。在芯片设计和制造中，国内只有华为海思一家设计企业实现手机芯片的规模化量产；我国最大代工厂中芯国际的 28nm 和 14nm 制程工艺的市场认可度不高，尚未实现盈利。

#### 3.2 对外依赖性高

一方面是国内关键设备稀缺，生产材料用的关键设备依赖进口。2015 年至 2020 年，国内半导体产业计划投资 650 亿美元，其中设备投资 500 亿美元，在其中 480 亿美元用于购买进口设备，购买设备的投资占比高达 73.8%。决定芯片半导体性能的离子注入机，美国应用材料公司占 70% 的市场份额。涂感光材料用的涂胶显影机，日本东京电子公司的市场份额高达 90%。另一方面产能依赖。例如国内 8 英寸和 12 英寸的大尺寸硅片对外依存度分别达到 86% 和 100%。华为海思设计芯片，但其代工厂却不是国内的中芯国际，而是我国台湾的台积电，台积电几乎拿下了全球 70% 的 28nm 以下的代工业务。

#### 3.3 外部竞争环境严峻

一方面是竞争者对我国研发成果进行市场和技术打压。由于我国在 5G 半导体材料领域的自主研发能力不足，全产业链对外依赖度高，所以我国半导体材料的研发进程还有发展动向对于国外竞争者来说，是几乎完全透明的。2009 年，上海微电子的 90 nm 光刻机研制成功(核心部件进口)，2010 年，美国允许 90nm 以上设备销售给中国。后来中国攻克 65nm 光刻机，2015 年，美国允许 65nm 以

上设备销售给中国。另一方面是利用进出口管制，对我国进行技术封锁。国外竞争者对半导体产业链任一关键环节的进出口管制或者技术封锁，对我国的半导体材料行业都将能造成“卡脖子”的影响。美国领头 40 多个成员国签订《瓦森纳协定》，限制敏感技术和关键设备卖给非成员国，中国是非成员国之一。决定芯片加工精度的核心设备光刻机，全球只有阿斯麦一家生产企业，因为《瓦森纳协定》，我国中芯国际需等到 2019 年才能买到第一台阿斯麦生产的光刻机。

#### 4 我国 5G 通信材料发展主要存在的问题

##### 4.1 关键核心技术还未突破

一方面是在主要上游核心材料关键技术还未突破。一是元器件应用上游材料品质低、稳定性差。例如 GaAs 晶圆，美国、日本和德国已经在微电子芯片级分别开展 6 英寸生产，但是我国仅能生产 4 英寸级的电阻 LED 低端晶片；二是电子屏蔽导热材料，上游核心原材料依然面临技术封锁。国内企业还是以电磁屏蔽导热器件和方案设计为主。关键上游材料的核心技术由 3M、汉高、富士等企业掌握。另一方面在相关材料制备设备依然稀缺。例如光纤产业上游光预制棒生产设备稀缺，造成国内材料生产成本较高，市场竞争力弱。目前，我国虽然已经掌握了制备光预制棒生产技术，实现了部分产品的自给，但是，光纤预制棒生产设备高度依赖进口，其中 80% 的高纯度沉积用和全合成石英套管依赖进口，造成国内光预制棒生产成本较高。

##### 4.2 部分相关产品产能依然不足

一方面在元器件关键材料领域，化合物半导体材料虽然在国内实现量产，但是产能较小。据统计，GaAs、GaN 和 SiC 三种衬底材料的月产量不足 5 万片/月。目前，我国 8 英寸和 12 英寸硅片市场需求约在 500 万片/月，其中功率器件用衬底约为 50 万/片左右。据预测，到 2020 年将有 1/3 的功率器件衬底材料被化合物半导体材料取代，然而，我国半导体衬底材料的需求量至少为 16 万片/月。另一方面在电子封装材料方面，我国一直是消费大国，但是在部分核心上游材料却是进口大国。例如在封装基板材料应用中的 PI 薄膜，我国多数企业生产规模均为百吨级，国外基本都是千吨级。我国仅在中低端聚酰亚胺薄膜及聚酰亚胺纤维等少数领域实现了量产，而高端材料产品稀缺。

##### 4.3 上下游脱节

一是原材料的供应信息不明确，与国外产品相比，国内原材料产品供应时，缺少生产使用的加工标准、参数等信息。下游应用企业在没有使用经验的情况下，

认为冒然使用会在生产上存在较大风险；二是在材料的研发生产和设计指标与下游的应用标准不一致，国内研究机构在材料产品研究推广时，重视性能参数的比拼，忽略生产实用性，导致生产出来的材料无法使用；三是国内生产的相关材料缺少相关第三方认证和科学的评估体系。生产的材料得不到有效的应用检验，导致企业在生产使用过程中缺乏信心，于是宁愿选择价格较高的进口产品维持现状。

## 5 推进我国 5G 通信材料发展的相关建议

### 5.1 加强政府引导，完善产业政策

建国以来，我国一直重视钢铁、有色金属、石油化工和无机金属材料等基础原材料的生产建设，并制定和形成了较为完善的产业政策。然而，电子信息材料方面政策一直滞后于产业发展需求。因此，应该加强政府引导、做好顶层谋划，加大国家政策和资金支持力度，制定信息材料产业发展引导目录和投资指南，强化信息材料创新链和资金链的建设。着力突破关键信息材料产业化发展问题，提高信息材料对信息产业的基础支持能力和国际竞争力。

### 5.2 强化自主创新，突破关键技术

创新是引领发展的第一动力，坚持以创新为主导，鼓励原始创新、自主创新，营造整个行业创新的科学氛围。集中优势科研利用，重点突破信息材料领域中的大尺寸 Si 片，高性能 GaAs、GaN 和 SiC 以及电子封装技术中的上游原材料等关键材料制备技术，减轻我国信息产业对国外高端原材料的依赖度。瞄准国际电子材料前沿技术，在关键领域积极开展相关研究，形成技术优势，提高自主创新能力，夯实自主可控发展根基。

### 5.3 整合优势资源，促进军民融合发展

组织和整合相关优势力量，推动产、学、研、用协同攻关机制和产业联盟的建立，积极吸取和借鉴国外信息材料行业内的先进经验，强化和优化我国信息材料产业链的整合。利用国防技术的牵引作用，大力发展军民两用技术，推动军民技术协同互动、成果双向转化和应用对接。增强国防科技成果向社会的输出供给，充分发挥军民领域的技术的共性而广泛的支撑引领作用，不断促进信息材料军民融合的深度发展。

### 5.4 推进产业协同，促进上下游供需衔接

支持上下游企业成立联合研发机构，联合开展技术攻关，加强上下游企业之间在产品布局期的供需信息流通。鼓励材料、器件上下游企业成立协会、联盟等行业组织，增加材料供应信息的标准化和透明化，形成有效的上下游协同发展模

式，弥补生产应用衔接空缺，缩短轻量化材料开放应用周期。鼓励上下游企业之间进行兼并重组、交叉持股，组建联合企业，实现信息材料与元器件产品设计、系统验证的同步化，同时降低材料进入下游应用市场门槛。

信息来源：新材料产业

# 战略规划

## 13 省市芯片产业规划出炉！四大聚集区齐发力

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》终于公布，集成电路被列为科技攻关的 7 大前沿领域之一。

今年是“十四五”规划开局之年，围绕集成电路的建设正如火如荼地进行。和指明发展方向的《建议》相比，《纲要》提出更多具体的发展细节。此前北京、上海、天津、重庆、陕西、江苏、江西、浙江、贵州、甘肃、宁夏、黑龙江、青海等 13 个直辖市、省及自治区已发布“十四五”规划及 2035 年远景目标纲要，并且均谈及将影响集成电路产业发展的规划。云南、海南、内蒙古等省及自治区则在其纲要中未提及集成电路、芯片相关规划。

### 北京：以设计为龙头，以装备为依托

《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》在 1 月 27 日获批准，从其中相关条例可以看到，北京显然做足了核心技术和产业落地双手抓的准备，将在集成电路等领域支持建设一批概念验证中心、中试转化基地，以打通科技成果转化链条。

该纲要提到聚焦集成电路、新材料、5G 和通信等重点领域，率先组织开展集成电路产业一体突破、关键新材料及器件卡脖子技术攻关、关键零部件和高端仪器设备领域关键核心技术攻关。面向基础前沿布局，北京将加快智源人工智能研究院和微芯边缘计算研究院等新型研发平台建设，打造基础研究多元群落。以大信息、大健康为主导方向，实施底层技术创新突破计划，力争在脑科学、量子信息、集成电路设计等领域取得一批核心技术成果。北京经济技术开发区要制定关键核心领域技术路线图，推动集成电路全产业链自主可控，在车规级芯片等领域实现技术创新突破，以保障核心产业自主可控发展；北京市顺义区聚焦第三代半导体等领域，加强关键共性技术研发、重大技术集成与应用示范。具体到集成电路产业发展，北京有如下计划：1、以设计为龙头，以装备为依托，以通用芯片、特色芯片制造为基础，打造集成电路产业链创新生态系统。2、开发 IP 库和工具软件，建设集成电路装备工艺验证与技术创新平台，建成中关村集成电路设计园二期、中国移动国际信息港、北京经济技术开发区集成电路装备产业基地二期和国家信创园。3、支持先进工艺、制造材料、EDA、碳基集成电路等一批

突破性项目，实施集成电路制造业新生产力布局项目和集成电路装备产业基地项目，支持 8 英寸晶圆产线和 8 英寸微机电系统（MEMS）高端产线落地，夯实“研发线+量产线”协同格局。支持创新企业共同组建光刻机研发中心，积极发展 7/5/3 纳米刻蚀设备、薄膜设备、离子注入机等高端装备，支持光刻机中光学镜头、光源及工件台等自主可控项目建设。

### **上海：建设国家级集成电路综合产业基地**

《上海市“十四五”规划和二〇三五年远景目标纲要》于 1 月 27 日批准，将集成电路列为起引领作用和创新高地发展的三大产业之一。其纲要提到要增强集成电路产业自主创新能力。努力打造完备产业生态，加快建设张江实验室，加强前瞻性、颠覆性技术研发布局，构建上海集成电路研发中心等为主要支撑的创新平台体系。上海拟建立重大战略任务直接委托机制，聚焦重点领域关键芯片、装备、材料研制等国家重大战略任务，采用定向择优或定向委托方式，支持企业等各类优势单位开展关键核心技术攻关，加快在基础性通用性技术等方面形成突破。围绕国家重大生产力布局，上海将推动先进工艺、特色工艺产线等重大项目加快建设尽早达产，加快高端芯片设计、关键器件、核心装备材料、EDA 设计工具等产业链关键环节攻关突破，加强长三角产业链协作，逐步形成综合性集成电路产业集群，带动全国集成电路产业加快发展。促进人工智能深度赋能实体经济方面，纲要提到在智能芯片等领域持续落地一批重大产业项目。该纲要还在持续推进上海自贸试验区改革创新方面，提到探索建立集成电路全产业链保税模式，并提到培育壮大前沿产业集群和新兴业态，聚焦集成电路全产业链环节关键核心技术突破，建设国家级集成电路综合产业基地。同时，上海将开展芯片制造等行业绿色供应链示范试点，提升产业绿色化水平。

### **天津：重点发展 CPU 解决“缺芯少魂”问题**

《天津市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 7 日印发，将自主可控芯片、智能感算一体芯片、5G 射频前端模组、量子科技等新一代信息技术均列为关键核心技术攻关方向。面向制造业，该纲要提出聚焦重点产业和关键领域，构建自主可控、安全高效的产业链。坚持重大项目引领、龙头企业带动，实施串链补链强链工程，集中攻坚集成电路等重点产业链，推进全产业链优化升级。其串链补链强链工程包括“强链”做优、“新链”做大、“短链”延长，其中“短链”延长即包括拉伸补齐集成电路等存在短板和薄弱环节的产业链，完善一批引领竞争力提升的优势产业链。为打造自主创新重

要源头和原始创新主要策源地，该纲要提出重点围绕物质绿色创造与制造、自主可控信息系统（信创）、合成生物学、现代中医药、细胞生态等 5 个方向，对标国家实验室，谋划建设天津市实验室（海河实验室）。其中自主可控信息系统（信创）方向，即在自主基础软件、自主 CPU、信息安全等方向突破自主可控信息系统领域前沿基础和战略必争技术，解决“缺芯少魂”问题，打造自主可控创新高地。天津在滨海高新区建设“中国信创谷”，计划实现硬件链化芯片设计、高端服务器制造等优势，补齐芯片制造、封测、传感器、通信设备等薄弱或缺失环节，建成“芯片一整机终端”基础硬件产业链，实现全链发展。集成电路是天津打造信息技术应用创新产业高地的重点发展产业之一，纲要提出重点发展 CPU、5G、物联网、车联网等领域的处理器芯片设计，在系统级芯片（SoC）、图形处理器（GPU）、可编程逻辑门阵列（FPGA）等领域突破一批关键技术，做强芯片用 8-12 英寸半导体硅片制造，布局 12 英寸晶圆生产线项目。在优化制造业空间布局方面，天津计划在环城四区重点发展集成电路等产业，优先培育新技术业态的前沿产业，打造新兴产业先导区、高端产业集聚区。

### **重庆：优化完善“芯屏器核网”全产业链**

《重庆市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 10 日印发，提到优化完善“芯屏器核网”全产业链，加快集成电路、智能硬件等重点产业培育发展，打造一批具有全国影响力的数字产业集群。

在打造高水平科技创新基地方面，该纲要提到在集成电路等领域创建国家级创新平台，选取若干具有全局性带动性的重大战略产品、关键共性技术或重大工程，大力推进应用基础研究。到 2025 年，市级以上科技创新基地超过 1000 家。新一代信息技术是重庆未来五年的战略性新兴产业重点方向之一，该纲要提到打造半导体优势产品谱系，加快柔性、超高清显示产品研发，增强新型电子元器件配套能力，重点发展内容包括：（1）功率器件、微机电系统（MEMS）传感器、模拟/数模混合芯片、存储芯片、人工智能芯片、硅基光电芯片等半导体；（2）有源矩阵有机发光二极管（AMOLED）、微型发光二极管（MicroLED）等面板及下游，激光显示、激光电视，超高清视频等新型显示产品及内容；（3）高密度、柔性印制电路板、片式元器件、高端滤波器、天馈线等新型电子元器件等。包括化合物半导体材料在内的新材料，以及将重点发展车规级芯片的新能源及智能网联汽车，同样是重庆市接下来的战略性新兴产业重点方向。该纲要还在推动两江新区高质量发展章节，提到依托两江数字经济产业园、礼嘉智慧公园、龙盛智能

智造城等重大战略平台，加快新型显示、集成电路等高端高质高新产业集聚，高水平建设国家级先进制造业创新基地，打造具有全球影响力和竞争力的现代产业集群。

### **陕西：将编制“卡脖子”关键核心技术清单**

陕西《全省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于3月2日发布，提出围绕装备制造、新材料等省内主导产业以及集成电路等标志性产业链，编制“卡脖子”关键核心技术清单，组织实施重点产业链创新工程。在发展新一代信息技术方面，该纲要提出发挥三星、华为、中国电子、中兴等龙头企业带动作用，培育壮大本土高新技术企业，加快构建集成电路、新型显示等完整产业链，积极布局第三代半导体，建设全国重要的新一代信息技术产业基地。提升集成电路产业发展能级，突破前端材料制备及大尺寸晶圆设备产业化，持续扩大闪存芯片制造产业规模，提升功率器件高端化制造水平，争取逻辑代工生产线落地，巩固提升封装测试竞争优势。新材料方面，围绕高纯度氢氟酸、光刻胶等集成电路生产耗材，引进行业先进企业，提高集成电路本地配套率。该纲要提出以西安、宝鸡国家新材料基地建设为支撑，发挥西北有色金属研究院、陕西有色金属集团等龙头企业引领作用，聚焦航空航天、兵器船舶、核电等国家重大战略需求及半导体等民用市场领域需求，发展前沿新材料。新型显示方面，陕西将着力向高端化升级，力争在 OLED 等显示面板、触控面板及显示模组制造等领域实现产业化突破。高端装备制造方面，陕西依托中科院西安光机所、航天五院、中电科二十所、陕西省测绘地理信息局等单位，发展北斗终端、核心芯片研发制造等产业。软件和信息服务业方面，陕西依托华为、中兴、中软国际、阿里巴巴等龙头企业，发展基础支撑软件、集成电路设计等信息服务业。为提升制造业产业链现代化水平，陕西以光伏、半导体等为重点，支持省内企业加强协同发展，提高本地配套率，实现上下游、产供销有效衔接。支持具备条件的企业“走出去”，参与全球产业链供应链整合和治理，加大战略并购力度，不断提升产业链供应链竞争能级。

### **江苏：前瞻布局第三代半导体**

《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于2月26日印发，其中提出全面增强芯片、关键材料、核心部件、工业软件等中间品创新能力，带动内循环加快升级。集成电路是江苏省实施关键核心技术攻关工程的重点领域之一，计划大力发展的战略性新兴产业之一，以及江苏省

提出的“50 条重点产业链”、“30 条优势产业链”和“10 条卓越产业链”之一。在关键核心技术攻关方面，该纲要称力争形成一批具有自主知识产权的原创性标志性技术成果，加快改变关键核心技术受制于人的被动局面，并提出以集成电路特色工艺及封装测试国家制造业创新中心（无锡）、无锡先进技术研究院、第三代半导体技术创新中心（苏州）等为重大产业创新载体。该纲要还提到要大力培育集成电路、新型显示等省级先进制造业集群，到 2025 年，省级先进制造业集群产业规模突破 6 万亿元。为大力发展战略性新兴产业，江苏省将实施未来产业培育计划，前瞻布局第三代半导体等领域，积极开发商业化应用场景，抢占产业竞争发展制高点。鼓励企业兼并重组，积极发展头部企业，防止低水平重复建设、扩张和盲目投资。加快发展数字经济方面，聚焦高端芯片、传感器、操作系统、人工智能关键算法等关键领域，推进基础理论、基础算法、基础材料等研发突破与迭代应用。

### **江西：聚焦 LED 芯片开展核心技术攻坚**

《江西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 18 日发布，称江西省已在航空、虚拟现实、移动底半导体照明等领域取得先发优势。该纲要提到实施产业链协同创新工程，围绕提升“2+6+N”，即有色金属、电子信息 2 个产业主营业务收入迈上万亿级，装备制造、石化、建材、纺织、食品、汽车 6 个产业迈上五千亿级，航空、中医药、移动物联网、半导体照明、虚拟现实（VR）、节能环保等 N 个产业迈上千亿级。集成电路产业方面，江西计划立足前端材料、后端市场等基础，以移动智能终端、可穿戴设备、半导体照明等应用芯片研发设计为切入点，做实产用对接，培育设计、制造、封装、应用产业链，打造全国具有影响力的集成电路产业集群。该省集成电路产业培育工程将以南昌、吉安、赣州等地为重点，加快打造集成电路产业集聚区。加大集成电路研发投入，精准引进集成电路先进工艺生产线及行业龙头企业，提升本地芯片设计、封测等能力。到 2025 年，力争集成电路产业规模突破 500 亿元。电子信息产业方向，该纲要提出重点攻克新型光电显示、印刷电路板、电子材料、智能传感器、汽车电子等领域关键技术，推动光电显示、半导体照明等优势领域取得新突破，促进电子信息产业“芯屏端网”融合发展，积极承接粤港澳大湾区电子信息产业转移，打造万亿级电子信息产业。在这一方向，江西将加快推进南昌高新区、吉安国家新型工业化产业示范基地，以及信丰电子信息、南昌经开区光电、武宁绿色光电、高安光电等省级产业基地建设，重点打造京九（江西）电

子信息产业带，形成移动智能终端、半导体照明、数字视听（智能家居）等规模超千亿产业。新材料产业方向，江西以资源优势为依托，重点发展半导体新材料、前沿新材料等产业，开展关键核心技术联合攻关，打造全国新材料产业重要基地。面向该方向，江西将打造京九（江西）电子信息产业带半导体新材料产业基地，南昌、赣州前沿新材料产业基地。该纲要还提出聚焦 LED 芯片等关键核心技术，开展核心技术攻坚，力争在集成电路、高端精密制造、光学光电、高性能储能材料等领域取得突破，形成一批填补产业链关键环节技术空白的重大成果。在科技成果转移转化能力提升工程方面，江西将扎实推进新一代宽带无线移动通信网国家科技重大专项试点，协同推进极大规模集成电路制造技术及成套工艺项目、高档数控机床与基础制造装备专项。

### **浙江：壮大芯片、元器件和材料**

《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 1 月 30 日通过，提出将聚焦集成电路等十大标志性产业链，全链条防范产业链供应链风险，基本形成与全球先进制造业基地相匹配的产业基础和产业链体系。十大标志性产业链中，除了集成电路产业链外，多条产业链均涉及芯片相关技术。例如，数字安防产业链需补齐芯片等技术短板；智能计算产业链，需做强芯片等关键产品；炼化一体化与新材料产业链，要加快发展高端电子专用材料产业；节能与新能源汽车产业链，需创新发展汽车电子和关键零部件产业。浙江省的深入实施数字经济“一号工程 2.0 版”中，加快推进数字产业化方面，提到加强关键数字技术科技攻关，壮大集成电路、网络通信、元器件及材料等基础产业。在做优做强战略性新兴产业和未来产业方向，该纲要提到加快发展新材料产业，重点主攻先进半导体材料等关键战略材料，培育百亿级新材料核心产业链，建设千亿级新材料产业集群。该纲要还提出组织实施未来产业孵化与加速计划，超前布局发展第三代半导体、类脑芯片、柔性电子、量子信息等未来产业，加快建设未来产业先导区。加强前沿技术多路径探索、交叉融合和颠覆性技术供给，实施产业跨界融合示范工程，打造未来技术应用场景。

### **贵州：研发智能芯片，培育核心零部件**

《贵州省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 27 日发布，提出推进深度学习框架、智能芯片产品研发和应用，培育发展芯片、减速机、传感器等核心零部件及控制系统制造业。

为加快发展大数据电子信息产业，该纲要提出加快推进人行数据中心、华为

鲲鹏服务器生产基地和创新中心、浪潮大数据产业园等建设，重点争取国家部委、互联网头部企业和大型银行等的数据中心落户贵州省，并且加快发展集成电路、新型电子元件与电子材料等高端电子信息制造业，积极引进省外优强电子信息企业在贵州省布局研发制造基地。

### **甘肃：发展半导体材料，提升 IC 生产能力**

《甘肃省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 22 日印发，提出抢抓新一轮科技革命和产业变革机遇，大力发展半导体材料、氢能、电池、储能和分布式能源、电子、信息等新兴产业。

此外，该纲要还提到打造优质供给基地，瞄准国家产业发展需求，提升集成电路生产能力，加强强制育种基地和草业基地建设。在封装方面，甘肃鼓励省内企业走出去，计划引导行业龙头企业多元化开拓中西亚、东南亚、中东欧等市场，深入实施马来西亚集成电路封装等项目，带动装备、技术、服务、人员走出去。

### **宁夏：发展多类重点工程项目**

《宁夏回族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》于 2 月 26 日公开发布。该纲要在数字化发展重点工程项目电子信息制造业方向提到，实施银川经济技术开发区智能终端产业园、鑫晶盛电子材料工业蓝宝石、银和半导体集成电路大硅片、时星科技氮化铝陶瓷基片及元器件、众乾新能源锂电池、康佳银鑫汇智能电子产品、海力电子新一代纳微孔结构铝电极箔、钜晶源压电氧化物晶体、艾威鑫柔性线路板精密电子、罗普特高清摄像头及芯片等项目。

### **黑龙江：建设好碳化硅衬底材料项目**

《黑龙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 3 月 2 日印发。该纲要提出实施好对口合作标志性工程，建设好一批质量高、拉动能力强的重大项目，其中包括万鑫石墨谷、第三代半导体材料碳化硅衬底材料及生产装备等项目。

### **青海：研究推进集成电路硅材料**

《青海省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》于 2 月 4 日批准。在建设科技创新工程方向，该纲要提出研究推进盐湖资源综合开发利用、干热岩综合开发利用、高原医学、集成电路硅材料等实验室和工程研究中心建设。

### **结语：我国集成电路发展正迎来新机遇**

在3月1日举行的国新办新闻发布会上，工信部党组成员、总工程师、新闻发言人田玉龙表示，芯片产业发展面临机遇，也面临挑战，需要在全球范围内加强合作，共同打造芯片产业链，使它更加健康可持续发展。中国政府在国家层面上将给予大力扶持，共同营造一个市场化、法治化和国际化的营商环境和产业发展的生态环境。

另据日经亚洲近日报道，我国可能会在芯片领域建立更严格的国家援助标准，日经亚洲称“工信部公布了一份更严格的税收优惠标准草案”，要求芯片设计公司使用电子设计自动化（EDA）软件、至少50%员工有大学学历、至少50%员工为研发人员，拟议要求还包括研发支出至少占销售额的6%、至少有50%的销售额来自专有设计、拥有8项或8项以上的专利或其他知识产权。芯片制造设备、材料、封测相关公司将受到类似的条件限制。日经亚洲报道提到，该标准预计今年公布。这一消息如果为真，则将意味着我国在大力发展集成电路产业的同时，通过提高援助门槛来尽可能将资金聚焦于真正有技术实力和发展潜力的芯片公司，这将有助于避免一些地方政府盲目扩张和企业投机行为。目前我国有4个主要的集成电路产业集聚区，分别是以上海为中心的长三角区域，以北京为中心的环渤海京津冀区域，以深圳为中心的珠三角区域，以武汉、成都为代表的中西部区域。总体来看，前两个区域侧重集成电路全产业链的构建，珠三角区域以设计为优，中西部区域封测偏强。面对复杂多变的国内外环境，科技创新与自立自强的重要性日益凸显，随着各省市纲要的陆续出炉，我国集成电路发展正迎来新机遇。

信息来源: eeworld

## 浙江省首个集成电路科学与工程学院将成立

3月1日，杭州电子科技大学和绍兴市政府在绍兴市行政中心举行项目签约仪式，双方将联手共建杭州电子科技大学集成电路科学与工程学院（杭电绍兴校区），构建融人才培养、科技创新和成果转化于一体的新型高等教育载体，打造契合国家战略需求的新型新兴学院。这是全国高校为数不多的以“集成电路科学与工程”一级学科命名的新兴学院，旨在培养国家急需的集成电路领域高端精英人才。

去年7月，国务院学位委员会决定设置集成电路一级学科。随后，全国多地成立集成电路相关学院（大学）。如北航微电子学院宣布更名为集成电路科学与

工程学院，南京成立了南京集成电路大学。

根据协议，杭电拟将王牌学院微电子学院主体搬迁至离本部下沙校区 50 公里之距的绍兴越城新校区，利用学校集成电路学科优势，根据绍兴集成电路产业发展需求，构建产学研一体化人才培养体系，实施订单式人才培养管理模式，以集成电路设计与集成系统、电子信息工程、电子科学与技术为主设置本科专业课程，聚焦集成电路、智能传感、新型半导体器件、装备电子、通信技术明确研究生研究方向，同时建设微纳加工、集成电路设计与测试三个科研共享平台，筹建两个国家级科研平台，不断深化产学研合作深度，集中力量攻克卡脖子关键核心技术，奋力打造集成电路人才培养和科技创新的策源地。

据了解，杭电作为我国电子信息类四大名校之一，也是浙江省首批重点建设的 5 所高校之一，其集成电路学科历史悠久、成就辉煌。早在上世纪 80 年代，该校率先在全国高校成立集成电路 CAD、CAE 研究所，长期致力于集成电路科技攻关和人才培养。

近年来随着长三角一体化上升为国家战略，绍兴迎来了多重利好叠加的重要发展机遇期。该市积极对接国家重大战略需求，打造“集成电路产业基地”，中芯国际、长电科技等 50 余个集成电路产业项目在此落地。绍兴正努力提升科技创新能力，打造新旧动能接续转换、集群智造跨越升级的样板城市，争创国家集成电路产业创新中心。

信息来源：新华网

# 行业观察

## 2021 年光通信前景乐观

回顾 2020，DWDM 光器件和模块在 2020 年实现 7% 的增长，传统 10G CWDM/DWDM 光学器件和新的 200/400G DWDM 模块的部署是维持该板块增长的主要原因，光器件公司总体营收仅略低于 2020 年第三季度的创纪录水平。

近期，光通信产业链大部分上市公司已公布 2020 年财务数据。在排名前 15 位的通信服务提供商（Communication Service Providers, CSP）中，有 9 家提供了 2020 年的资本开支预算，与 2020 年相比，这 9 家的预算总额增长了 11%。其中，2021 年预算增长最多的是 AT&T（14%）和意大利电信（46%，因 COVID-19，2020 年支出异常低）。Verizon 2021 年的资本开支预算相比 2020 年基本持平，但随后该运营商表示将在未来三年投资 100 亿美元，确保能利用新拍卖的 C 波段频谱快速部署 5G 网络。运营商在 5G RAN 设备上的投资推动设备供应商 2020 年第四季度营收增长。然而，光传输解决方案收入却急剧下滑，Ciena 和 Infinera 都报告第四季度营收下降。两家公司表示，北美 CSP 需求疲软，抵消了其他市场的增长。相比之下，华为报告 DWDM 端口出货强劲，证实了北美以外地区对光传输设备的强劲需求。

DWDM 光器件和模块在第四季度表现强劲，驱动该板块在 2020 年实现 7% 的增长。传统 10G CWDM/DWDM 光学器件和新的 200/400G DWDM 模块的部署是维持该板块增长的主要原因。来自云计算公司的强劲需求推动了该细分市场的增长。光器件公司的总体营收仅略低于 2020 年第三季度的创纪录水平，LC 通过供应商出货量调查测得的光收发模块销售收入也低于 2020 年第二季度的创纪录水平。DWDM 和 FTTx 收发模块收入的增长被无线前传光学器件需求急剧下降所抵消。传统以太网光学器件和 AOC 的销售也略有下降，但 2\*200G 和 400G 产品出货量持续攀升。

排名前 15 位的互联网内容提供商（Internet Content Providers, ICP）第四季度表现出色，营收同比增长 30%，资本开支同比增长 47%。其中前 5 大关于 2021 年的资本开支计划，有以下声明：

谷歌--“我们预计地面建设和设施装修将恢复到更加正常的步伐，这将转化

为 2021 年资本开支的大幅增长。服务器将继续是技术基础设施支出的最大推动力。”

亚马逊--“基础设施将仍然是我们投资的健康组成部分。（我们的）AWS 业务的使用量和收入都在快速增长。我们正在全球扩张区域，且还有很大的上行空间.....我们绝对不想用完容量。”

脸书--“在数据中心、服务器、网络基础设施和办公设施的建设驱动下，我们预计 2021 年资本支出将在 210-230 亿美元之间（2020 年为 170 亿美元）。2020 年由于大流行对我们建设工作的影响，部分开支被延迟。”

微软--“随着我们继续投资以满足全球对云服务日益增长的需求，预计（2021 年第一季度）我们的资本支出将持续增长。”

阿里巴巴--此前宣布了一项 280 亿美元的多年投资计划，涵盖各种技术开发和基础设施项目。

数据通信设备供应商持续面临增长压力，尽管 Arista 和 Juniper 逆势而上，营收分别增长了 17% 和 5%，但该板块总体营收下滑 3%。

信息来源：讯石光通讯

## 国内半导体进口量暴增 36%

据南华早报报道，国内半导体和二极管进口在 1 月至 2 月期间激增，达到六个月以来的最高同比增长率，其原因是国内的经济复苏推动了对计算机和智能手机等电子产品中使用的核心部件的需求。

据中国海关总署周日发布的数据显示，今年前两个月，中国进口了 964 亿半导体器件，比去年同期增长了 36%。在两个月的时间里，二极管的进口同比增长了 59%，达到 996 亿只。但是，1-2 月半导体进口量环比下降了 11%，数据显示，2020 年 11 月至 12 月期间，国内的半导体进口量为 1083 亿。

2021 年头两个月进口半导体的增长可能部分是由于与去年同期相比基数较低，当时冠状病毒大流行对世界第二大经济体造成了严重破坏。

在进口速度加快的同时，去年下半年开始出现的全球芯片短缺问题最近又阻碍了一些领先的美国和欧洲汽车制造商的生产。此后短缺一直蔓延到消费电子领域，给诸如使用 IC 驱动器芯片的显示面板等产品增加了价格压力。

尽管晶圆厂发誓要迅速提高产能，但业内专家警告说，供不应求不能通过“翻转开关”来解决。

美国半导体行业协会半导体行业协会在最近的一份报告中说：“半导体制造不适合需求的快速和大变动，因为要增加半导体生产需要时间。”

在这种背景下，中美正在探索通过增加政府在国内半导体制造上的支出来更好地保护其半导体供应链完整性的方法。拜登政府正在寻求 370 亿美元的资金，以立法支持美国增强芯片制造。

中国每年的芯片进口额超过 3000 亿美元，已成为世界领先的半导体市场之一。2020 年，在 Covid-19 逆境中，来自中国自己的半导体制造业的收入达到了人民币 8,850 亿元（约合 1,361 亿美元），同比增长 20%，是全球同行的三倍。

资料来源：中国半导体工业协会

## 2021 年 Mini LED 电视出货将激增 20 倍

一直以来，电视的面板几乎是液晶和 OLED 两分天下，而从这两年开始，Mini LED 在当下的热度可以说无出其右，主流厂商的悉数入局使得这一行业“新来者”迅速走向前台，同时被认为有望在今年推动 Mini LED 电视进入商业化元年。

上周，TCL 在 2021 春季新品线上发布会上推出两款 Mini LED 电视，包括作为其彩电旗舰新品的 85 英寸 8K Mini LED 背光智屏液晶电视，加上创维和长虹，2021 年已有三家国内终端品牌推出 Mini LED 电视新品。联系此前 CES 上，包括三星、TCL、LG、海信在内的多家电视企业集中展出 Mini LED 电视，其可以说已跻身为彩电行业当前的现象级产品。

尽管目前的 Mini LED 只存在于背光层面，本质上还是依托于液晶面板，但这也不妨碍它的高速增长。在市场端，多家机构的预测也看好 Mini LED 电视。据奥维云网数据，2021 年 Mini LED 电视全球出货预计达到四百万台，较上一年 20 余万台的规模呈指数级增长。

与之相对，在高端市场已推广多年的 OLED 电视 2020 年全球出货量仅 365.2 万台，迟迟未能取得有效或可感知的突破。同样面向大尺寸和超大尺寸市场的激光电视，尽管近年来持续获得较快增长，但也依然是销量上不足 1% 的“小众”产品。

由此，随着 Mini LED 电视热度不断升温，其能够在彩电市场掀起几分波澜无疑值得关注。毕竟，在彩电行业规模遭遇天花板，整体价格水平处在历史低点的背景下，无论企业或是市场都需要新的故事来注入活力和提升效益！

另一方面，彩电厂商加速推广 Mini LED 电视可能会对 OLED 电视造成一定影响，但更多是丰富高端电视的层次，Mini LED 电视、OLED 电视、激光电视等产品会在高端市场“共存”。对于 Mini LED 电视而言，规模和成本仍将是其成长的关键。

资料来源：触摸屏与 OLED 网

# 研究进展

## 中国主导国际团队研发新型可编程光量子芯片

中国科研人员主导的国际团队在美国《科学进展》期刊上发表论文说，他们研发出一款新型可编程光量子计算芯片，实现多种图论问题的量子算法求解，有望应用在数据搜索、模式识别等领域。

国防科技大学、军事科学院、中山大学、北京量子信息科学研究院等中国科研机构的研究人员与多国科研人员合作，采用硅基集成光学技术，设计并研发出这款新型可编程光量子计算芯片，能够实现多粒子量子漫步的完全可编程动态模拟。

论文第一作者及通讯作者、军事科学院国防科技创新研究院研究员强晓刚表示，该芯片首次实现了对量子漫步演化时间、哈密顿量、粒子全同性及交换特性等要素的完全可编程调控，从而支持实现多种基于量子漫步模型的量子算法应用。

据论文共同通讯作者、中山大学教授蔡鑫伦介绍，光量子芯片技术采用微纳加工工艺在单个芯片上集成大量光量子器件，是实现光量子计算机大规模应用的有效途径。论文共同通讯作者、国防科技大学研究员吴俊杰表示，随着芯片规模及光量子数目的增加，该芯片的计算能力将快速增长，但实现真正实用化的量子计算仍需克服一系列技术挑战。

信息来源：新华社

## 中国科大在单分子精密测量研究中取得重要进展

中国科学技术大学单分子科学团队侯建国、王兵、谭世倬等科研人员发展了多种扫描探针显微成像联用技术，实现了对单分子在电、力、光等外场作用下不同内禀参量响应的精密测量，在单化学键精度上实现了单分子多重特异性的综合表征。这一研究成果于2月19日发表在《科学》杂志上。

精确测定分子的化学结构、识别其化学物种一直是表面科学的核心问题。即使在单个分子层次上，分子结构、电子态及其激发态、化学键振动、反应动力学行为等多维度的内禀属性均表现出显著的特异性。针对分子多维度内禀参量的精密测量是全局性和综合性理解分子特异性的基础，但始终是一个极具挑战性的前

沿问题。在过去 40 多年里，扫描隧道显微术（STM）及其衍生出的多种高分辨的显微成像技术，如 q-Plus 原子力显微术（AFM），已经获得 1 埃量级的空间分辨能力。但是，这些显微技术缺乏化学识别能力。直到 2013 年，中国科大单分子科学团队利用针尖增强拉曼成像技术（TERS），首次实现了亚纳米级的化学识别（Nature 2013, 498, 82），并于 2019 年将该技术的空间分辨推进至 1.5 埃（Nat. Sci. Rev. 2019, 6, 1169），为进一步拓展针对分子特异性的全局表征研究打下了基础。

该团队在前期工作基础上，采用融合 STM、AFM、TERS 等扫描探针技术的策略，发展了 STM-AFM-TERS 联用技术，突破了单一显微成像技术的探测局限；利用这一高分辨的综合表征技术，以并五苯分子及其衍生物作为模型体系，结合电、力、光等不同相互作用，实现了对电子态、化学键结构和振动态、化学反应等多维度内禀参量的精密测量。实验结果揭示了 Ag(110)表面吸附的并五苯分子转化为不同衍生物的机理，其中纳腔等离子激发是导致特定吸附构型下 C-H 键选择性断裂的原因。在技术上，通过集成高灵敏度的单光子计数器，研究团队将拉曼光谱的实空间成像速度提高了 2 个数量级，成功实现了并五苯分子化学反应前后的动态跟踪与测量。结合理论计算，揭示了分子化学反应过程的机理，验证了实验观测结果。

这一融合多维度表征技术策略有望为表面催化、表面合成和二维材料中的化学结构与物种识别以及构效关系的构建提供可行的解决方案，在表面化学、多相催化等研究领域具有重要科学价值。《科学》杂志审稿人评价该技术“将具有跨领域的影响力”（becoming highly influential across the fields）。

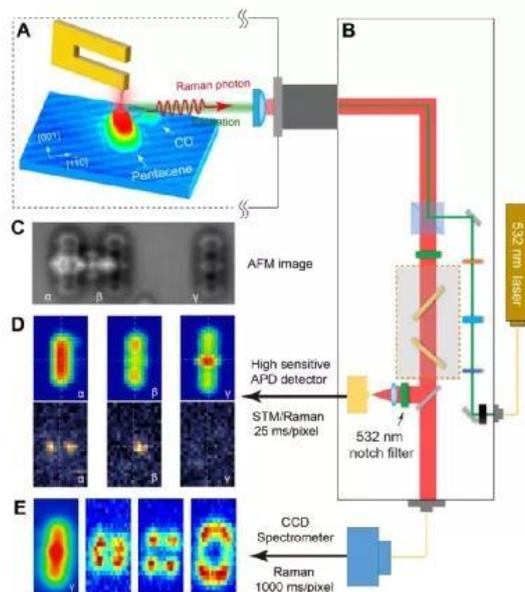


图 1 基于扫描探针的单分子多参量测量示意图：(A) 探针；(B) 拉曼光谱光路；(C) AFM 像；(D) STM 像和利用高灵敏单光子计数器同步采集的 C-H 振动拉曼光谱像；(E) 分子骨架结构的拉曼光谱像

信息来源：中国科学技术大学

## 科学家开发“量子温度计”，超低温也可精确测量

瑞典哥德堡查尔莫斯理工大学的研究人员开发了一种新型温度计，可以在量子计算过程中以极高的精度简单快速地测量温度。这一突破为极具价值的量子计算提供了一个重要工具，并为量子热力学这一激动人心的领域的实验开辟了道路。

量子计算机的一个关键组件是同轴电缆和波导(引导波形的结构)，这是量子处理器和控制它的经典电子设备之间的重要连接。微波脉冲沿着波导传播到量子处理器，并在传播过程中被冷却到极低的温度。波导管还衰减和过滤脉冲，使极其敏感的量子计算机能够在稳定的量子状态下工作。

为了对这种机制进行最大限度的控制，研究人员需要确保这些波导不会因为它们发送的脉冲上的电子热运动而携带噪声。换句话说，必须测量微波波导管冷端的电磁场温度，这是控制脉冲被传送到计算机量子位的点。在尽可能低的温度下工作可以将量子位发生错误的风险降至最低。

研究人员表示，这种新的温度计是一个超导电路，直接连接到被测波导管的末端，其可能是世界上为此目的在毫开尔文范围内最快、最灵敏的温度计，可以在波导的接收端直接测量非常低的温度，其精确度和时间分辨率极高。

标准温度计是发展经典热力学的基础。而研究人员则希望“在未来，(新)温度计会被视为发展量子热力学的关键。”

信息来源：前瞻网

## 基于光偏振的跨洋电缆地震和水波传感

Google 拥有的位于太平洋底部的 10,000 公里长的光纤电缆，加州理工学院，谷歌，以及意大利拉奎拉大学的研究人员合作，使用了 Google 的一根光纤电缆流量数据来测量电缆中的压力和应变的变化。利用这些数据，可以检测到地震和海浪。相关论文发表在《Science》上。

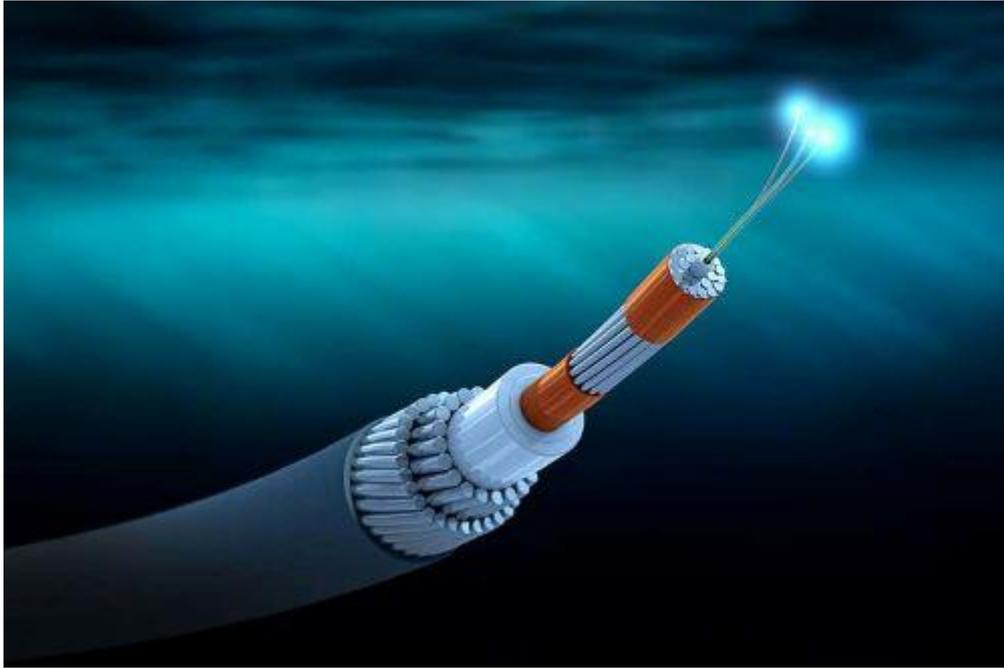


图 2 水下电缆在世界范围内传输互联网流量

海洋是地球物理仪器的一个主要缺口，阻碍了海底地震和地球内部结构的基础研究以及对近海事件的有效地震和海啸预警。这项数据空白激发了许多技术，如海地地震或压力传感器。新兴的光纤传感技术带来了一种可能的解决方案，现有研究人员已经使用往返信号的超稳定激光干涉法，将一条 96 公里长的海底电缆转变为灵敏的地震传感器。另一项技术是分布式声学传感（DAS），它可以查询固有的瑞丽反向散射，并将数十公里的专用光纤转换为海底成千上万的地震应变仪。如果百万公里海底光纤网络中的一小部分可以用作地球物理传感器，那么我们对于海底大部分地区的数据覆盖范围将会大大增加。然而，与陆地上的电缆不同，海底电缆部署成本极高，使用量大，管理严格。因此，DAS 目前所需的还未使用的光纤束（称为暗纤维）很少。一些实际的考虑因素重新大规模并入现有或未来的海底电缆具有挑战性。

这里，研究人员采取了另一种方法，将 1 万公里长的海底电缆“居里”变成了一种既能探测地震又能探测海浪的地球物理仪器。“居里”电缆于 2019 年由谷歌部署，沿太平洋东缘连接加利福尼亚州的洛杉矶和智利瓦尔帕莱索。从北到南，电缆穿过南加州海岸的多个断层，然后三次穿过东太平洋上升沿，到达科科斯板块。电缆的大部分长度位于中美洲和南美洲的俯冲带，距离海沟的海面约 400 公里。沿公海电缆段，平均水深为 4000m，但在海脊和高原附近水深可达 2000m，穿过瓦尔帕莱索附近海沟时水深可达 6000m。在这条路径附近，自 1900 年以来

发生了 50 多次矩震级 (Mw) 大于 7.5 的浅层地震, 其中 10 次大于 Mw 8.0, 地震和海啸已成为巨大威胁。研究人员通过“局里”电缆监视了常规光通信流量的偏振状态 (SOP) 成功地感测了地震波和水波。研究人员发现“居里”海底电缆的输出 SOP 与陆上电缆的输出 SOP 相比要稳定得多, 这是因为绝大多数路径在深海中, 温度几乎恒定, 机械或电磁扰动最小。因此, 靠近居里电缆的地震产生的强地震波或长周期水波可引起明显的、可观察到的 SOP 异常。现已经在 10 毫赫至 5 赫兹波段的电缆沿线探测到多个中到大地震。同时, 还记录了主要微震带中海洋涌浪的压力信号, 这暗示了海啸感测的可能性。该方法由于不需要专门的设备, 激光源或专用光纤, 因此具有很高的可扩展性, 可以将全球海底电缆转换为连续的实时地震和海啸观测站。

这是第一次直接实验证明, 横贯大陆的海底电缆可以通过传感能力用于环境监测, 特别是地震和海浪探测。相干海底电缆 SOP 检测技术显示了光学偏振干涉仪的灵敏度水平。研究人员发现, 通过常规设备监测常规光远程通信信道的 SOP, 检测到 10000 km 海底电缆或 20000 km 往返信道上峰值位移小至 0.1mm 的振动。两个正交偏振的光路中波长变化的分数意味着较高的相对相位到偏振稳定性, 导致相对光路变化优于现已经提出的相关技术。

SOP 体系还有很大的改进空间。例如, 单个海底电缆中 SOP 信道的数量可以与电信信道的数量相同, 约为数百个, 每个光纤束具有多个频率。未来期望通过结合同一电缆上运行的多个转发器的独立 SOP 测量来提高 SOP 信噪比。在高频 (1 至 10 Hz) 降低 SOP 噪声水平, 可以探测到远处地面上地震台无法探测到的小地震, 而在低频 (<0.01 Hz) 下, 可以准确估计大地震的震级并直接观测海啸波。通过适当的定时机制, SOP 系统将能够在第一波到达海底电缆的 30ms 内沿 10000 km 路径的任何地方感测到强地震波或海浪, 这在许多情况下大大快于最近的陆基台站。

信息来源: Science



2021年第3期  
总27期

# 光电科技快报

Opto-electronics Science  
& Tech Letters

中国科学院光电情报网工作组  
地址：武汉市武昌区小洪山西25号  
电话：027-87199007 87199372

