

# 学习总结

北京大学 2013 硅基光电子技术及应用暑期学校

北航 王坤博 (#56)

去年（2012 年）夏天，一个偶然的的机会，从网上看到了“北京大学 2012 硅基光电子技术及应用暑期学校”的通知。打开通知网页，发现是我仰慕已久的周治平老师主办的课程学习。当时非常兴奋。因为我从 2010 年就开始进行硅基器件的研究，对硅光电集成的优势非常感兴趣。然而，当我看到通知的时候，已经是七月份，授课开始了，我错过了暑期学校报名的机会。当时，非常想去旁听。由于北大严格的检查制度，没能进去授课所在教学楼。感到非常遗憾。当时就决定，明年的硅基光电子技术及应用暑期学校一定要参加！2013 年上半年，我就一直在网上关注暑期学校的通知。果然，功夫不负有心人。六月份的时候，我如期等到了暑期学校的报名通知。我满心欢喜的报了名，有幸通过了老师们的资格审查，被录用为北京大学 2013 硅基光电子技术及应用暑期学校的学员，终于如愿以偿！2013 年 7 月 8 日，开始了为期两周的学习。

第一天的开幕式，是王启明院士的开幕致辞。短短的半个小时，我却一直处于兴奋的状态。接下来第一个报告就是周治平老师的讲座。虽然之前就听过周老师的报告，这次却增加了很多新的内容。周老师的报告由浅入深，将我们领入硅光子学科学技术的大门。其中提到的硅基波导、硅基调制器、硅基微环等器件，我在这两年的课题研究中也都有涉及。有些之前感觉模糊的问题，在听了周老师报告后有了新的认识和感悟。

现在，暑期学校已经过去十来天了，明天就结束了。在这里，我不能一一针对每个报告的收获进行详细描述，就我印象最深刻的三个进行总结。

中科院半导体所杨林老师的讲座是第二天的上午。杨老师的讲座题目是《Silicon photonic devices for optical interconnects and optical computing》。主要讲述硅基光纳米器件在光互连和光计算方面的应用。应用硅基纳米波导微环研制光学路由器、光学调制器、复用/解复用器以及光学导向逻辑器件。在听杨老师的报告之前，我只知道硅光子学在光源、探测器、调制器、光开关等方面的应用，还是第一次知道硅光子器件已经被应用于研制光学路由器、光学导向逻辑器件和光学向量矩阵乘法器等。其中，给我印象最深刻的是利用光学环形腔作为微分器、2x2 定向耦合器作为减法器、Y 分支作为除法器，从而组成了一个时域微分功能器。硅基如此强大的功能，让人觉得它已经开始逐步取代传统的电子器件了。

第二个印象最深刻的当属台湾大学的林清富。林老师不仅在光电子学领域造诣深厚，还出版了两本文学著作，这首先就让人产生了仰慕之情。林老师的讲座题目是《IC Process: Past, Current, and Future》。在讲座开始时候，林老师就以“人类科技起源”为问题，与同学们进行互动。接下来，详细讲述了第一个晶体管、第一块集成电路（IC）的发展。

每一部分学术内容的讲述中都列举了领域中的 Nobel 奖获得者以及他们的故事。讲述过程生动有趣，给我很大的启发，整个课堂的氛围非常活跃。在此之后，林老师讲述了基于硅基材料的集成电路是如何从最开始的几个  $\mu\text{m}$  的加工极限，逐渐提高到几十个  $\text{nm}$  的加工精细度，并详细描述了如何用  $193\text{nm}$  的紫外光照实现  $22\text{nm}$  的光刻线条宽度：Phase-shift Mask、Immersion lithography、双掩模曝光等技术。虽然这些技术之前没有接触过，听了林老师的讲述后感觉非常清楚明了。林老师还讲述了 3D-IC 结构的构想，可以应用 3D-IC 实现多器件的集成，从而提高集成度、减小器件体积。最后，结合硅基光子学，林老师系统阐述了硅基光电子的一个发展趋势和面临的挑战，给大家一个发人深省的结尾。整个报告非常引人入胜，充满了老师与同学间的互动，让大家从不同的角度思考问题，扩展了视野。

还有让我印象最深刻的就是浙江大学的戴道铎老师。我知道戴老师是从他与何塞灵老师合著的《微纳光子集成》这本书开始的。这本书言简意赅，知识面丰富，由浅入深，给我很大的帮助。戴老师应该是这次暑期学校中较年轻的一位报告人。虽然不满四十，成果确是惊人的。之前就阅读过戴老师的很多论文成果，所以对这次讲座充满了期待。结果，收获更是大于期待。戴老师共进行了两次大的报告，我都一字不落的接收进大脑了。戴老师主要讲述了几大部分。第一，低损耗波导。低损耗的 SOI 波导主要通过两种方法实现：浅刻蚀和间接刻蚀，损耗可以降至  $0.3\text{dB/cm}$ ，比传统的硅基纳米线波导损耗低了一个数量级。其中，浅刻蚀是几乎完美的方案，它可以研制硅基调制器等，可能的弱势是浅刻蚀的 TM 模式传输损耗较大，然而利用这一点可以研制单偏振波导。间接刻蚀虽好，只是做单一波导还可以，若是用其研制调制器等器件则不大可能了。低损耗波导还有氮化硅条形波导。它的损耗可以降低到  $0.1\text{dB/m}$ ，比二氧化硅波导损耗还低一个数量级。因为我的课题是谐振式集成光学陀螺，所以对低损耗的波动非常感兴趣。氮化硅波导还没有大规模应用的主要原因可能在于相关耦合器较难实现。戴老师还讲述了他分析的关于“光子晶体的小尺寸集成的优势”的问题。虽然光子晶体可以实现  $90^\circ$  反射镜，然而，用光子晶体加工器件并不一定比亚微米 SOI 要小。这是因为，光子晶体形成的光波导相邻之间的距离比 SOI 大很多，以避免相邻波导的光传输串扰。当然了，戴老师也指出，在光学微腔、慢光效应、反射镜等方面，光子晶体具有它独特的优势。这一部分的介绍告诉我们，不要盲目跟随别人的脚步，有时候需要停下来思考一下，对相关问题进行较详细分析，弄明白现象的根本原理。戴老师一大成果是研制出偏振分离器和转换器。尤其是基于定向耦合器的偏振分离器。当两个不同宽度的波导相邻耦合时，会发生偏振态分离的现象。其中从窄波导输入的  $\text{TM}_0$  光会以  $\text{TM}_1$  光的形式耦合进相邻的宽波导中。利用这一特性，以及弯曲波导模式转换的特性，研制出偏振分离器。经过对这一现象进行扩展，研究了偏振分束旋转器。不管输入是什么偏振的光，输出都是 TE 光。最后还介绍了一个新的概念：模式解分复用器。这些器件对于我来说都是全新的概念，从戴老师角度讲出来，是一个想法或角度的问题，这给我很大启发。戴老师的

整个讲课过程，都贯穿了“很有趣、很好玩、有意思的现象、换个角度、逆向思维”等词语，说明戴老师对科学研究很感兴趣，喜欢动脑筋，转换思维，并且善于观察和总结。这些是一个科学工作者应该具备的素质，我从戴老师身上深刻体会到了。

除了以上这几位老师，其他的例如陈宝钦老师、苏冀凯老师、王兴军老师、李志远老师、Wada 老师、以及 PKU-NUT Joint Workshop 的所有老师，他们的讲座同样让我受益匪浅，都是他们研究的精华。他们肯耐心向我们讲述，并循循善诱，教给我们如何从事科研，这是从书本上学不来的。这里，我仅代表我自己，对这次暑期学校的所有老师致以最崇高的谢意！

暑期学校就要结束了，我却感觉意犹未尽。这次暑期学校让我学到了很多，收获非常丰富。希望硅基光电技术及应用暑期学校继续开展，让更多地学生受到启发，让硅基光电领域越来越壮大！

北航 王坤博（#56）