

# 漫谈光通信

匡国华 著



上海科学技术出版社

# 前言

## ——聊聊为什么写这些文章，什么是我的初心

我在微信公众号陆陆续续写了些小文，很多人好奇，后台也有很多留言，汇总起来大致有这么几类：

- 认为我的工作范围有变化，比如之前的同事或者工作伙伴，问“国华你现在专职做培训啦？”没有，这些事纯属业余时间闲写几笔。

- 高校老师和同学，喜欢这些通俗易懂介绍产业的简图。

- 新人通信行业，苦于找不到入门途径的兄弟姐妹们，希望快速便捷地了解。

- 行业里技术大牛、学术大牛太多啦，是真的多，这样的人才都是各自单位的中流砥柱，没有时间来写。对我乐于写字的雷锋精神寄予了表扬和鼓励。

- 质疑派，总认为我有目的，而且是不可告人的目的，看到这些质疑或者讽刺或者打击，心里也不是太好受。

- 淡定派，是这两年我微信群的朋友们，不惊讶我的生活节奏，不惊讶我是个穿高跟鞋、裙子的女汉子，也不惊讶我为什么爱聊这些。

- “国华，天天起那么早，是刻苦？勤奋？努力？”这些词一看就是苦哈哈的，真正的原因只有一个，睡得早。

进入正题，聊聊我的初心，为什么写下这些文字？

- 做让自己快乐和满足的事。我喜欢每天清晨，一杯咖啡、一台电脑，感受着日升月落，风卷云舒，四季交替。

- 我是理工科女生，喜欢理清楚事物的逻辑。看个生活大爆炸，然后满世界地想和人聊聊宇宙大爆炸的那一个普朗克时间、宇宙几点、上帝的容身之所等。我既然工作接触的是光通信这些技术，也就想理解光通信的技术逻辑。

• 做这件事很辛苦吗？

这个怎么说呢，我说乐在其中好像有点矫情哈。累，又不觉得累。和女生逛街一样的累，但也乐在其中。

记得几年前，公司让我了解一下光模块内半导体芯片的工艺过程。我虽整理了洋洋洒洒几十页，其实还是懵懵的感觉。后来去华中科技大学听张道礼老师讲的半导体物理，那个夏天的周末基本都在教室里度过，每逢爱人加班或出差开会，我就要带着孩子去学校。在我孩子给张老师表演了跆拳道、拉丁舞、拼音、绘画各种技艺，吃了哥哥姐姐们无数零食后，我们娘儿俩都收获颇丰，我对半导体的疑问有了一部分答案开心地抓狂，我孩子获赠了一套台湾版的小小牛顿的语音故事和一套小牛顿的儿童科普书籍。

• 我怎么会喜欢写技术？IT圈子是个神奇的世界，这里的男生多，写代码的，画电路的，守着机房祈祷别出bug的，拿起电话重启先试试的，喜欢聊国家大事的，喜欢聊宇宙万物的，喜欢较真一个数字的二进制、十六进制各种表达方式的。

作为这个圈子的少数派女生，虽不惑之年，还是喜欢天马行空地聊聊这些。

我也喜欢首饰，可我的首饰台上是游标卡尺、超声波清洗器、钻石测试仪、尖嘴钳、鸭嘴钳……

这就是我，一个IT圈中的中年女人。闲时喜欢写点文字，可能不成系统，不成章节。

# 目 录

光学发展史	第一章	千百年来的光学大科学家	2
		半导体集成电路的起源	7
		光模块在通信系统中的地位——城门副将	10
		光收发模块及封装	13
光纤	第二章	什么是光纤	25
		光纤传输原理	30
		光纤数值孔径	32
		干线传输光纤设计	34
		保偏光纤、蝴蝶结/领结/熊猫型光纤	40
		非线性效应之一——自聚焦、自相位调制	42
		海底光缆——防鲨/防腐……	45
		模场直径, 麦克斯韦方程组与波动、波导、模式之逻辑	56
光的原理	第三章	DWDM 中如何锁定波长	61
		折射率、相对折射率、相对折射率差、有效折射率	63
		直接调制激光器的啁啾与色散	67
		OTDR、瑞利散射、菲涅耳反射	70
		拉曼效应、拉曼散射、拉曼受激散射、拉曼受激散射放大器	76
		光的传输及色散	81
		光学非线性效应之一——倍频	87

	光电效应	90
第四章	激光器发明里程碑编年	94
	量子阱的前奏——超晶格的发明	97
	BiCMOS 工艺以及半导体产业	99
	CMOS 结构	103
	双极型晶体管, 开关特性	107
	PN 结、P 型半导体、N 型半导体	110
	掺杂、扩散与离子注入	116
	黑磷——比石墨烯还霸气的材料	119
	激光器选择三五族材料的来源	122
	第五章	二极管泵浦固体激光器、808 激光器
SOA, FP-SOA 和 TW-SOA		130
EDF 和 EDFA——吸星大法		132
探测器的几个关键参数		135
PIN, APD 型光电探测器基本结构		138
光电探测器原理 PIN/APD/MSM		142
垂直腔面发射激光器		144
DFB 激光器的发散角、脊波导与掩埋结构的区别		146
量子点激光器——体材料、量子阱、量子线、量子点		149
激光器发光原理的通俗理解		152
为何 APD 的最大输入光功率小于 PIN		154
特种光纤之一——防鼠光缆		159
硅基光源在技术上实现的难度		161
硅光子集成		165

无源器件	第六章	光滤波器——介质膜滤波、FP滤波	169
		MEMS 以及 MEMS 在光学上的应用	172
		阵列波导光栅	175
		什么是硅波导? 与光纤耦合很难	177
		光衰减器	178
		光纤连接器中的陶瓷插芯	182
		美丽的单行线——光隔离器	185
		活动连接器端面——PC, UPC, APC 等	187
工艺和测试	第七章	关于 193 nm 光刻光源经久不衰的原因	192
		英特尔半导体 14 nm/16 nm 工艺中的 FinFET	194
		半导体芯片制造流程与设备	199
		光模块测试之——眼图模板	207
		光模块测试之——光功率、灵敏度、饱和来源	210
		光模块测试之——消光比的意义	214
		光通信测试之——眼图滤波器的意义,接收机的带宽选择	216
		光模块测试之——消光比、平均光功率、光调制幅度光功率	220
调制和传输格式	第八章	光的调制格式与复用模式	223
		直接调制与电吸收调制	231
		DP-QPSK	233
		伪随机二进制序列 (PRBS) 码型发生器	236
		PRBS 之——触发器、非门、与非门	240
		什么是 PAM-4	244

<b>光器件封装</b>	第九章	光器件封装工艺之一——Lot、Wafer、Bar条、Die、Chip的区别	247
		光器件封装工艺之二——金丝键合	250
		光器件气密封装之一——玻璃封装、COB树脂密封	254
		10 G, 25 G, 100 G光器件用的封装——金属陶瓷	256
		TO与蝶型封装, TO38, TO46, TO56	262
		热电制冷器、帕尔贴效应、热电效应	264
		激光器TO的透镜, 球/大球/非球透镜	267
		光器件的激光调整焊	271
		传统同轴光器件TOSA, ROSA, TRIOSA……	274
<b>光模块</b>	第十章	跨阻放大器(TIA)	279
		光收发模块2R与3R	283
		光模块的多源协议	286
		激光驱动器, 为何选择差分驱动	288
		激光驱动器	292
		为何光模块要做自动光功率控制电路	295
		光模块数字诊断8472协议的前世今生	297
		传统波分与光传送网的区别, 80波与96波怎么数	301
		100 G光模块, 线路侧和客户侧	302
		无源光网络(PON)点对多点为什么需要突发功能	307
	光纤宽带通信(FTTx)与PON	310	
<b>标准</b>	第十一章	10 G PON模块标准	
		——对称与非对称/XG-PON/XGS-PON	317
		FSAN组织与标准	319
		SFF协议树	321
		ITU组织架构与标准树	336

市 场	第 十 二 章	硅光子新闻,美国 AIM、德国 SPEED、欧洲 IMEC、 日本 PECST 等	347
		更新光通信市场之——光纤光缆	348
		光通信市场盘点之——全球及中国电信业	351
		光通信市场之——光模块、光器件厂家财报	352
		光收发模块的市场分析	354
		两则美国报道,光子集成上千光学阵列和光电集成 调制解调器	356
		盘点 2015 年全球半导体市场、产能、并购案	358
		2015—2022 年光子集成电路行业分析报告述评	362
		缩略词对照表	365