

液晶电子学基础和应用

〔日〕佐佐木昭夫 等著

赵静安 郑仁元 杨青基 译

科 学 出 版 社

1985

内 容 简 介

本书主要介绍液晶在电子学中的应用。全书分基础知识和应用技术两大部分,分别介绍了液晶物理、液晶材料和液晶的驱动以及液晶在显示方面的应用的最新技术进展。在每一章之后,都指出了新的研究课题和展望。

本书适宜于有关科研人员、工程技术人员、大学教师和研究生、高年级学生阅读、参考。

佐佐木昭夫

液晶エレクトロニクスの基礎と応用

オーム社, 1979

液晶电子学基础和应用

〔日〕佐佐木昭夫 等 著

赵静安 郑仁元 杨青基 译

责任编辑 魏玲 李立

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年3月第一版	开本: 850×1168 1/32
1985年3月第一次印刷	印张: 8 3/4 插页: 1
印数: 0001—7,200	字数: 224,000

统一书号: 15031·632

本社书号: 3893·15—7

定价: 2.50元

中译本前言

近十年来，液晶在电子学方面的应用已形成一门新兴技术。在这个技术领域里，日本处于领先地位。本书是由几位专家分写不同专题，由日本京都大学教授佐佐木昭夫编著的。他们力图反映这个领域中的最新技术进展。

已出版的有关液晶专著约有二十余本，而针对液晶在电子学方面的应用则是本书之所长。本书在取材、编排和写法上有些特点，分基础和应用两部，在液晶基础知识中包括液晶物理、液晶材料和液晶的驱动。这与其他专著不同，主要是服务于应用。这样取材，虽然不如其它专著系统和深入，但对应用来说，这些都是必要的基础知识。如果需要深入，本书给出了大量的参考文献，可供查阅。应用部分的取材，皆属当前最新应用技术课题。在本书每一章之末，还指出将来的研究课题和展望。

本书适用于有关科学技术人员和高等学校教师、研究生和高等院校学生阅读、参考。

本书初稿由郑仁元同志（第一至六章）和杨青基同志（第七至九章、附录）译出。赵静安同志仔细校阅了全稿和清样，对原书中的一些问题做了订正，编制了名词索引。由于译者水平有限，不妥之处在所难免，请读者批评指正。

译者

一九八四年七月

中译本序言

中国关心液晶的各位朋友们：

我们已经得知赵静安先生等将我们所编写的《液晶电子学基础和应⽤》一书译成中文，在此向赵先生等表示感谢，同时也对他们决定把这本书译成中文感到荣幸。

同固相、液相、气相对应，作为第四相的液晶，在世界上是普遍地存在着。但是，在这方面，人们还存在着许多不懂之处。本书主要就用于显示的热效液晶的基础和应⽤问题，分别介绍了笔者的实验和经验，而这些仅是液晶大领域中的一部分。若本书通过赵先生等的翻译对有关的朋友们有所帮助，我将感到非常高兴。如果在内容上有不当之处请指教。

佐佐木昭夫

1983年1月

前 言

可以毫不夸张地说，现代“电子学”是在半导体材料的基础上建立起来的。如今，有机材料“液晶”能在电子学领域里占有很大位置，也是个意义深远的事情。另外，它在图象工程、分子物理学、有机化学以及生物化学等跨学科的研究中也取得很大成就。

本书是为了那些对“液晶”感兴趣并开始学习有关这方面知识的人和从事这方面的研究人员而编写的。首先在绪论中介绍了有机材料“液晶”是经过怎样过程与“电子学”发生联系的。其次，分别在第一、二、三章中介绍了三个方面的内容：为了了解牵涉到很多学科领域的液晶，而从物理学观点介绍了它的物性；从化学观点介绍了它的化学性质；从电子学观点介绍了它的驱动方法。这三章同绪论结合在一起构成了基础篇，这些内容的目的在于说明液晶的历史和它的基本的物理性质与化学性质，以及使读者了解让液晶运动时必然碰到的驱动方法。

另外，又把下列内容作为应用篇。对液晶应用得最广泛的几个方面：钟表显示、电视显示、大屏幕显示、彩色显示以及光电子学等分别作了说明。

由于液晶适用于采用集成电路的电子仪器，而且可以在低电压和低功耗的情况下进行工作，因此，它最适用于便携式超小型电子仪器的显示部分。在最初开始研究这门学科时，有一个时期，液晶的可靠性曾受到怀疑，但随着技术的进步，以及液晶具有一种其他材料所没有的特性，才发展到今天的程度。和其他材料的显示功能相比，液晶还有一个特点，就是它具有被动发光的性质，虽然在显示时有难于看到的一面，但不会使人们的眼睛感到疲劳。也是由于这个特有的性质，液晶不仅适用于小型显示，人们

对于液晶用于中型的、大型的显示技术也正在大力进行研究。另外，大部分的生物膜都是由液晶构成的，所以，人们把液晶应用于显示以外的领域寄予很大的希望。如果，这本书能对于愿意从事这些很有兴趣的领域的研究者有所帮助，笔者将甚感荣幸。

由于这是一门新的学科领域，在本书编写过程中难免在用语方面有些不统一之处，希望今后学术界能进一步把这些用语明确、统一起来。

本书所使用的实验结果、照片和图示，许多是来自笔者的工作，也有许多是取自国内外尽可能新的材料。

一些朋友对于上述有价值结果在本书公开发表给予大力的协助，在此与笔者一同向他们表示谢意，在本书中理应把他们的名字一一列出，但因人数较多，难以办到，敬请原谅。

日本的液晶研究，目前已拥有相当充实的研究环境，本书就是在这样的环境中诞生的，从这个意义上讲，还要感谢在这个领域里作出贡献的先辈们。

本书不仅仅是笔者和编者所能完成得了的，还要对オ-ム社各位表示感谢。

最后，本书内容方面不当之处，望读者给予指教。

编者

1979年春

目 录

基 础 编

绪论 液晶与电子学	1
0.1 液晶与显示电子学	1
0.2 液晶电子学及其背景	5
0.3 液晶与电子学的未来	9
第一章 液晶的物性	11
1.1 引言	11
1.2 液晶的物性基础	11
1.3 液晶排列的不稳定及转变	26
1.4 液晶排列和基片表面	34
1.5 液晶的各种电光效应	40
1.6 液晶的其他效应	52
1.7 今后的课题和展望	54
引用文献	55
参考文献	57
第二章 液晶材料	58
2.1 引言	58
2.2 液晶类型及其分子结构	58
2.3 影响液晶特性的结构因素	69
2.4 混合系液晶	83
2.5 今后的课题与展望	93
引用文献	95
第三章 液晶驱动方式	97
3.1 引言	97
3.2 液晶显示的种类和基础	97
3.3 段显示驱动	105
3.4 矩阵显示驱动方式	111
3.5 各种射束寻址显示方式	121

3.6 今后的课题和展望	125
引用文献	126

应 用 编

第四章 钟表显示	127
4.1 引言	127
4.2 数字钟表概要	127
4.3 钟表用液晶显示	132
4.4 其他钟表用显示	142
4.5 今后的课题和展望	145
引用文献	145
第五章 台式电子计算机显示	146
5.1 引言	146
5.2 液晶显示装置的设计方案	147
5.3 今后的课题与展望	169
参考文献	169
参考资料	170
第六章 电视图象显示	171
6.1 引言	171
6.2 液晶电视图象的显示特点	171
6.3 液晶电视图象显示方式	172
6.4 电视图象显示实例	179
6.5 今后的课题与展望	182
引用文献	183
第七章 大型显示	184
7.1 引言	184
7.2 大型液晶显示的特性	184
7.3 大型液晶显示器件	185
7.4 投影显示	193
7.5 其他	195
7.6 将来的课题和展望	195
参考文献	197

第八章 彩色显示	198
8.1 引言	198
8.2 液晶彩色显示基础	198
8.3 电控双折射 (ECB) 方式	202
8.4 多色性方式	210
8.5 扭曲向列型 (TN) 方式	216
8.6 胆甾型方式	220
8.7 其他方式	223
8.8 将来的课题和展望	223
引用文献	224
参考文献	225
第九章 光电子学和液晶	226
9.1 引言	226
9.2 液晶快门	226
9.3 液晶调制器	228
9.4 液晶空间调制器	229
9.5 液晶光偏向器	232
9.6 光集成电路和液晶	233
9.7 将来的课题和展望	234
引用文献	234
参考文献	235
附录	236
A.1 液晶显示器的特性和测量方法	236
A.2 有关液晶显示的专利 (日本)	239
A.3 液晶物质处理上的注意事项	240
A.4 液晶物质一览表	245
参考文献	260
A.5 排列和取向	261
索引	262

绪论 液晶与电子学

0.1 液晶与显示电子学

1961年，在美国无线电公司（RCA）普林斯顿研究所，一个年轻的技术工作者即将完成他的博士学位答辩。在这以前，他从事微波固体元件研究已有两年了，曾相继发表了一些新的见解，也很理解这是一个很有吸引力的研究领域。所以，在取得学位过程中，从未考虑过要脱离这个学科领域。

那时，他有一个朋友在有机半导体方面从事一项很有意义的研究工作。在上下班的路上，他的朋友向他讲述了所要去做的工作，这使他发生了浓厚的兴趣。于是，他面临着两种选择：是继续留在自己已经有所成就而且可以顺利地继续其研究的微波固体器件领域，还是改行去搞自己一无所知的有机化学呢？这时，他的上级也劝告说：“请你想一想，从事这样全新工作的机会是不会再来的。把撰写学位论文的这段时间有效地利用起来，做些其他工作。微波固体器件是很好的专业，然而有机半导体也很有发展前途啊！”就这样，他改变了自己的专业。这位电子学专家，进入有机化学领域仅一年，就发表了五篇论文，其中就包括有几种新发现的现象。当时，激光已经出现并引起了研究所的重视。他也想承担一些任务。那时，激光调制器利用的是泡克尔斯（Pockels）效应，一直以KDP、ADP、ZnS、CuCl等来进行实验。他想，有机物与这些无机物不同，能按需要进行合成，若再把分子排列控制得当，可否得到泡克尔斯效应较强的物质呢？当时，人们对这种想法并不感到兴趣，但是，他决心把它作为问题来考虑。从手册中选出了适当的物质，如环六亚甲基四胺（hexamethylene-tetramine）等，开始了实验（就在这时，珀杜大学从事有机半导体工作的有机化学家也参加进来，负责有机材料的晶体生长）。

这种物质，虽因显示出很强的泡克尔斯效应而引起浓厚兴趣，但它是很软的水溶性物质，所以，与其把注意力集中在立方晶体结构物上，还不如把注意力集中于单斜晶体结构的化合物上。同时，通过这种实验还觉察到，电光效应（外加电场使光学特性（如反射系数）发生变化的效应）是以给出物质的电磁波（也包括光）的吸收波长和折射率关系的经典塞尔迈耶尔（Sellmeier）方程式为基础，与分子斯塔克效应¹⁾相联系。可以认为，这是大部分物质的泡克尔斯效应很弱的基本原因。也就是说，即使施加 10^5 — 10^6 V/cm 的外部电场，但若与晶体内部电场相比，还小好几个量级。因此，分子斯塔克效应很小。于是他开始考虑，是否存在借助外部电场来控制物质中局部电场的方法呢？他对该研究所另一位化学家所做的、在外电场作用下向列型液晶取向问题的实验产生了很大兴趣（此人成为新事物的先驱者，观察到了很有趣的效应）。他想，向列型液晶中的局部电场，是否由作为外加电场函数的分子排列所决定呢？为了搞清这个问题，把颜色鲜明的染料与向列型液晶混合，置于具有透明电极的两个平板玻璃之间，放在可加热的显微镜下。因为当时还没有在室温下呈液晶状态的向列型液晶，所以加热是必要的。在施加几伏电压时就发现，液晶盒由红色变为无色，是外加电压的函数，而且很快就了解到，加上偏振片时这种效应就更明显。液晶盒以 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率工作，在低于 10 V 的电压下便可成为颜色开关。这是否已临近挂壁式平板彩色电视的目标？他卷入兴奋的漩涡之中。那时正是 1964 年的秋天。

这个人就是液晶显示器件的先驱者海麦尔（G. H. Heilmeyer）。在上下班的路上，对他谈起有机半导体，使他产生浓厚兴趣的是哈里森（S. Harrison）。来自珀杜大学、加入到他们之中的有机化学家是哥德麦切尔（J. Goldmacher）。研究外电场作用

1) 分子斯塔克(Stark)效应，把物质置于电场中时，由于电子轨道受到影响而使能级发生位移的效应。因此，光的吸收光谱发生变化，发光的波长也发生变化，或者是使简并的电子能级解除了简并。

下向列型液晶取向的另一个先驱者是威廉斯 (R. Williams)。下面引用一段海麦尔的回忆录¹⁾。

“发现这个新效应后，几天来，我们（海麦尔等）埋头于新光学效应的表演，请我们的上级——研究所的所长们来观看，然后又返回到更艰苦的工作上来。因为我们原来的研究是，借助为“主”的向列型液晶取向，使为“宾”的染料产生很大的斯塔克效应。可是实际实验却是，为“宾”的染料跟着为“主”的向列型液晶取向，由于染料是多色性的，当用电来改变取向时，吸收光谱就发生变化。因而虽然可以看成是颜色转换，这与最初的想法不同，所以没有注意。可是以后的实验说明，在电极表面上附加一组偏振片和检偏振片，或者只通过偏振片来观察，不仅搞清了向列型液晶也有光转换效应，还搞清了具有负介电各向异性的向列型液晶还有更有趣的效应。即所用的外加电场不是用来控制取向，而是液晶本身发生由透明到呈乳白色的剧烈紊流状态。这种乳白色，是不用偏振片也能观察到的纯粹光散射效应。这正是最引人注目的、可以用电来控制反射光方法的重大发现。我们给这个效应起了个有魅力的名字，命名为动态散射 (dynamic scattering)。这样一来，1964年对我们来说就成了非常兴奋的一年。此外，在提高反射效应的实验过程中，曾把胆甾型液晶混入向列型液晶之中，从而发现了其他新的电光效应。这就是既能用直流电场使液晶成为乳白色，而且可以长期保留其状态，也能用高频电场使其恢复到原状态的存贮效应。

“动态散射模式是非常重大的发现，所以制造室温下工作的液晶就成了当务之急。由于几个同事在这个问题上积极配合，在较短时间内研究出了西夫碱 (Schiff's base) 向列型液晶混合方法，制造出所需要的液晶。在研制材料的同时，还与扎诺尼 (L. Zanoni) 合作，开始了动态散射方式的器件的试制工作。数字、

1) George H. Heilmeyer, Liquid Crystal Displays, An Experiment in Interdisciplinary Research that Worked, IEEE Trans. Electron. Devices, Vol. ED-23, No. 7, pp. 780—785, July, 1976.

文字显示器件，用电改变透明度的窗玻璃（液晶窗）、静止画面显示装置、液晶钟表、驾驶台液晶显示装置等都相继出现。这些试制品虽不成熟，但却使大家都很兴奋。那时，公司将这些显示方式一直作为企业秘密而禁止发表，直到1968年6月，由公司领导人在记者招待会上向世界公开。大量的来信表明，人们为既有固体性质又有液体性质的这种物质所吸引，同时，数以千计的问题也蜂拥而至。

“回顾这段过程，液晶研究之所以如此成功，其原因之一是有机化学家和电气技术人员的紧密配合共同研究以及他们的卓越的工作能力。其次是研究所干部的热心支持，我们没费什么周折就使他们理解了这个工作的重要性 and 大有发展前途，从研究工作一开始就得到了他们的承认，因而也大大增加了我们的勇气。可是生产部门的见解却完全不同。他们认为，与其把液晶说成是今后发展自己的机会，还不如说是对生产的威胁。在他们那里，“不是硅就不行”、“与半导体相比，它没有什么价值”、“做为业务经营过于简单”等论调不绝于耳。当顾客要进一步了解情况时，他们试图使顾客对液晶感到失望，从而证实顾客真想要的不是液晶，而是用炽热的灯丝表示各线段的数字显示设备。

“结果，液晶钟表的设想被以没有市场为借口而驳回。由于同生产部门之间的冲突而产生的不满情绪，“小组”开始外流，扎诺尼为了研究液晶和液晶显示技术去了一个新公司。哥德麦切尔不久也到了那里。我自己也在1970年离去。其他同事，为了搞液晶显示，也都各奔东西了。其中也有1970年到这个小组来从事理论研究的赫尔伏里奇（W. Helfrich），后来他到瑞士的一个公司，六个月后，提出了扭曲向列模式（TNFEM: twisted nematic field effect mode）的专利。

“从历史上看，冲破传统束缚的划时代的发明，往往出自规模不大而有能力的小组，它比大企业那样有能力而又很庞大的集团更易成功。实时照相方式不是在世界大照相机公司产生的；晶体管也不是由大电子管公司创造的；静电复印也不是大的办公用品

设备厂研制出来的。这些历史事实都证明了这个问题”。

如上所述，从海麦尔的回忆录中，除了使人们在从事独创性研究的时机、应有态度以及发展过程等方面受到富于启发性的感受之外，还能体会到没有比身边的人不承认、不支持更使人感到困难和令人愤懑的事了。而这种苦恼，是任何时代，任何领域的先驱者都尝受过、而且还要继续尝受的苦恼。

0.2 液晶电子学及其背景

研究液晶的历史很长，它于1888年被奥地利的植物学家莱尼采尔 (F. Reinitzer) 所发现。在二十世纪初期广为研究。他发现的液晶属于胆甾型液晶，在 $160 \pm 15^{\circ}\text{C}$ 的温度下呈乳白粘稠状液体。德国物理学家莱曼 (O. Lehmann) 在偏光显微镜下，观察到乳白液体的双折射现象。他认为这是一种具有流动性的晶体，因此把这种状态命名为流体晶体 (液晶)。胆甾醇化合物的研究，虽然在此以前就已开始，可是液晶的发现应归功于莱尼采尔和莱曼。这个时期，通过实验所发现的胆甾型液晶的颜色因温度而变化，以及向列型液晶的电光效应等至今仍是液晶电子学中所注目的一些基本现象。此后，研究活动暂时消声匿迹，直到二十世纪二十年代后半期至三十年代前半期，出现了从量子力学观点研究液晶的动向，从而使研究活动再次盛行起来，召开了两次液晶专题讨论会。此后约30年，研究工作再度冷却下来，直到1958年才再次成为专题讨论会的主题。这个时期，美国威斯汀豪斯研究所 (Westinghouse Research Laboratories) 的弗格森 (J. L. Ferguson) 小组对液晶的分子结构、光学特性及工业应用进行了研究，设计出了以胆甾型液晶的颜色变化来测定表面温度分布的方法。1962年发行了英国赫尔 (Hull) 大学教授格雷 (G. W. Gray) 的第一本专著：Molecular Structure and the Properties of liquid Crystal, Academic Press. 1963年，威廉斯 (R. Williams) 就外电场使向列型液晶取向问题的实验，投稿于Nature杂

志 (vol. 199, p. 273, 1963) 和 Journal of Chemical Physics 杂志 (vol. 39, p. 384, 1963)。

在这样的背景下, 由肯特州立大学的布朗 (G. H. Brown) 等人召集的第一届“国际液晶会议”于1965年8月16日至21日在该大学召开。其论文集由30篇组成, 并附有在会上发表而没收进论文集的14篇论文题目和作者姓名。在这44篇论文题目中经常出现的术语有“核磁共振”、“生物学”等, 而对液晶来说, 以“向列型”、“胆甾型”、“溶致型”三类名称为数最多。

有关核磁共振 (NMR) 的研究之所以多见, 是因为把向列型液晶作为溶剂使用时, 由于它的各向异性, 只保留分子内偶极子的相互作用, 而相临分子间的偶极子作用为零, 故用核磁共振可得到清晰的光谱, 显示出易分离的特点。为了与液晶本身的研究相适应, 将液晶作为溶剂方面的研究尚有待于进一步开展。

此外, 出现“生物学”这个名词是由于生物膜具有液晶结构, 把生物的某种功能与液晶的性质联系起来, 进而探索液晶的生物物理现象, 这种兴趣也成了推动液晶研究的一种动力。

从第一届国际液晶会议论文集中可以看出, 虽然找不出能为后来打开液晶电子学的大门和能够被应用的东西, 但是对液晶盒有参考价值的有五篇文章¹⁾。其中弗格森的论文应用于温度计等方面, 从而推动了工业化。至于海麦尔回忆录中“由于是公司的秘密, 把显示效应等最有魅力的特性保密起来, 只发表了有关液晶的工作情况”的那些论文, 只将题目收集于附录²⁾中。

1) 1.V. D. Neff, et al., Determination of the Degree of Orientation in Thin Film of Nematic Liquid Crystals from Infrared Dichroic Measurements in a Homogeneous Electric Field.

2) J. L. Ferguson, Cholesteric Structure—I. Optical Properties.

3) G. W. Gray, The Influence of Molecular Structure on Liquid Crystal Properties.

4) O. S. Selaury, et al., The Use of Liquid Cholesteric Crystals for Thermographic Measurement of Skin Temperature in Man.

5) G. Meier, et al., Dielectric Relaxation in Nematic Liquid Crystals.

2) 1. G. H. Heilmeyer, Transient Behavior of Domains in Liquid Crystals [J. Chem. Phys., vol. 44, p. 644 (1966)].

2) R. Williams and G. H. Heilmeyer, Possible Ferroelectric Behavior in the Nematic Phase of p-Azoxyanisole [Jour. Chem. Phys., vol. 44, p. 638 (1966)].

在这种情况下，海麦尔等人所发现的动态散射模式广泛应用于各种显示器的研制。这就是我国（指日本，下同——译注）取得惊人发展的背景。

战后的电子学，由半导体主导，并以它为代表。为赶上和超过英美先进国家，我国从各种半导体器件的研制，到以超大规模集成电路（VLSI）为最终目标的微型电路研制等电子学的很多领域中均成长了起来并持有独到技术。如以商店、办事处、公司中使用的各种办公设备和自动记录器来说，从电子计算机中心到终端装置都已电子化，继而波及到家庭电气化。而台式电子计算机对家庭的渗透，正促使从家庭电气化向着“个人电子化”（Personal Electronics）迈进。“个人电子化”必须是袖珍式的，换句话说，耗电越小越有利。作为显示器件，总是希望电路结构（包括驱动电路和外围电路）要尽可能简单，功耗要小并能实现集成化。液晶能与低电压、小功耗的CMOS（互补MOS）相匹配。反之，以IC技术为中心的高精度固体电子器件制造技术也促进了液晶器件的大量生产，其他生产技术，也都意料不到地帮助了液晶技术的发展。如透明导电膜（商品名为NESA膜）的研制成功就是如此。本来，它是为制造防止飞机舷窗结冻和制造监视加热液体内部反应情况的透明反应管而研制的。但它也应用在摄像管和其他电子器件的电极上，使其生产技术有了很大改进。目前，透明电极的研制工作正由 SnO_2 向易蚀刻加工的 In_2O_3 发展。在这种技术背景下，出现了最能发挥我国专长的“个人电子化”市场。1968年6月，RCA公布发明之后不久，1969年2月，NHK在国外采访报道节目“世界企业”中播送了RCA研制液晶的情况。以此为转机，尽管显示器件是由RCA研制的，但在与实际应用相结合方面，即“个人电子化”方面，其主动权却为我国所掌握。

与本身发光的发光形式显示器件（使用阴极射线管、荧光显示管、场致发光、发光二极管、等离子体、激光显示等装置）不同，液晶显示器件是散射外部光的受射形式器件。虽然在暗处看不见，

但是外部照明越好，其对比度就越大，而且具有廉价、小功耗等优点。如果与电光管作比较，光的产生 (light generation) 和光的控制 (light valve) 是分别进行的，并以电子装置对廉价的外光源 (灯光和太阳光) 照射，进行照射光的控制。这样，设备的负担就减轻了，因而可用大量排列的液晶象素和液晶段来控制光。利用周围光的反射形式是当前液晶电子学的主流。但是，以外光源从背面照射的透射形式，也将视其用途而扩大其使用范围。例如，用液晶代替幻灯片，用计算机控制的激光束写入，或以施加电压的液晶段来显示图形和文字以实现大屏幕显示。此外，它对户外大型显示也很有吸引力。今后，液晶的应用不只限于袖珍式电子设备这一领域，还将开辟充分发挥液晶特长的各种用途。

最后，对液晶材料的发展历史稍作叙述。

正如以上所述，作为显示器件是美国领先，实现大量生产是日本，然而在材料方面却是欧洲有长处。回顾一下从发现液晶到今天所走过的漫长道路，日本在材料方面没留下什么历史性遗产。以当前显示器件中最常使用的扭曲向列型场效应模式 (TNFEM) 来说，美国有弗格森，欧洲有瑞士的霍夫曼·罗奇 (H. Hoffman La. Roche) 公司提出的专利。霍夫曼·罗奇公司的专利是由辞掉 RCA 后来到该公司的赫尔伏里奇及从加拿大研究所来到该公司的谢德特 (M. Schodt) 共同研制。液晶盒由瑞士的 BBC 协作，成为他们共同的专利。因为，就材料而论，霍夫曼·罗奇公司具有脂 (正向列型，NP) 和嘧啶 (NP) 的专利。对动态散射 (DSM) 来说，在欧洲，德国的赫奇斯特 (Hoechst) 公司持有西夫碱基 (负向列型，Nn) 专利；而在美国，西夫碱 (Nn) 材料为 3M 所有。此外，西德的依-默克 (E-MERK) 公司具有氧化偶氮 (Nn)、脂 (Nn) 的专利；英国的 BDH (British Drug House) 化学公司持有联苯的专利，但因为它加入了默克公司，所以联苯的贩货权也转到了默克公司。由此也就可以理解在液晶器件的研制上起了主导作用的日本，为什么还要从欧洲进口大部