

2015年国际光年中国科大报告会

液晶显示的发展与 未来

欧阳钟灿

中国科技大学物理学院
中国科学院理论物理研究所
中国物理学会液晶分会

1. 液晶显示发明历史与电控光学原理
2. 中国大陆平板显示十年
3. 平板显示产业格局
4. 中国大陆平板显示技术创新成果

中国大陆平板显示未来展望

1. 全球平板显示产业展望
2. 中国大陆平板显示产业展望
3. 中国大陆平板显示发展趋势

液晶显示技术未来发展：柔性显示，量子点+**BLED**背光源

总结

1. 液晶显示发明历史与电控光学原理

Charles Stark Draper Prize —— 工程界的“诺贝尔奖”

2012年授予为液晶显示做出贡献的

George H. Heilmeier, Wolfgang Helfrich, Martin Schadt, T. Peter Brody



2013年授予颁给为手机做出贡献的

Martin Cooper, Joel S. Engel, Richard H. Frenkiel, Thomas Haug, and Yoshihisa Okumura



G.H. Heilmeier, W.Helfrich, Martin Schadt, T.P. Brody

G.H. Heilmeier: 发明动态散射模式 (DSM) LCD, 用于手表和计算器
W. Helfrich (我的合作伙伴), **Martin Schadt**: 发明扭曲向列 (TN) 模式液晶, 应用于平板显示。
T.Peter Brody 发明AM驱动阵列LCD, 开启了现代液晶显示大门



Martin Cooper: 1973年发明第一部手持手机



Joel S. Engel: 手机系统AMPS



R.H. Frenkiel: Cell grid定位和切换



Thomas Haug: SIM 卡, SMS信息



Yoshihisa Okumura: 800MHz单元系统

从2012年液晶显示到2013年手机：“大屏小屏人人有”，捷报“屏传”，我国不能错过发展平板显示的黄金时期。

2014年授予颁给为锂离子电池做出贡献的:



**John B.
Goodenough**

**Centennial
Professor
of Engineering**
The University
of Texas



Yoshio Nishi

**Retired senior
vice president
and
chief
technology
officer**
Sony Corporation
前索尼副总与
CEO



Rachid Yazami

**Research
Director**
Centre National
de la
Recherche
Scientifique
(CNRS)



Akira Yoshino

**General Manager,
Yoshino
Laboratory**
Asahi Kasei
(旭化成)
Corporation

“This is for every one” knockout in 2012 LOG Opening Celebration by Timothy J. Berners-Lee, the Draper Prize Winner in 2007 For developing the World Wide Web. The Draper Prize is referred to collectively as the American version of a Nobel Prize for engineering



2012伦敦奥运会开幕式科学环节：2007年德拉普尔奖的蒂姆·伯纳斯-李（发明万维网）

Chapter VI: <frankie and june say. Thanks Tim>



In 1989, Berners-Lee invented the **World Wide Web**, an internet-based hypermedia initiative for global information sharing while at CERN, the European Particle Physics Laboratory. He wrote the first web client and server in 1990. Berners-Lee specifications of URLs, HTTP and HTML were refined as Web technology spread. In 2001,

“This is for every one” knockout in
2012 LOG Opening Celebration

Timothy J. Berners-Lee has received the Draper Prize of the National Academy of Engineering, USA, in 2007 For developing the World Wide Web. The Draper Prize is referred to collectively as the American version of a Nobel Prize for engineering. 【诺贝尔工程奖】

2008北京奥运会开幕式的科学环节是什么？







2012 NAE Draper Prize



**George
Heilmeier**

**Martin
Schadt**

**Wolfgang
Helfrich**

**Sarah Brody
(Peter Brody)**



Beijing University 1986
Prof. Yu-zhang Xie

谢毓章---中国液晶协会第一任会长，清华大学物理系教授，
笔者的硕士、博士论文导师

takes pleasure in inviting you to

The Raymond & Beverly Sackler International Prize in Biophysics

The Sackler Biophysics Symposium on: *Physical Principles of Biological Systems*

Tel Aviv University, Wednesday, December 12, 2012

- 09:30–09:40 **Sam Safran**
Weizmann Institute of Science
Opening and introductory remarks
- 09:40–10:10 **Zhong-can Ou-Yang**
ITP, Chinese Academy of Sciences, Beijing
Elastic theory of fluid membranes of Helfrich model and its application in other soft matters
- 10:10–10:40 **Avinoam Ben-Shaul**
Hebrew University of Jerusalem
Energy, entropy and bending elasticity of DNA packaging in viral capsids
- 10:40–11:10 **Yuval Ebenstein**
Tel Aviv University
An experimental toolbox for single molecule studies of genomic variation
- 11:10–11:30 Coffee break
- 11:30–12:00 **Haim Diamant**
Tel Aviv University
In-plane dynamics of heterogeneous membranes

- 12:00–12:30 **Adrian Parsegian**
University of Massachusetts
Solvent entropic drive in
- 12:30–13:00 **Frank Jülicher**
Max Plank Institute, Dresden
Active processes in cells and tissues
- 13:00–14:30 Lunch
- 14:30–15:00 **Prize Ceremony**
Awarding the Sackler Biophysics Prize for 2012 to:
Carlos J. Bustamante
University of California, Berkeley
Wolfgang Helfrich
Freie Universität, Berlin
Opening of Ceremony
David Andelman
School of Physics & Astronomy
Tel Aviv University
Joseph Klafter
President, Tel Aviv University
Introduction of the Laureates
Michael Kozlov
Faculty of Medicine, Tel Aviv University
Michael Urbakh
School of Chemistry, Tel Aviv University
- 15:00–15:50 **Wolfgang Helfrich**
Freie Universität, Berlin
How to get from physics to biophysics?
- 15:50–16:40 **Carlos Bustamante**
University of California, Berkeley
Division of labor and coordination among the subunits of a viral ring ATPase



LCD is Ubiquitous

Smartphone



Tablets



Computers



LCD market >\$120B in 2013!



110" 4kx2k LCD TV



105" Curved LCD TV

液晶显示产业发展感谢两个创新企业家：PC使LCD生存，手机使LCD赢利



什么是液晶

LCDs

What is a liquid crystal?



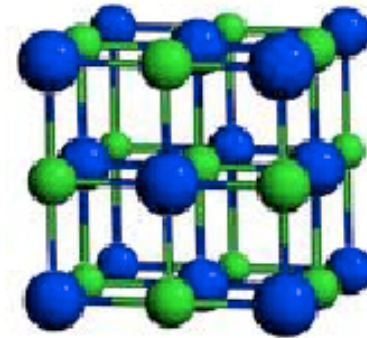
A **liquid crystal** is intermediate between a liquid and a solid.

大家知道物质通常有三态:气体、液体、固体,
液晶是介于液体与固体的中间态,也被称为物质的第四态

A **crystalline solid** has long range order, e.g. NaCl.

In a **liquid**, the molecules do not have long range order. The molecules are randomly oriented.

固体分子质心平均有固定的空间位置,
液体分子质心可随机流动



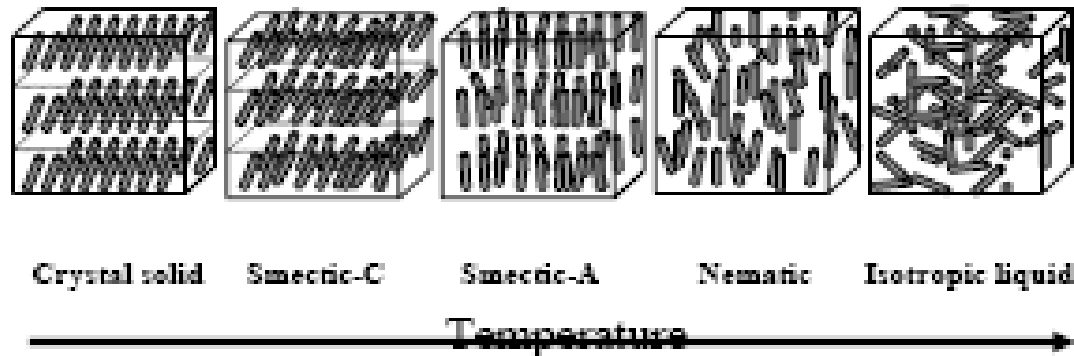
In a **liquid crystal**, the molecules have long rod shapes. The molecules' **positions** are **random** but their **orientations** can be **aligned** with one another in a regular pattern.



液晶由长形分子构成, 分子质心可以自由流动(液体), 但长轴方向平均排列有一定的趋向, 光学有双折射现象(晶体特性)—液晶

1922, G. Freidel首次把液晶随温度变化分为三相, 它们统称为热致液晶

Liquid crystals – crystals that flow



Liquid crystal show a phase that is intermediate between liquids and crystals.

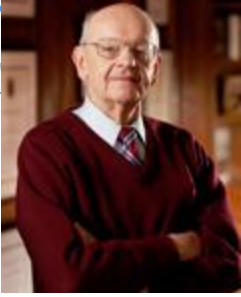
- has **liquid**-like order in at least one direction
- possesses a degree of **anisotropy**, which is characteristic of some sort of order.

1. P. G. de Gennes and J. Prost, *The Physics of Liquid Crystals*, 2nd Ed. Oxford University Press, New York (1993).
2. S. Kumar, et. al., *Liquid Crystals: Experimental Study of Physical Properties and Phase Transitions*, Cambridge University Press, New York (2001).

P.G. de Gennes, 1991 年诺贝尔物理奖

Dr. George H. Heilmeier
Title Chairman Emeritus
Organization Bellcore

17



- 1958年乔治H. Heilmeier加入RCA，在那里发现的动态散射和宾主型液晶的电光效应。之后，担任美国白宫科学顾问。
- 在国防部，他被任命为国防研究和工程院电子和物理科学的助理署长。从1974年到1977年，Heilmeier是美国国防部高级计划局（DARPA）主任。
- 他后来成为德州仪器高级副总裁兼首席技术官。Heilmeier后来担任贝尔通讯公司（Bellcore）的总裁兼首席执行官，并最终作为主席和名誉主席。
- 2014年4月逝世



George Heilmeier
Martin Schadt

Wolfgang Helfrich
Sarah Brody (Peter Brody)

DSM型液晶显示器件也是由两片带透明导电电极图形的玻璃基板构成一个液晶盒为主体结构的，只不过液晶盒中的液晶材料中掺入了一定比例的离子型有机电解质材料。因此，在不通电的情况下，液晶盒呈透明状，而通过一定频率交流电时，会随着电压的升高.在液晶层内形成一种因离子运动而产生的“威廉畴”。如果电压继续提高，最终会使液晶层内形成紊流和搅动。这种紊流、搅动使液晶层对光产生强烈的光散射作用，我们称这种现象为动态散射。图2-6为DS型液晶显示器件的工作原理示意图。

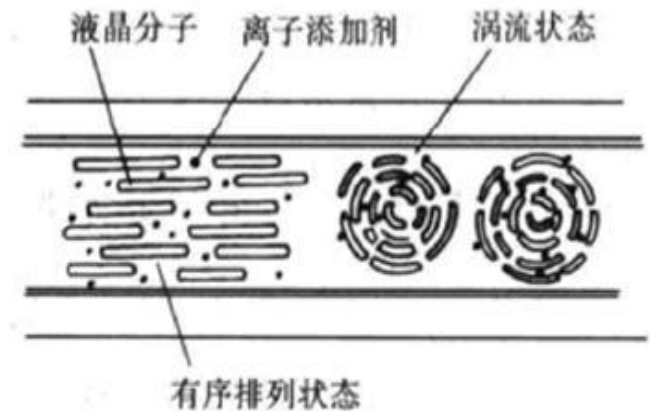


图 2-6 DS 型液晶显示器件
工作原理示意图

DSM-LCD应用：早期7段式液晶数字显示器、电子手表

Early 1970s Practical Electronic Displays



Durability test of Liquid Crystal Displays



Dr. Wolfgang Helfrich
Title Professor
Organization Free University of Berlin



- 沃尔夫冈赫尔弗里希，在**RCA**，首次从理论证明离子传导引起的取向的向列型液晶的动态散射效应。
- 1970年，他加入了霍夫曼-罗氏公司，在那里他和马丁**Schadt**开始了他们的合作，发明了**扭曲相列液晶显示模式（TN-LCD）**。
- 之后，他接受了教授在柏林自由大学。从那时起，他从液晶模型进行理论和实验研究流体双层膜和囊泡（生物膜与细胞）。**2012年12月12日他在以色列被授予Sackler国际生物物理奖**。笔者作为他的合作者被邀请出席颁奖仪式，并作了**30分钟**的邀请报告。

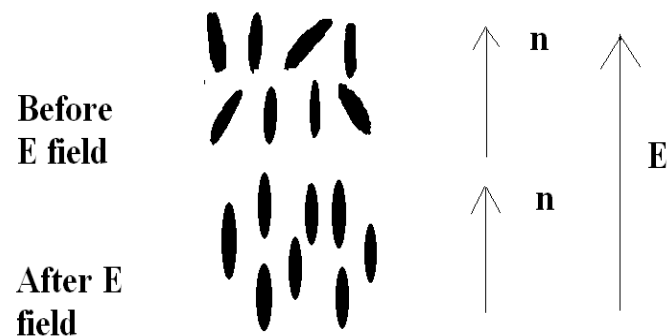


George Heilmeyer Martin Schadt Wolfgang Helfrich Sarah Brody
(Peter Brody)

(2) 从DSM到介电场效应液晶显示-----

液晶物理:弗里德里克斯转变 (Frederiks Electric field Effects)

- 液晶(电视)显示的最基本的物理.
E可以是电场也可以是磁场.
- V. Frederiks, A. Repiewa, Z. Physik 42(1927)532
- V.Frederiks, V.Zolina, Z. Krist.79 (1931)255
- 1937以后就看不到文章,
可能被错误肃反.



对正介电液晶 $\epsilon_{11} > \epsilon_{\perp}$

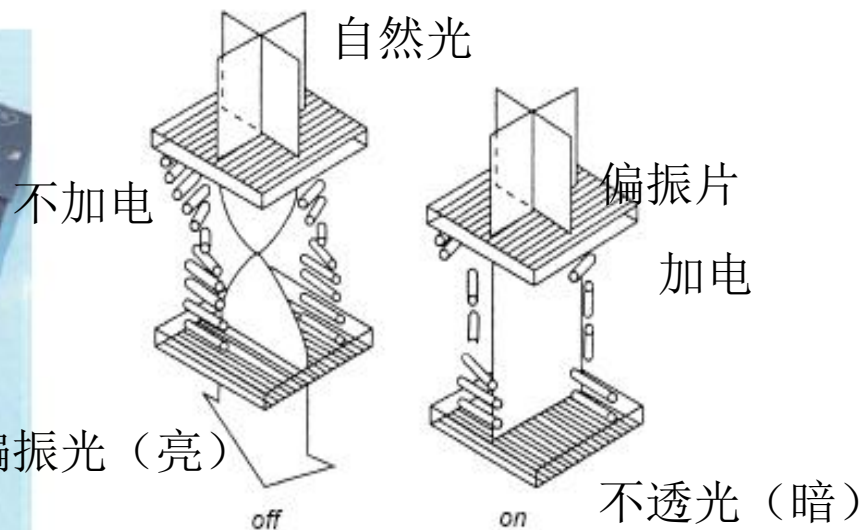
对负介电液
晶 $\epsilon_{11} < \epsilon_{\perp}$
长轴垂直于
电场

现代液晶显示(TV)场效应模式发现: 扭曲向列显示 (TN-LCD)(APL两页论文)

1971 Twisted Nematic Mode (TN)

ITP-CAS

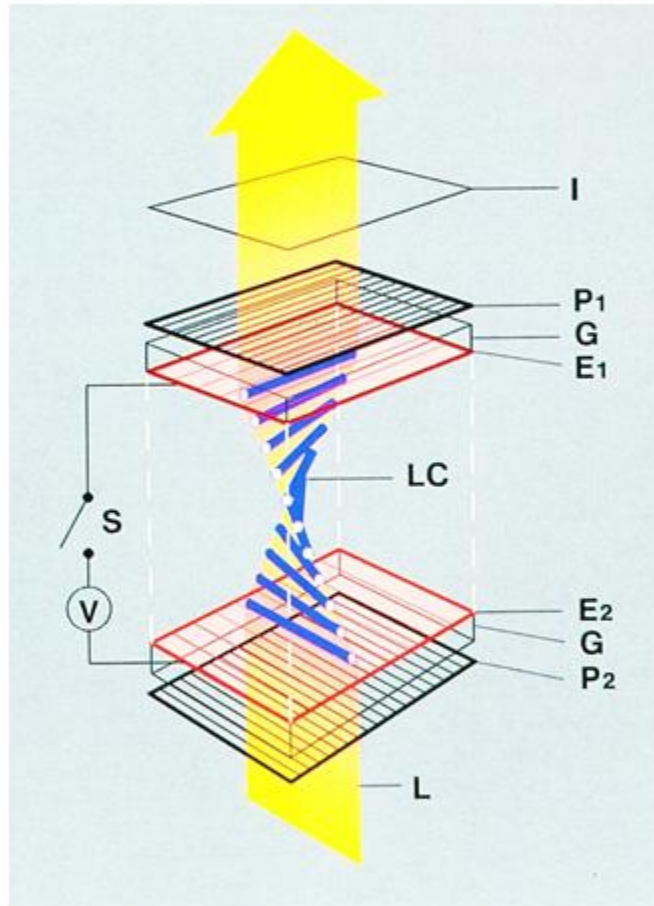
- Invented in **1971** by M. Schadt and W. Helfrich (Hoffmann -La Roche), and J. Fergason (Kent State University)



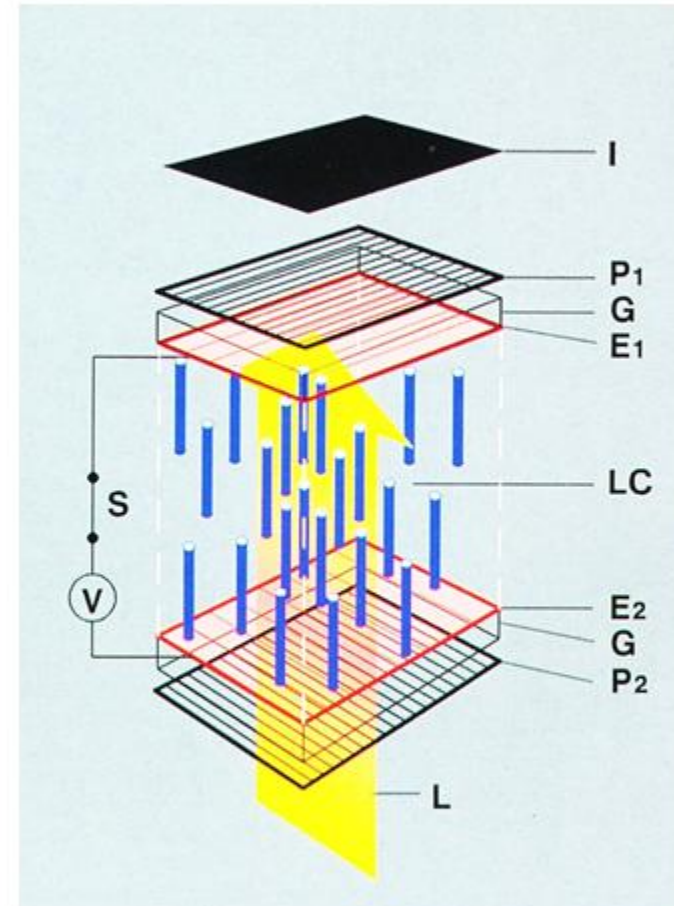
picture: TN display prototype presented to the board of directors at Hoffmann-La Roche in March **1971**

海尔费利希(Helfrich) 原来在RCA 做博士后, 曾提出TN, 但未被领导采用,所以美国丧失了液晶显示技术的发明

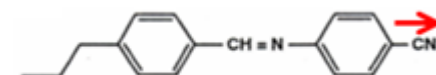
Twisted Nematic (TN)-Effect: Prior to Experiments



Field Off-State: Polarization rotation by 90° twisted nematic LC-configuration allows light transmission between crossed polarizers $P1 \perp P2$ (bright).

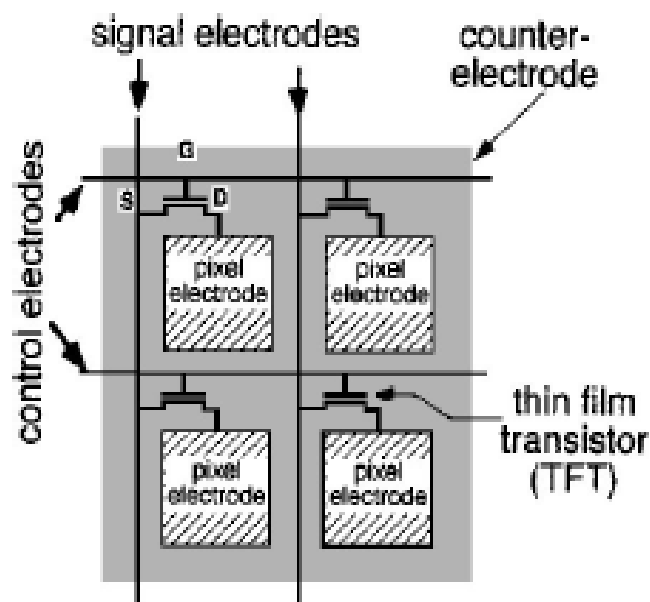


Field-On State: Positive dielectric LC-molecules align vertically; e.g. parallel to electric field (black).

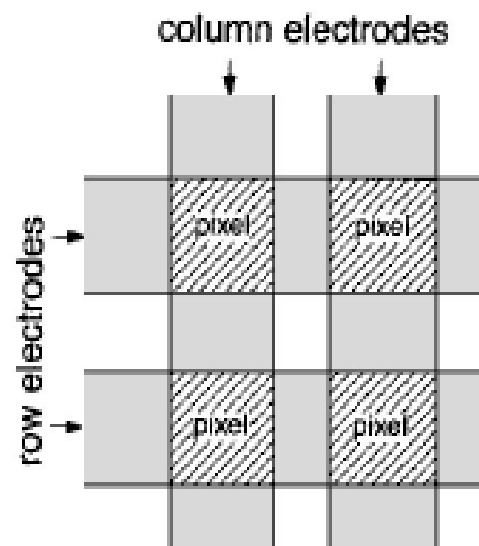


液晶显示驱动电路方式

Active matrix versus passive matrix



有源矩阵(AM) Active matrix



Passive matrix

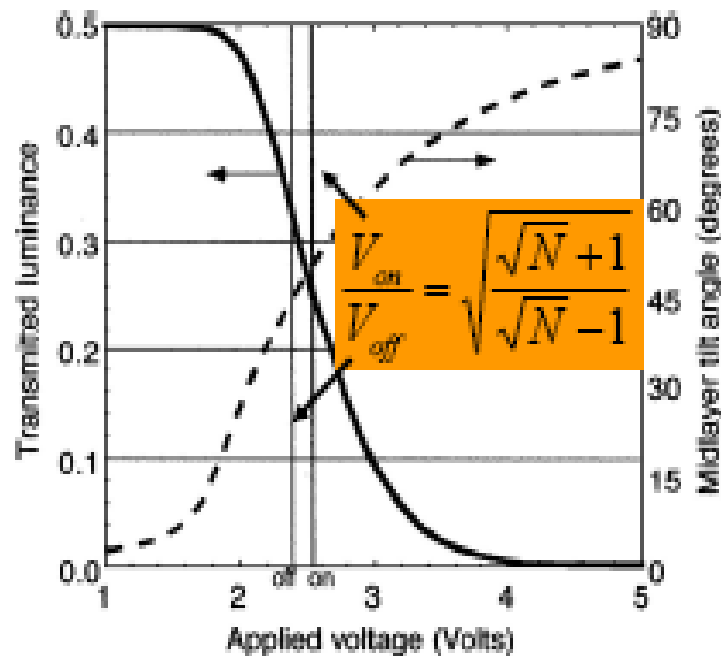
无源矩阵(PM)

Active: have a TFT at each pixel to hold the voltage

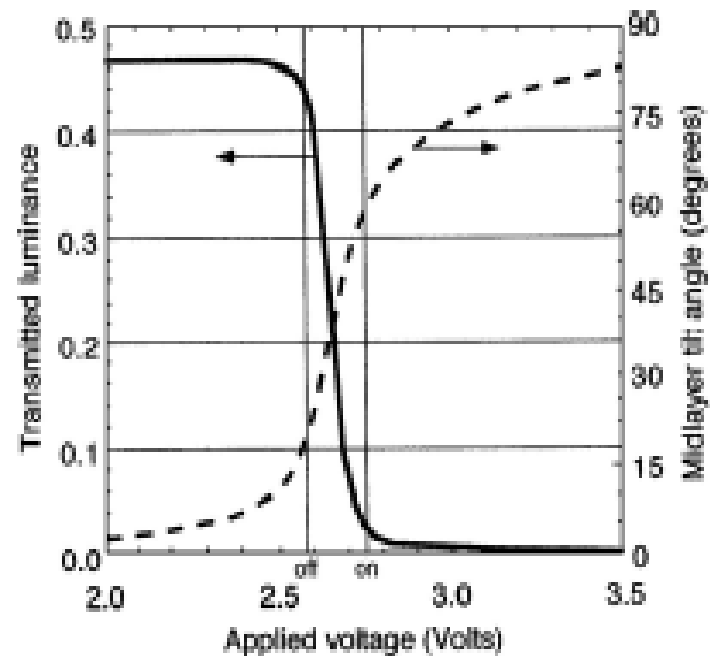
Passive: only have row and column electrodes overlapping to form pixels

无源矩阵无法高分辨率的原因：如电场 U 与 $-U$ 分别加在 X 、 Y 两条线上（即选择像素点【 x , y 】电压为 $2U$ ），则 X 与 Y 线上其它点都有半选电压 U 。这就形成了误差透光率。有源矩阵(AM)是逐点用一个三极管控制开关电压，就不会有半选误差。半导体可以做到每平方英寸几百个薄膜三极管（TFT）（几百ppi），这就可达到人眼睛分辨率，所以iPhone4显示屏叫Retina（视网膜）。所以，TFT-LCD显示是半导体与液晶的天然巧合！

无源矩阵(PM)电压交叉效应与Kawakami(Alt,Pleshko) RMS多路驱动铁率(iron law)



Voltage response curve of TN



Voltage response curve of 240° STN

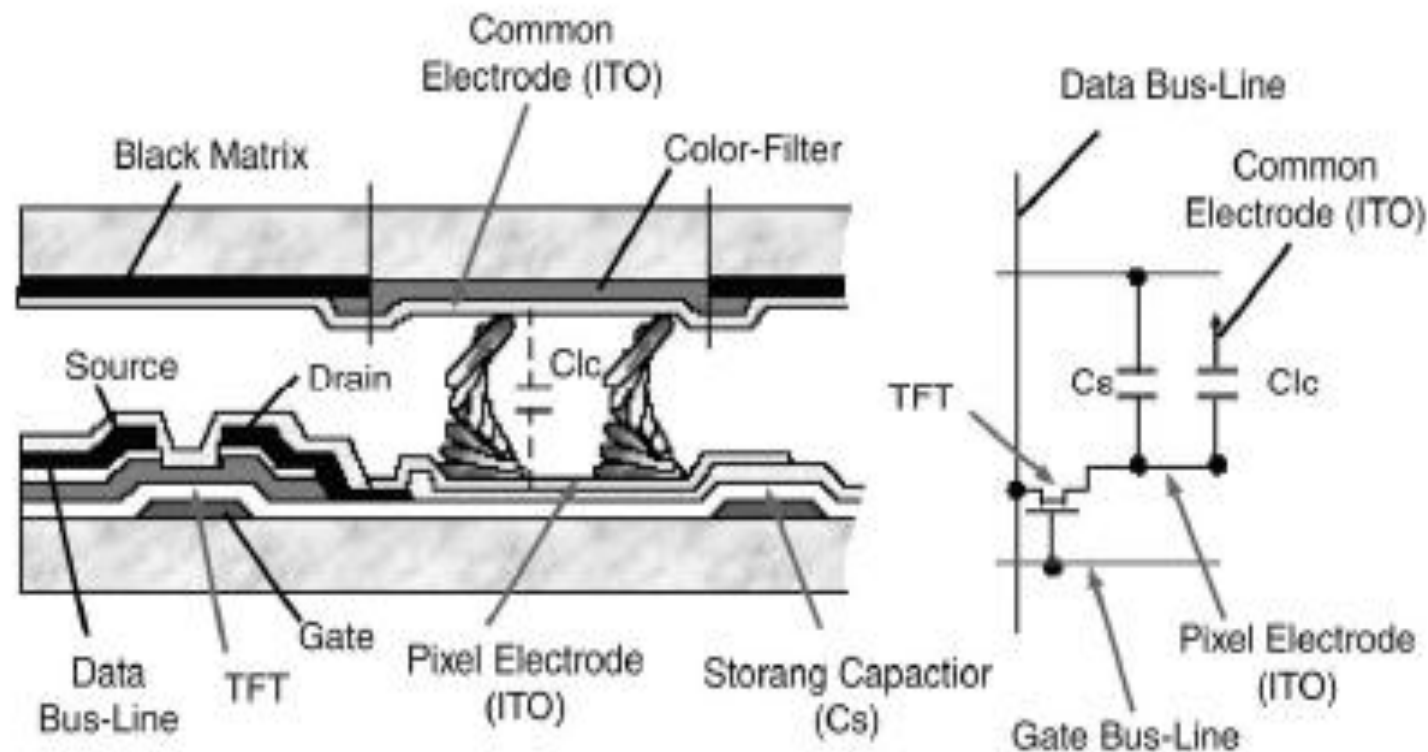


- T.彼得·布罗迪在西屋电气公司工作，在那里他发现了第一个有源矩阵显示器。后来，他开始了他自己的公司，Panelvision，然后成为阿米的总裁兼首席执行官。除了液晶显示技术的贡献，他的众多的专利包括一个低成本的彩色滤光器的过程和一个高分辨率的印刷过程。
- 布罗迪的共同创办人，研华在制造工艺，设计创建的下一代OLED显示器的背板。布罗迪2011年9月去世，该奖项将提交给他的家人。



George Heilmeyer Martin Schadt Wolfgang Helfrich Sarah Brody (Peter Brody)

TFT structure

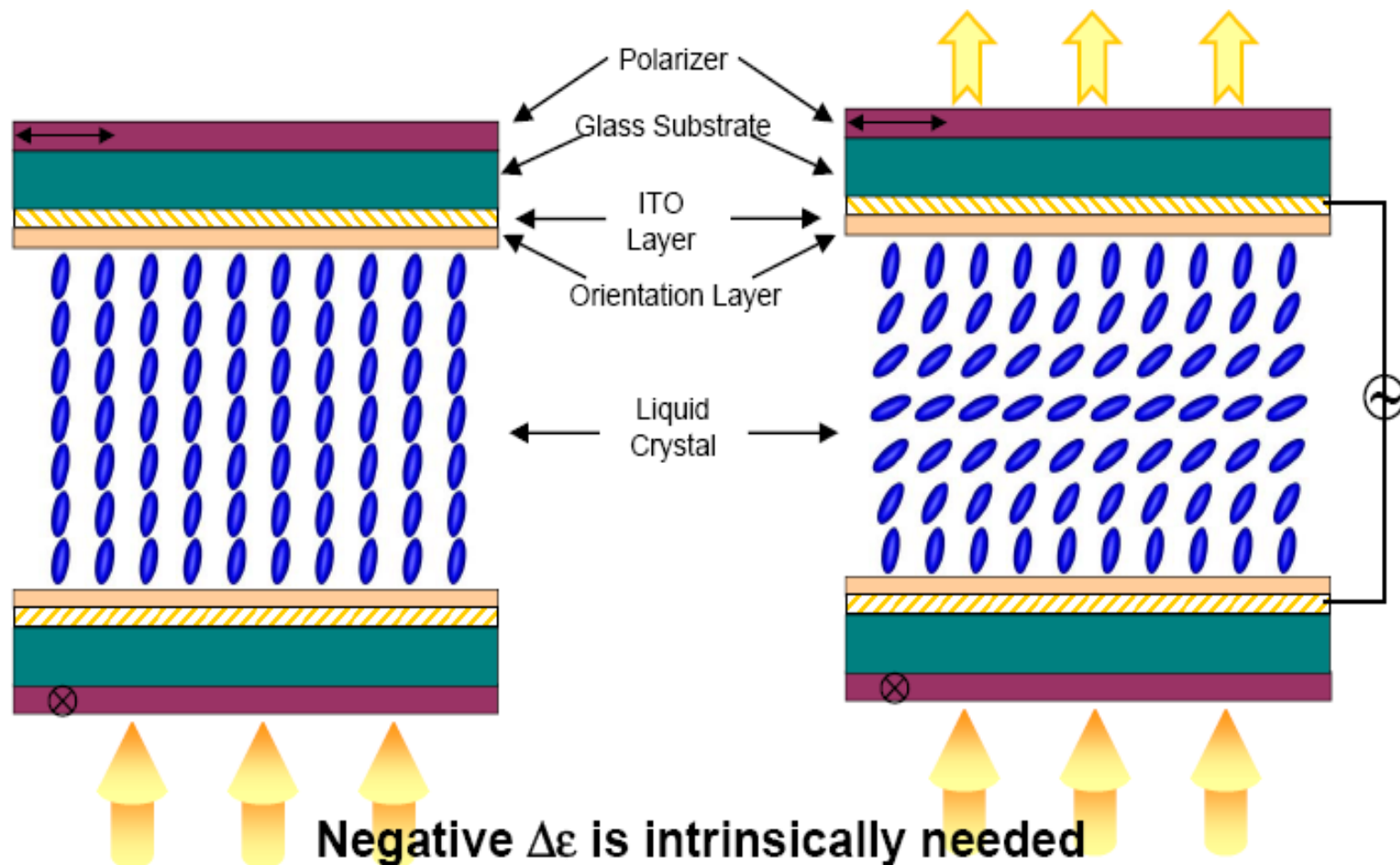


TFT structure and Equivalent circuit

Deng-Ke Yang and Shin T Wu, fundamental of liquid crystal devices, Wiley (2006)

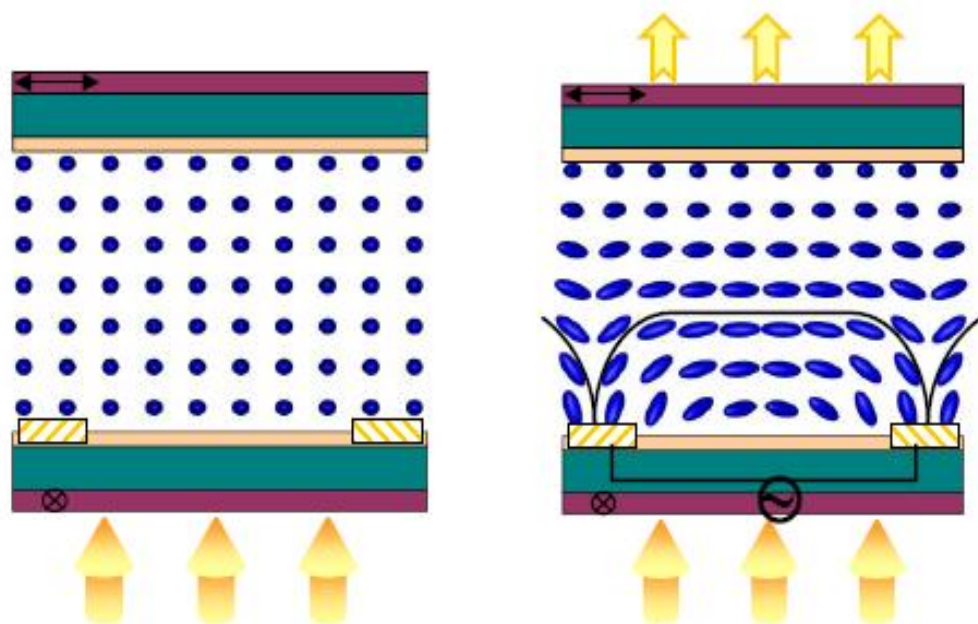
垂面开关模式：“软屏”，视角特性差一点，工艺简单，成品率高

Vertically Aligned (VA)-Mode



平面开关模式(日立首先应用)与边缘场开关模式(京东方自主创新)

In Plane Switching (IPS)-Mode



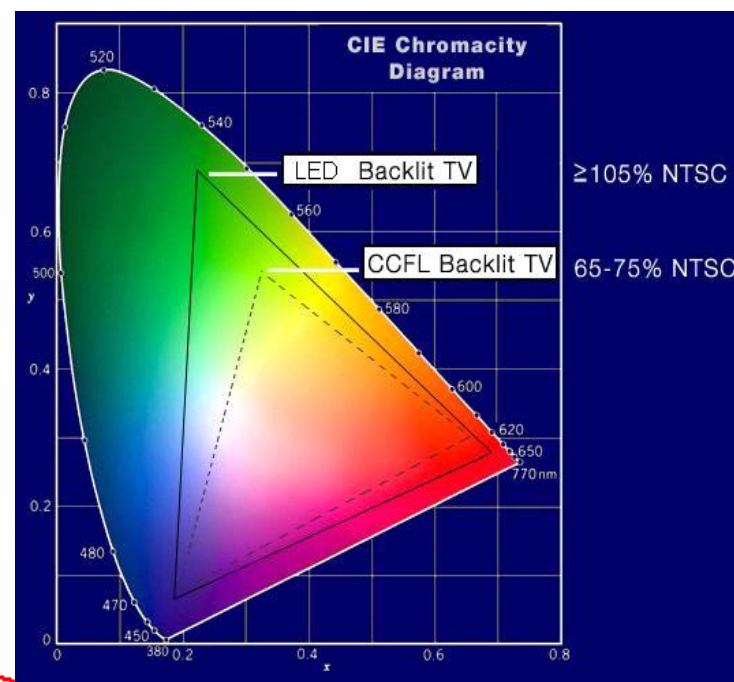
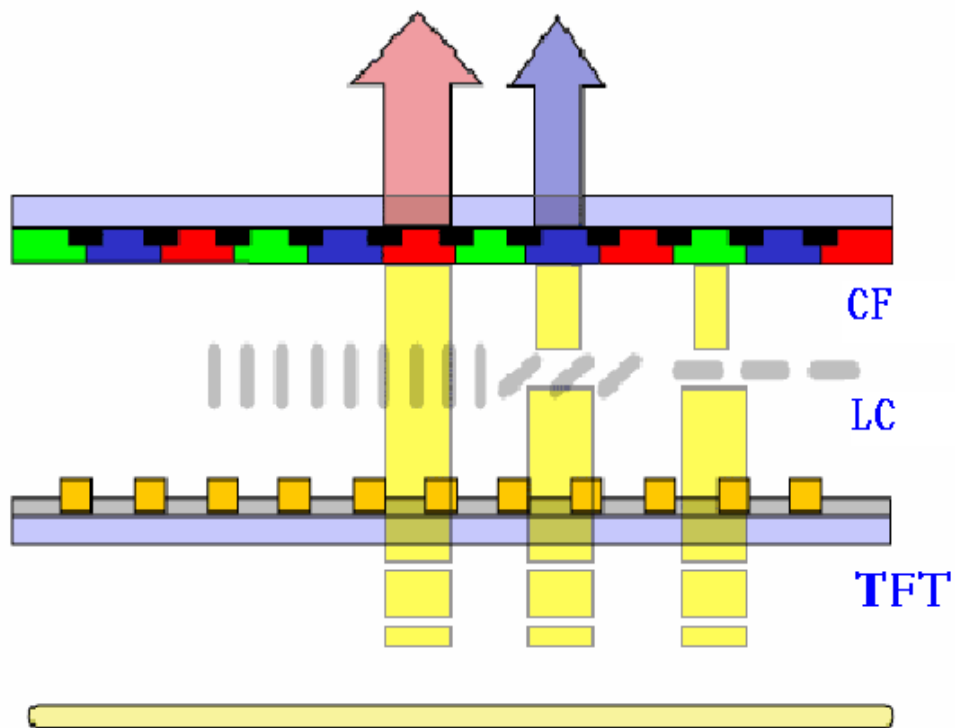
$$\frac{\pi \ell}{d} \sqrt{\frac{K_{22}}{\epsilon_0 \Delta \epsilon}}$$

ℓ = electrode distance
 d = cell thickness

→ Large $\Delta \epsilon$ is of essential importance

优点:视角宽,"硬屏"
缺点:光学开口率低
工艺复杂
市场:70%是VA

液晶显示屏（TFT-LCD Cell）构造

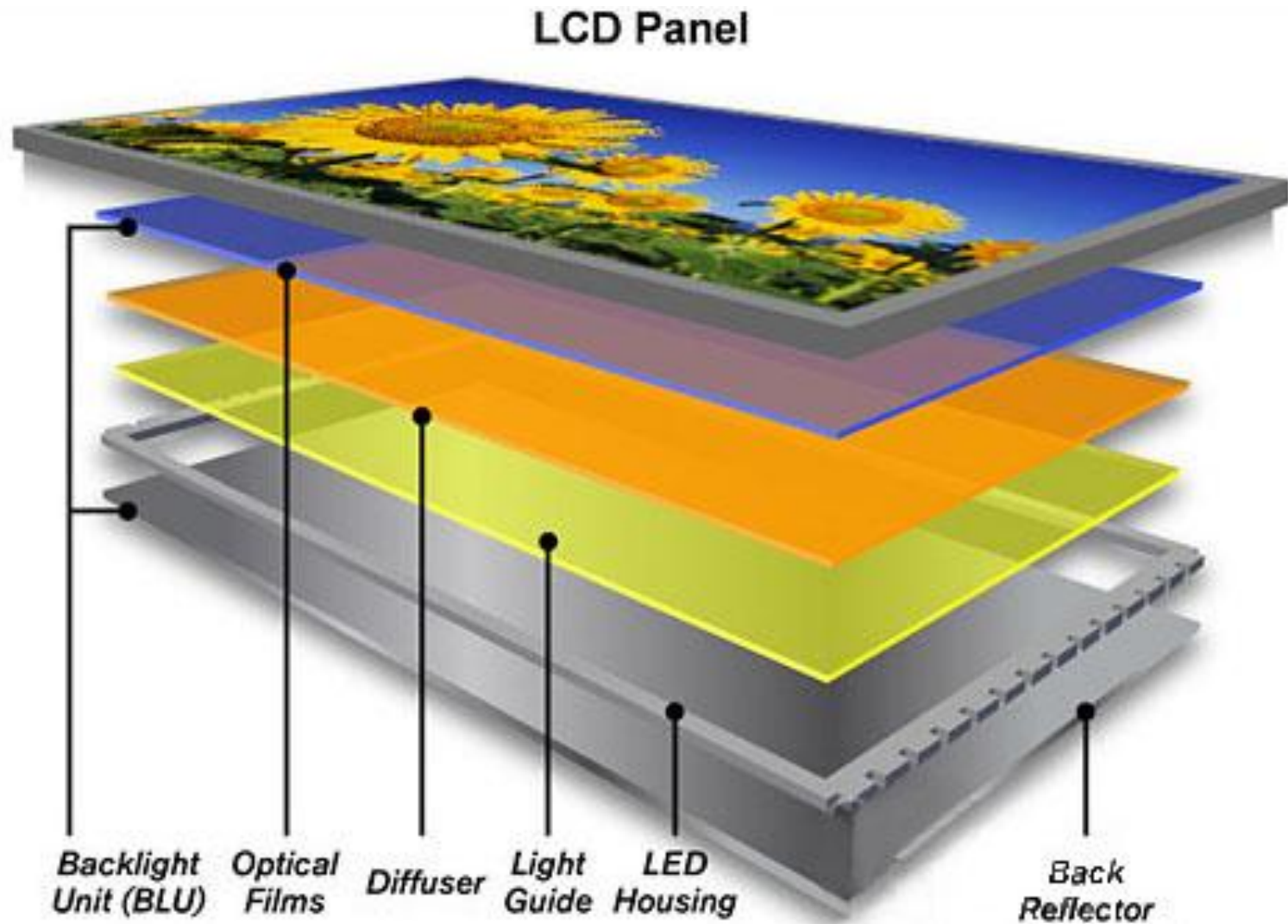


LED

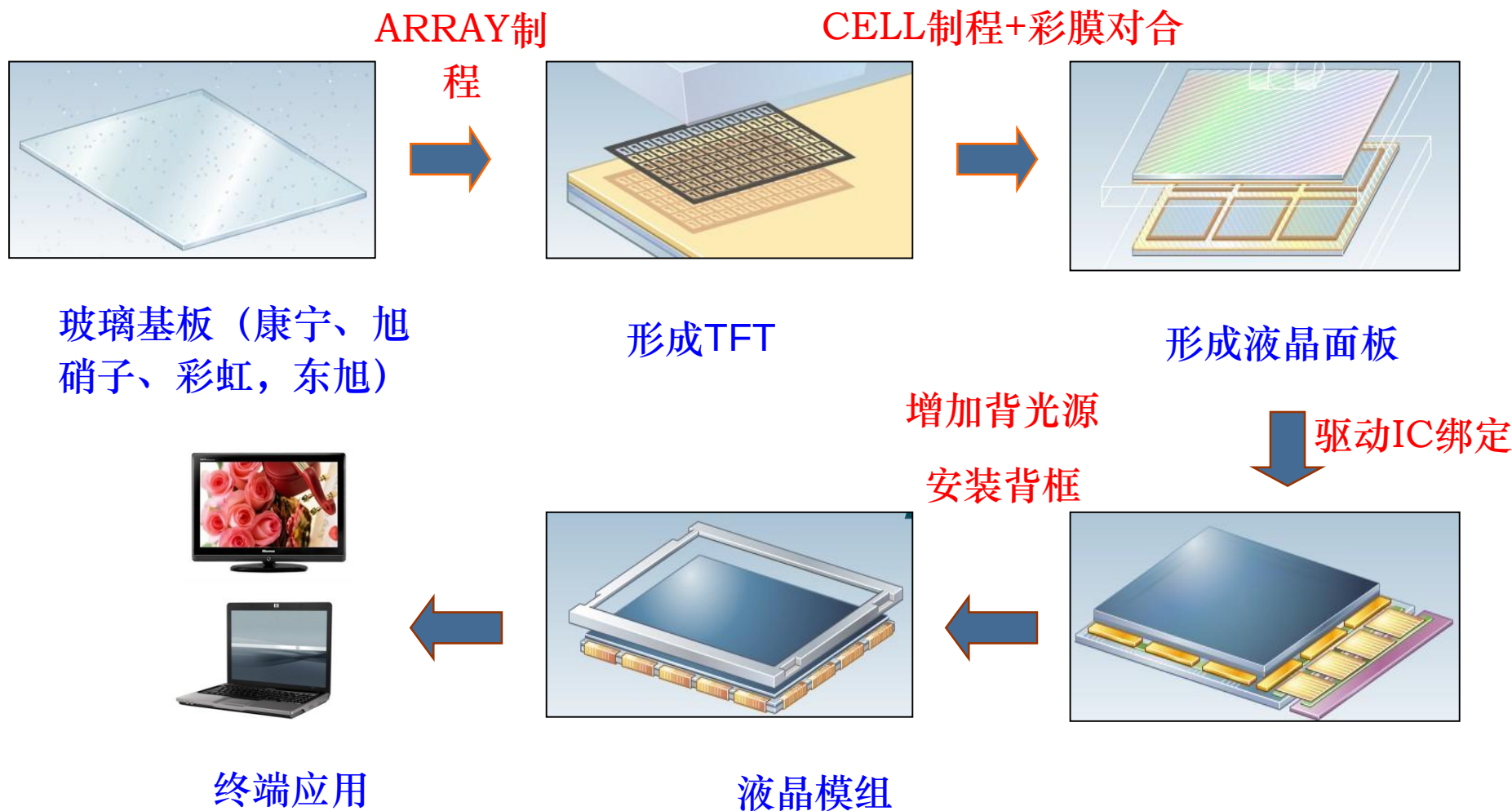
CCFL

BLU

现代LCD屏： TFT-LC Cell+背光板（BLU）组成



►液晶显示器的制程简介（沙子、化学气体→TV、PC）



► 液晶显示器件生产对应的生产线世代概念

世代线	玻璃基板尺寸 (mm*mm)
1G	320*400
2G	370*470
2.5G	410*520
3G	550*650
3.5G	600*720
4G	680*880
5G	1100*1300
6G	1500*1850
7G	1950*2250
8G	2200*2500
10G	3000*3320

1、我国FPD产业发展概况

液晶显示技术发明伟大历程

Active Matrix Display (AMD)
commercial production: **1989**
concept: B. J. Lechner, **1971**

有源矩阵 (**T. Peter Brody**)

Super Twisted Nematic (STN)
T. J. Scheffer et al., **1984**

超扭曲模式

Twisted Nematic Mode (TN)
M. Schadt, W. Helfrich,
J. Ferguson, **1971**

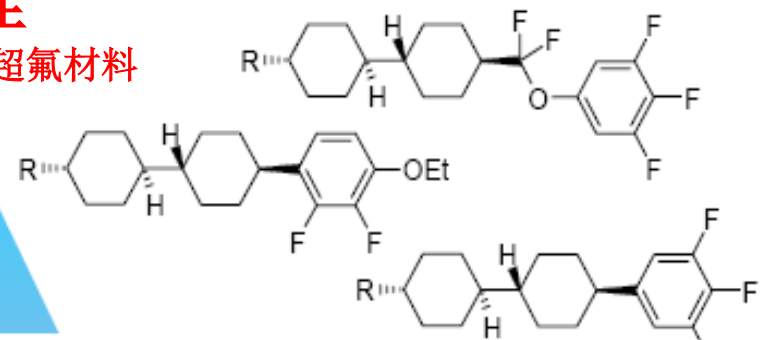
扭曲场效应, **1976**惠普奖 (**Helfrich**)
2008年**IEEE** 西泽润一奖章 (3人)

Dynamic Scattering (DSM)
R. Williams, G. Heilmeier, **1962**

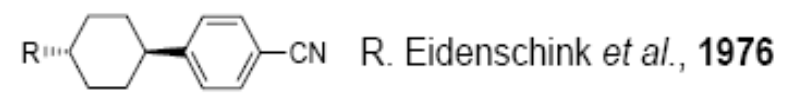
液晶显示概念提出,
Heilmeier**2005**京都奖

T. Peter Brody, George H. Heilmeier, Wolfgang Helfrich, and Martin Schadt
the Draper Prize of the National Academy of Engineering, USA, in 2012, Nobel Prize for engineering

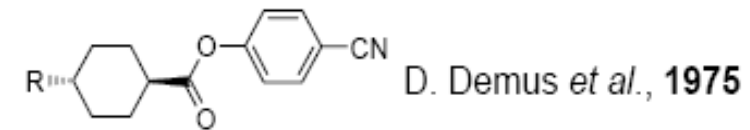
超氟材料



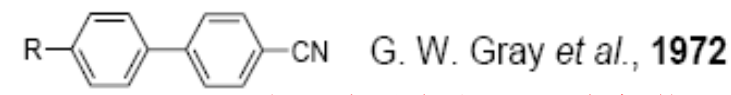
"Super Fluorinated Materials" (SFM), **1985**



R. Eidenschink et al., **1976**

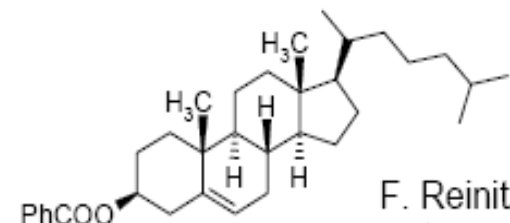
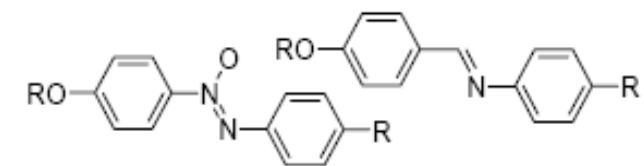


D. Demus et al., **1975**



G. W. Gray et al., **1972**

室温液晶合成,**1995**京都奖



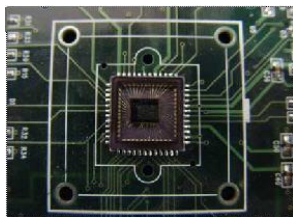
F. Reinitzer, **1888**

液晶发现

我国信息制造业的重大需求：缺“芯”少屏

2013年中国大陆单宗商品进口额（美元）

集成电路（信息）	原油（资源）	铁矿（资源）	液晶显示面板（信息）
2313亿	2196亿	1059亿	495亿



1. 中国大陆平板显示十年

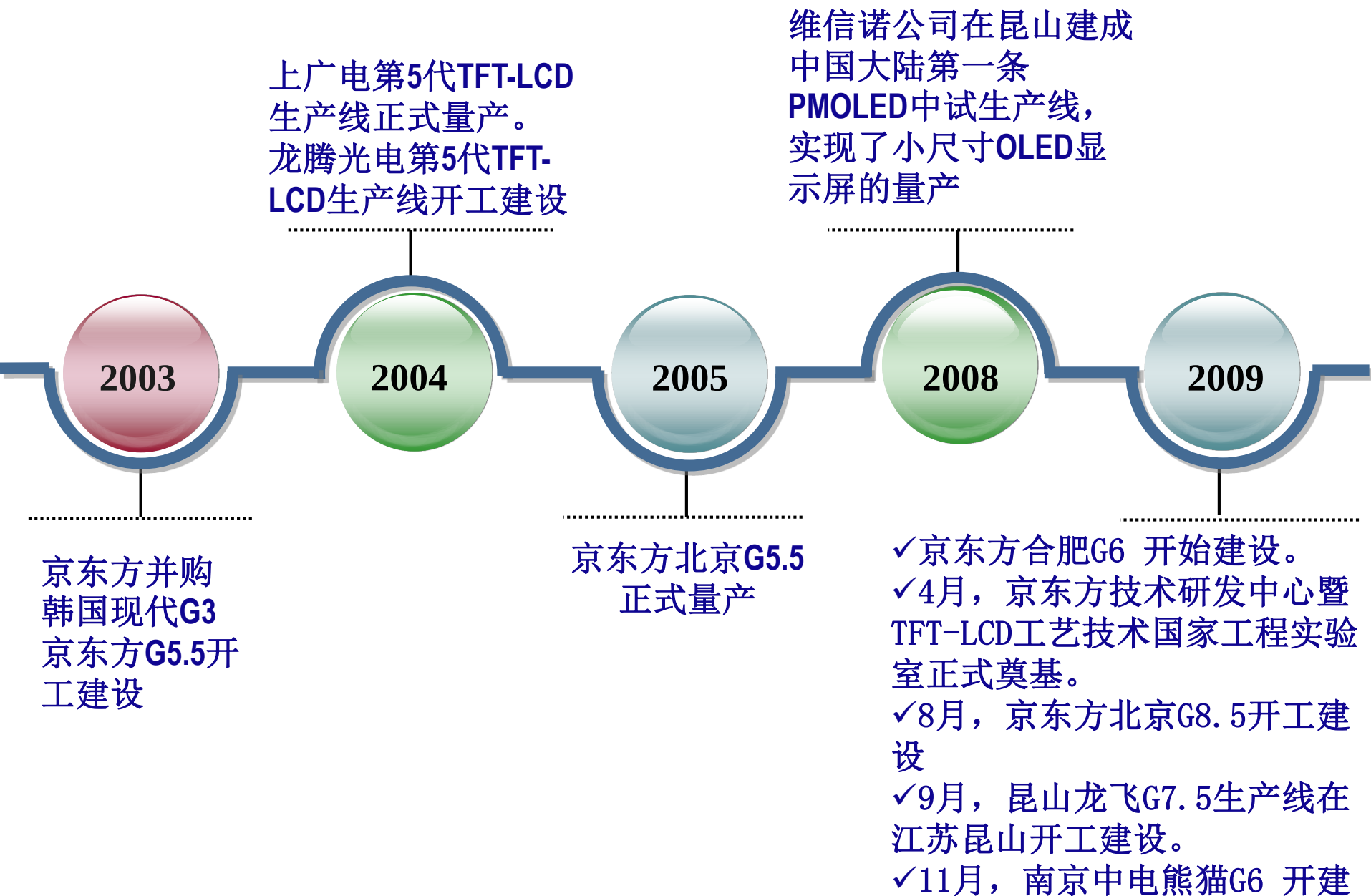
液晶显示面板进口额列所有领域第四位、信息领域**第二位**，急需掌握新型显示的核心技术

资料来源：

集成电路：<http://finance.inewsweek.cn/20140311,80225.html>（工信部发布）

原油及铁矿：http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201402/t20140224_514970.html（国家统计局发布）

液晶面板：http://www.jdgod.com/2014/zixun_0310/3991.html（21世纪经济）



- ✓中电熊猫G6正式量产。
- ✓京东方鄂尔多斯G5.5AMOLED生产线开工建设。
- ✓京东方北京和华星光电G8.5正式量产。
- ✓党与国家领导人习近平同志在安徽调研时视察了京东方合肥6代线。

中国大陆平板产业迎来盈利的拐点，以京东方为例，其上半年总收入162.5亿元，净利润达8.6亿元。

2010

- ✓1月，华星光电技术投资245亿元建设G8.5 TFT-LCD生产线
- ✓7月，京东方技术研发中心暨TFT-LCD工艺技术国家工程实验室投入运营。
- ✓11月，三星与LG高世代液晶面板项目获得了广州、苏州两地政府正式批文，备受关注的高世代液晶面板项目“5进2”之争终于尘埃落定。

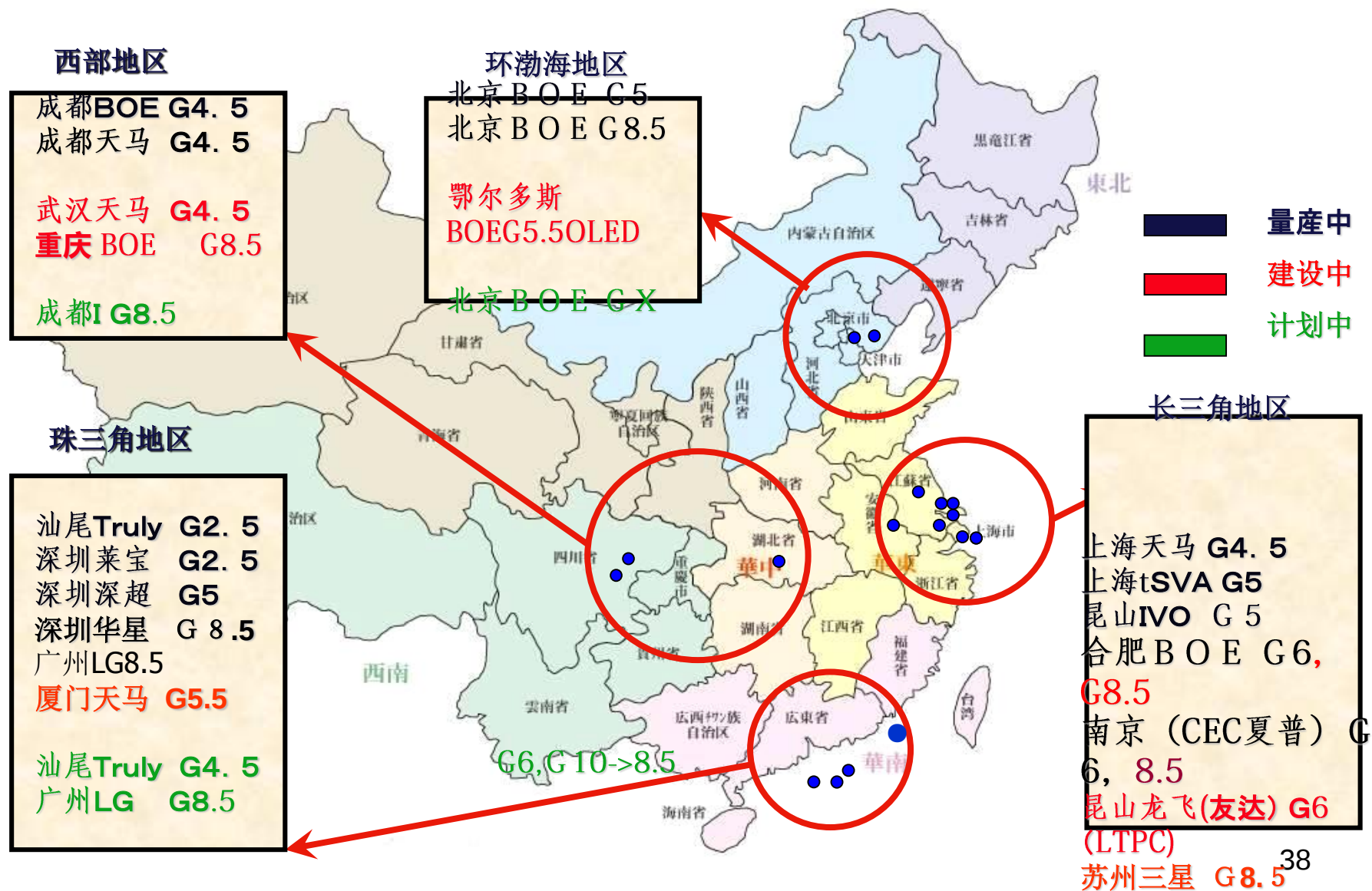
2011

2012

- ✓4月国家调高液晶面板进口关税
- ✓4月，三星苏州G7.5开工建设
- ✓5月，LG广州G8.5开工建设

2013

中国TFT-LCD行业飞速发展现状 (2012)



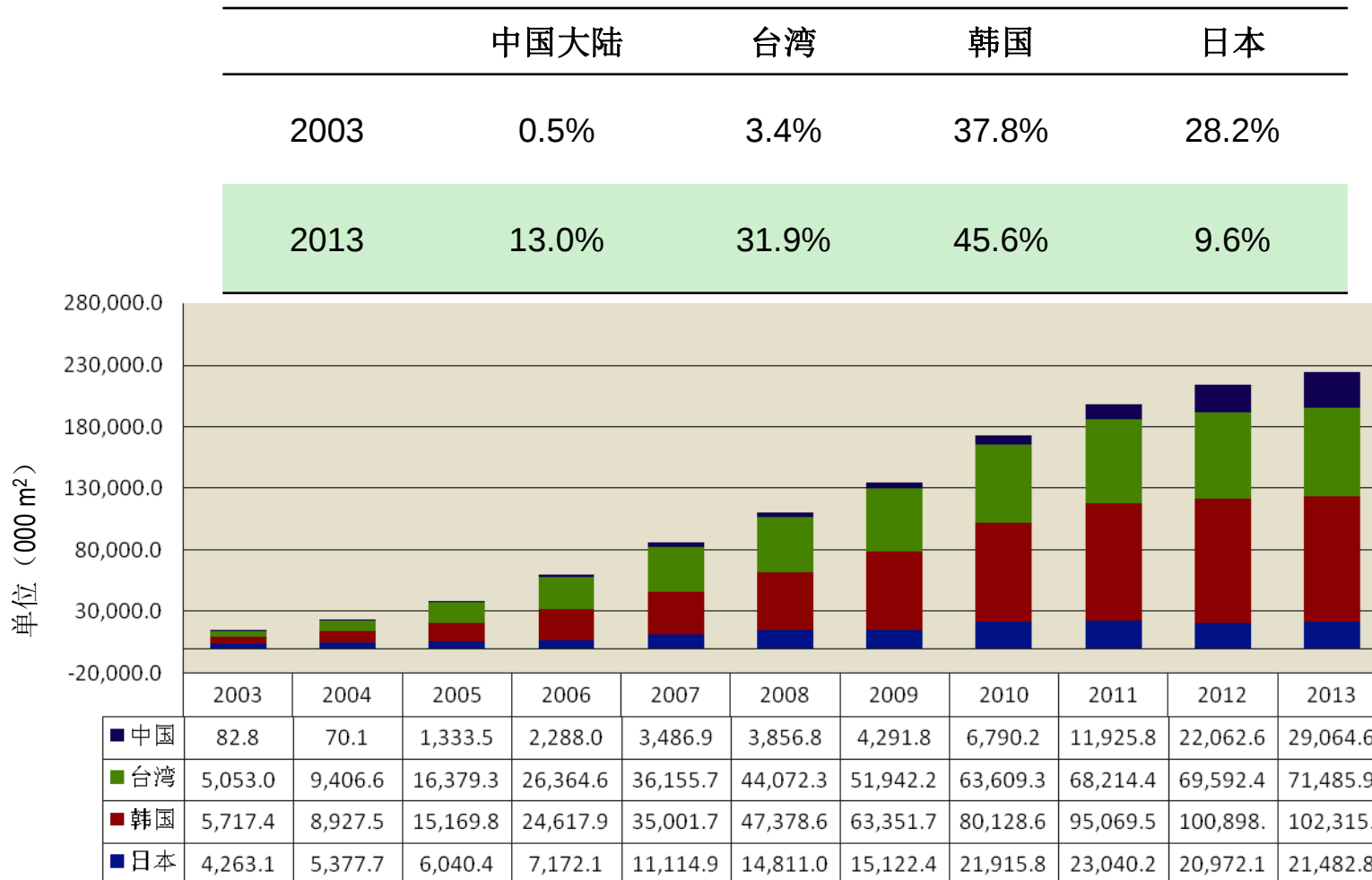
2012年全世界G5以上TFT产能比较
我国产业规模超日本跃居世界第三(约占全球20%)

	中国大陆		台 湾		韩 国		日 本	
	数量 条	年产能 万m ²	数量 条	年产能 万m ²	数量 条	年产能 万m ²	数量 条	年产能 万m ²
G5	4	618	8	1480	4	947		
G5.5	1	70	1	421			1	70
G6	2	559	6	1826	2	866	1	198
G7					2	1678		
G7.5	1	630	3	1315	1	1053		
G8.5	4	2475	3	1056	4	4257	2	956
G10							1	751
总计		4352		6098		8801		1975

来源: Display Search TFT LCD Supply/Demand and Capital Spending Report

全球平板显示产能概况

- 中国大陆2003年以前的产能均来自无源TN-LCD和STN-LCD，从2003年进入TF T-LCD产业开始取得了突飞猛进的发展。
- 中国大陆平板显示产能从2003年的8.2万m²增加到2012年的2206万m²，占据世界总产能的13%，首次超过日本。2013年产能达到2906万m²，未来几年产能将进一步提升，直逼台湾。



全球平板显示产能概况

注：本数据以工厂所在地划分，如中国大陆产能已包含外资投资产线。

资料来源：Display Search

- 中国平板显示产业已经完成了“从无到有、从小到大”的发展阶段，开始向“从弱变强”迈进，并形成了“环渤海、长三角、珠三角、中西部”四大生产基地，产业集聚已经形成。

企业	产线数量	产线类别	产能面积 (万 m ²)	产能份额
京东方	6	G4.5/G5/G5.5/G6/G8.5	2007	56%
天马	5	G4.5/G5/G5.5	287	8%
华星光电	1	G8.5	660	18%
中电熊猫	1	G6	259	7%
龙腾光电	1	G5	189	5%
深超光电	1	G5.5	187	5%
其他	〉 3	〈 G4.5		1%
合计	〉 18	G2.5-G8.5	~3580	100%



2014年大陆液晶显示(TFT-LCD)面板企业

LTP-CAS

企业名称		代级	尺寸(mm)	产能(片/月)	备注	来源
京东方	北京	8.5	2200*2500	110K		http://news.hexun.com/2013-12-27/160950851.html 和讯网
		5	1200*1300	100K		
	合肥	8.5	2200*2500	90K	Oxide	http://money.163.com/14/0725/15/A20QDMHJ00253B0H.html 网易财经
		6	1500*1850	104K		
	成都	4.5	730*920	45K		http://www.ah.xinhuanet.com/2013-06/13/c_116123251.htm 合肥新闻网
	鄂尔多斯重庆	5.5			LTPS-LCD/OLED	http://www.bjnews.com.cn/finance/2012/08/02/214195.html 新京报网
		8.5	2200*2500		在建	
华星光电	深圳	8.5	2200*2500	120K		http://gzdaily.dayoo.com/html/2013-07/12/content_2316175.htm 广州日报
		8.5	2200*2500		在建	
	武汉	6	1500*1850	30K	LTPS-LCD/在建	
中电	南京熊猫	6 , 8.5	1500*1850	80K		http://www.panda.cn/SJTCMS/html/CECPANDA/subcompany_yejingxianshi.shtml 中电熊猫官网
	成都		2200*2500	在建宣布		

2014年大陆液晶显示(TFT-LCD)面板企业（续）

天马	上海	4.5	730*920	30K		http://stock.hexun.com/2013-11-12/159586589.html 和讯网 http://www.coema.org.cn/oenews/company/20130107/144606.html 中国光电子协会
		5	1200*1300	75K	中航光电子	
	成都	4.5	730*920	30K		
	武汉	4.5	730*920	30K		
	厦门	5.5		30K	LTPS	
龙腾光电	昆山	5	1200*1300	60K		http://tech.hexun.com/2014-05-24/165092932.html 和讯网
LG	广州	8.5	2200*2500		在建	
三星	苏州	8.5	2200*2500		在建	
深超光电	深圳	5	1200*1300	80K		FPDdisplay.com 2013.10

中国大陆平板显示供需关系

Demand

✓ 2015年TV需求

FPD Demand		China	Global
2015	出货量 (Unit)	150M	251M
	对应的面积 (m2)	56M	111M
	产能需求 (m2)	75M	149M

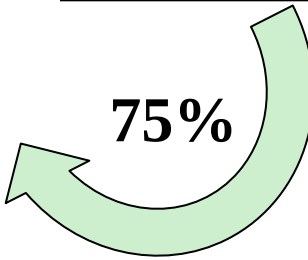
注：以玻璃利用率**90%**，生产线开机率**90%**，生产良率**92%**估算，2015我国液晶屏所需生产能力为**75M m2**

Supply

✓ 2015年产能对应 (@G8.5)

FPD Supply		中国	韩国	台湾	日本
2015	Supply (m2)	59M	48M	14M	10M

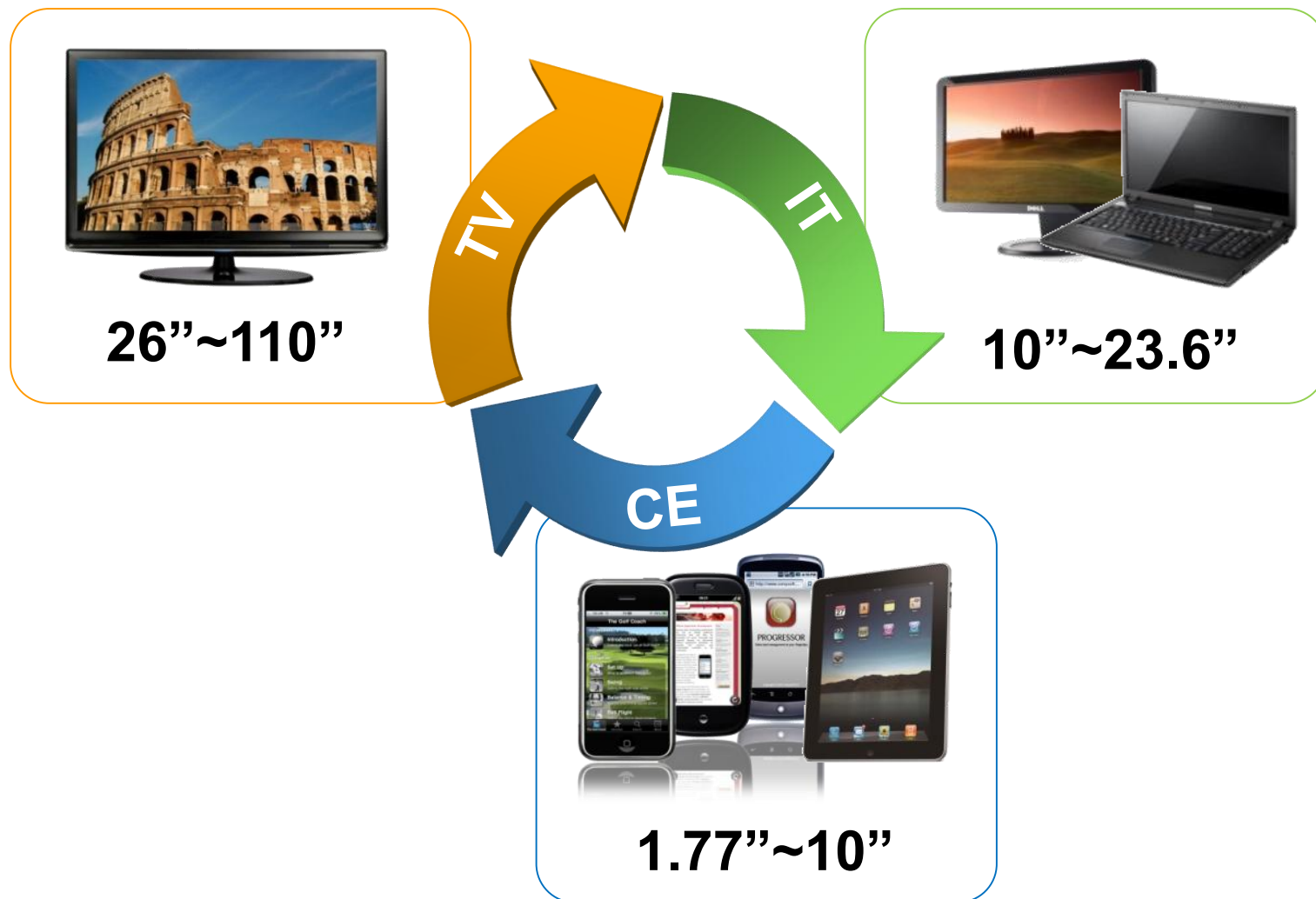
75%



- 2015年，中国大陆8.5代线达到9条，8.5代线产能将占世界第一位，中国产量将占全球的**30%**，并且技术越来越高，多开始采用低温多晶硅和氧化物半导体技术。
- 2015年，根据中国视像协会及专家估算，中国平板显示产业将满足中国市场**75%**的供给（按面积算）。

3. 中国大陆平板显示技术创新成果

- 我国在彩电、显示器、数码相机、移动通讯等多个产品领域产量居世界前列
- 经过10年的发展，中国大陆平板显示技术经历了引进吸收再创新到自主创新的过程，已拥有4.5代、5代、6代、8.5代及更高世代技术，具有自主开发移动电子消费显示（CE）产品、IT用显示产品、TV用显示产品以及装备系统和材料的技术整合能力。



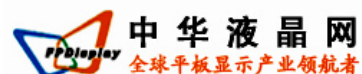
- 平板显示领域的新突破，也使得中国彩电产业、智能终端等电子信息产品终端产业的全球地位和市场话语权得到实质性提升。



110" UHD (4K*2K) a-Si TFT-LCD

首届CITE (中国电子信息博览会) 2013创新奖

2013CES展会三星110寸超高清整机所用的屏来自京东方



CES三星110英寸超高清屏出自京东方

发布时间：2013-1-10 9:32:48 编辑：hesz



삼성 110인치 UHD TV 가격은 최소 1억원 이상?

14일 삼성 및 관련 업계에 따르면 삼성전자 영상디스플레이사업부가 올해 CES에서 공개한 110인치 UHD 액정표시장치(LCD) TV 패널은 중국 BOE가 생산, 공급한 것이다.



65" UHD (4K*2K) Oxide TFT-LCD

— 首届CITE (中国电子信息博览会) 2013创新金奖



55in UHD裸眼3D TV (4K×2K@2D/1280×720@3D)

— 首届CITE (中国电子信息博览会) 2013创新奖

- 平板显示领域的新突破，也使得中国彩电产业、智能终端等电子信息产品终端产业的全球地位和市场话语权得到实质性提升。

华星光电



55" UHD 3D平板电视



110 "UHD 3D平板电视

龙腾光电



弯曲型47英寸液晶面板



熊猫电子



65英寸智能云电视液晶面板

- 平板显示领域的新突破，也使得中国彩电产业、智能终端等电子信息产品终端产业的全球地位和市场话语权得到实质性提升。

京东方：



5.5" FHD LTPS-LCD



10.1" 300 ppi a-Si TFT-LCD



10.1" 300 ppi Oxide TFT-LCD

天马：



12 " AMOLED



4 " 裸眼3D



7.2" 裸眼3D



4" WVGA In-cell

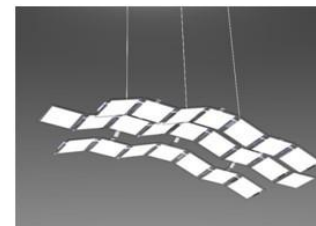
微信诺：



OLED照明



12英寸AMOLED



OLED吊灯

中国大陆平板显示十年发展

1. 全球全球平板显示产业发展
2. 中国大陆平板显示十年
3. 平板显示产业格局
4. 中国大陆平板显示技术创新成果

中国大陆平板显示未来展望

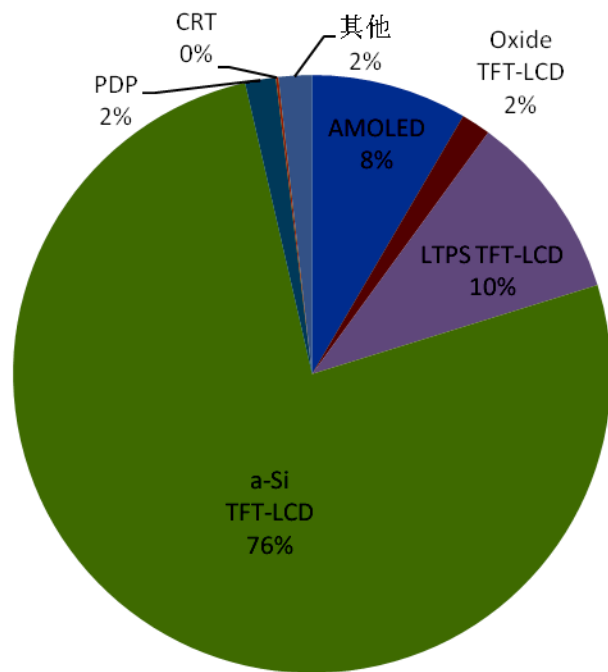
1. 全球平板显示产业展望
2. 中国大陆平板显示产业展望
3. 中国大陆平板显示发展趋势

总结

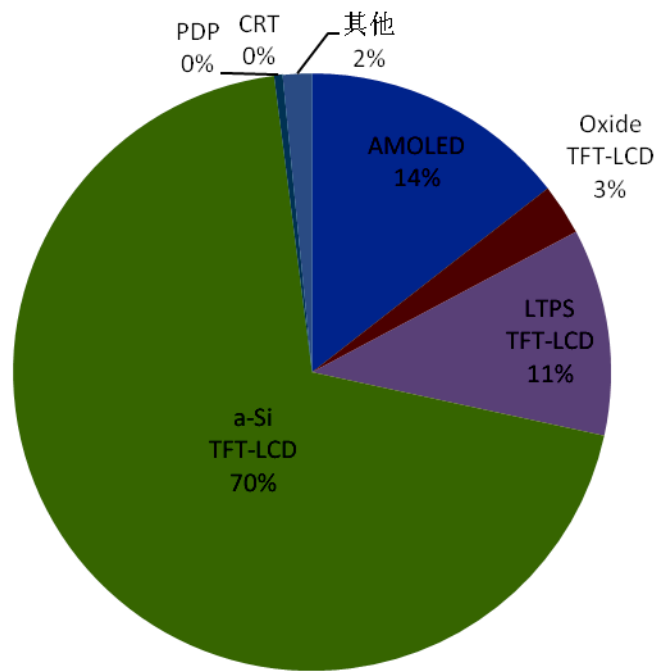
全球平板显示产业展望

- 全球平板显示市场规模将持续增长，2013年市场规模为1388亿美元，到2015年，市场规模将达到1543亿美元。
- TFT-LCD年市场规模仍将维持在1千亿美元以上，但份额开始缓慢下降，到2018年降至75%；TFT-LCD中，a-Si型TFT-LCD市场规模稳定在1000亿美元左右，占比在60%-70%之间，仍然是平板显示市场的绝对王者。

2013年不同技术市场份额比例

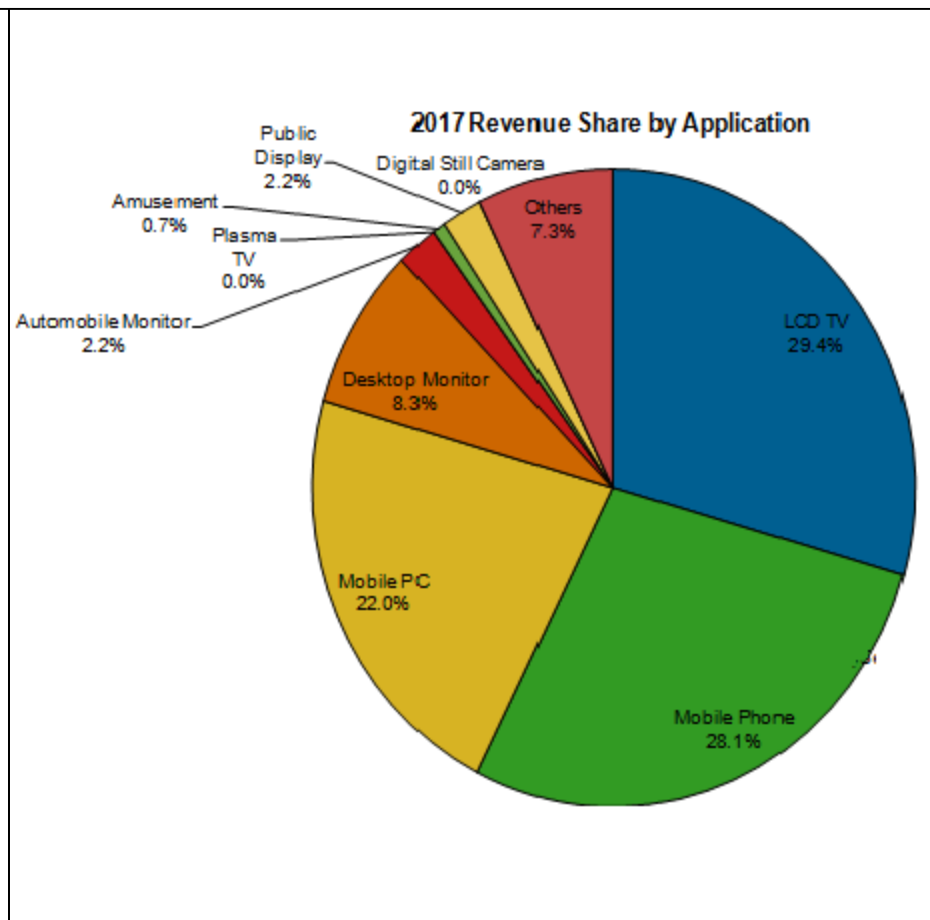
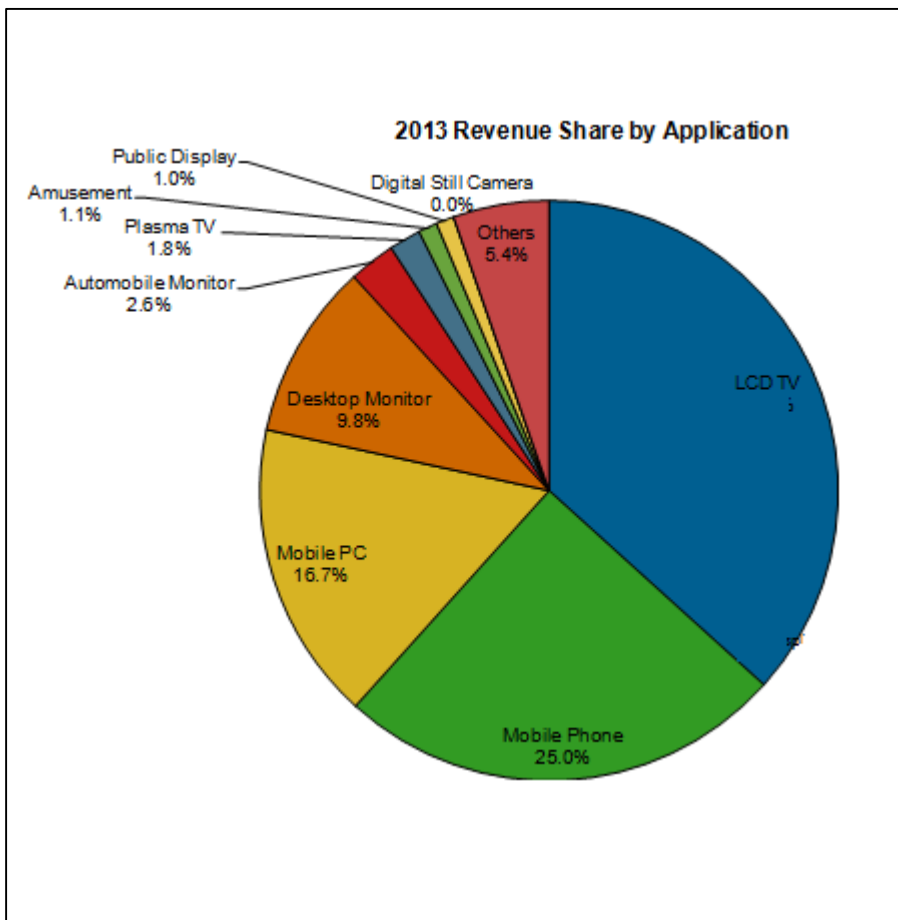


2015年不同技术市场份额比例



全球平板显示产业展望

- 未来2-5年，整体平板显示应用领域格局形成，并且保持稳定
- LCD TV仍然占据平板显示市场最大的份额，稳定在30% - 40%的份额。
- 智能手机和移动电脑是平板显示市场的另一个重要的市场，分别维持约20-25%的份额。
- 传统的显示器市场将会萎缩。



中国市场世界第一：中国平板显示市场对整个产业具有长期的、最大的影响，可以说是风景这边独好。

Category	2012	2013	Comment
Global TV Market	24%	24%	The largest TV market
Global LCD TV Market	21%	23%	The largest LCD TV market
All Mobile PC Market	26%	28%	Fast growing
Tablet PC Market	18%	20%	Fast growing
Clamshell Notebook PC Market	30%	31%	
LCD Monitor Market	35%	35%	
AIO (All-In-One) LCD PCs	21%	21%	The largest market

Category	2012	2013	Comment
Total Smart Phone	10%	13%	
Total large area TFT LCD shipments	19%	19%	
Total small area TFT LCD shipments	15%	17%	
AMOLED panel shipments	-	2%	
AMOLED panel shipments	31%	35%	
TFT Capacity	12%	13%	
TFT Equipment Spending	44%	53%	China is a key investment region for TFT LCD capacities
Touch panel	20.4%	22%	
Projected Capacitive Touch Panel	18%	19%	
Resistive Touch Panel	38%	10%	The largest supplier

如按计划发展，京东方3-5年后将加入全球TFT-LCD生产的第一集团。

Mobile	2013	2014	2015
市场占有率排名	4	2	2
收入（K\$）	1,372,560	2,777,508	3,902,438
出货量（M pcs）	245	376	442
APP/TPC	2013	2014	2015
市场占有率排名	5	3	3
收入（K\$）	631,084	1,174,871	2,086,258
出货量（M pcs）	54.7	73.5	95.2
NB	2013	2014	2015
市场占有率排名	5	5	4
收入（K\$）	610,016	1,142,264	2,222,027
出货量（M pcs）	14	24	34
MNT	2013	2014	2015
市场占有率排名	5	4	3
收入（K\$）	1,195,000	1,680,000	1,872,000
出货量（M pcs）	18.2	24	26
TV	2013	2014	2015
市场占有率排名	7	6	5
收入（K\$）	2,031,585	2,336,277	3,301,459
出货量（M pcs）	12.9	11.9	15.2

华星光电：TV在全球TFT-LCD出货市场排名第六位。

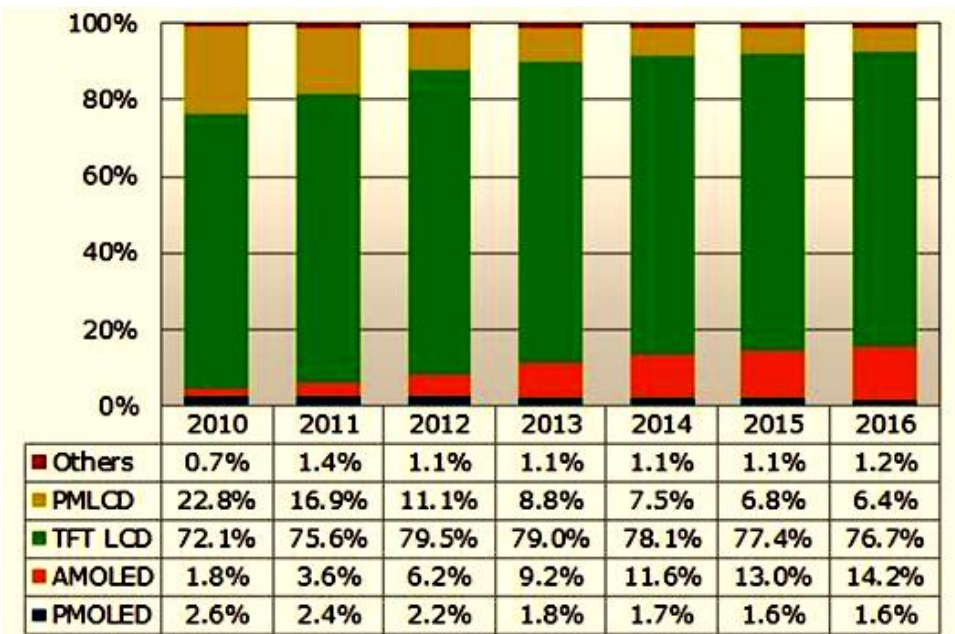
尺寸	出货量（万片）
28”	301
32”	1804
46”/48”	293
55”	281
24”	179
42”	179
总计	2040

天马：中小尺寸在全球TFT-LCD出货市场排名第三位。

	2013	2014	2015
市场占有率排名	4	3	3
市场占有率（%）	12	14	14.5
出货量（M pcs）	360	437	466

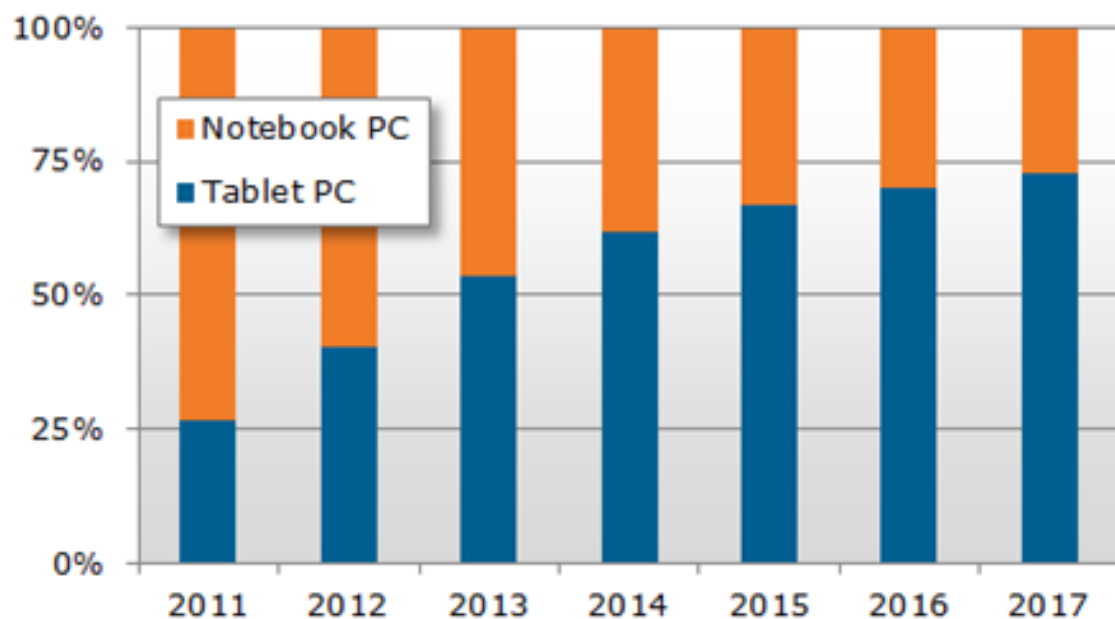
- 苹果的突破性创新iPhone手机掀起了IT移动革命，预计2016年中国智能手机市场占有率占手机市场份额的72%，手机的更新换代加快，对中小尺寸显示面板需求量庞大。
- TFT-LCD仍然是中小尺寸平板显示的主流，维持在75%以上的市场份额，高品质画面、低功耗的面板将是发展方向。
- 为和苹果的突破性创新iPhone的差异化竞争，三星手机虽然推动OLED市场，但是大量采用AMOLED技术将需要克服一些目前面临的问题，由于欠缺专业的技术以及生产经验，新进入厂商面临很大挑战，未来五年仍无法超越TFT-LCD。

中小尺寸显示LCD仍然大大超出OLED的出货量占比



平板电脑市场是一个迅速崛起的市场，将于2013年超过笔记本电脑场：

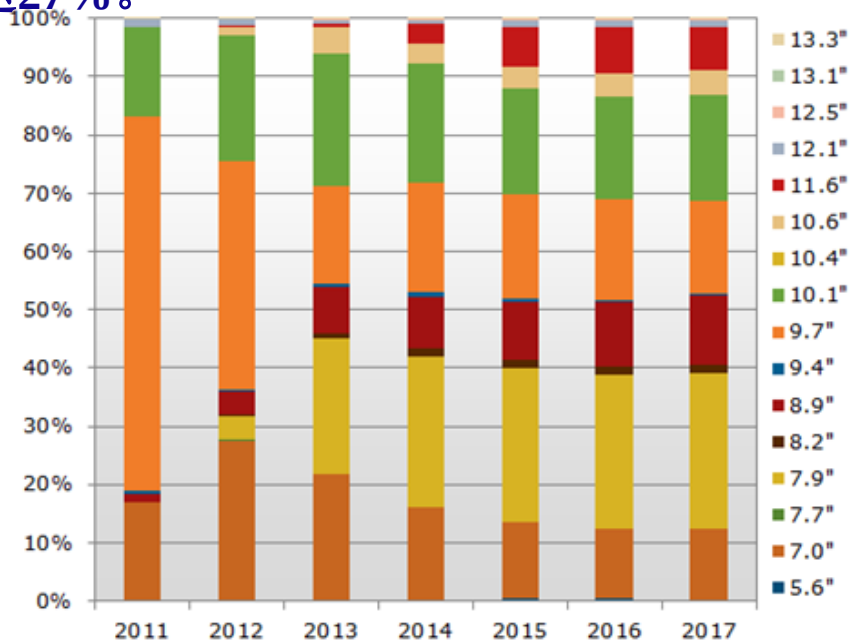
- ✓ 根据NPD DisplaySearch 季度移动电脑出货和预测报告，2013年全球平板电脑出货量预计将高达2亿4千万台，轻松超过笔记本电脑2亿零7百万台的预估出货量。
- ✓ 苹果一直是平板电脑市场的主导者，随着市场多样化发展，更多的机遇和选择促使平板电脑出货量将于2013年成长64%。



2011-2017年笔记本电脑和平板电脑全球出货占比



- 新尺寸平板电脑的快速发展和应用促使大小品牌商都能够各个地区不同市场区隔分得一杯羹，并进一步拉动平板电脑的新需求。
- ✓ 平板电脑市场一直由苹果9.7"iPad领衔，但在2013年一系列的小尺寸平板电脑将取代其主导地位。7-8"的平板电脑预计将占据45%的市场份额，出货量高达1亿零8百万台，而9.7"的市场份额为17%，出货量为4千1百万台左右。
- ✓ 随着平板电脑的种类和新尺寸的市场需求增加，新兴市场（如Phablet）也在快速发展。中国在2012年超过EMEA（欧洲、中东和非洲地区），成为第二大平板电脑市场。在本土小品牌商的推动下，2013年中国平板电脑出货量将达到6千5百万台，市场份额可达27%。



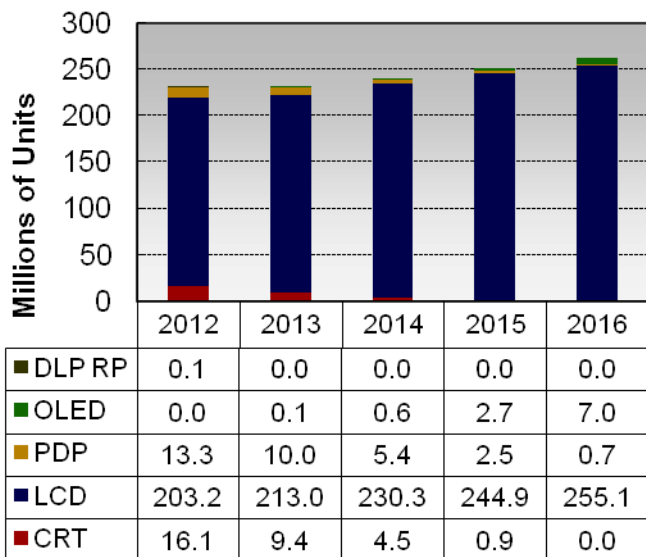
2011-2017年全球平板电脑按尺寸别市场份额

中国大陆平板显示发展趋势 - TV

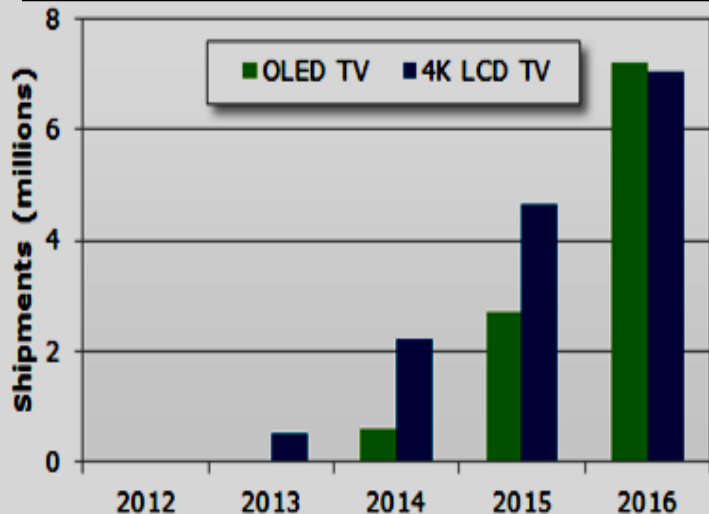
TFT-LCD 电视仍然会占据电视市场> 97 %的份额，其中智能电视和4K迅速崛起，4K液晶电视出货都将超过OLED电视。

- ✓ 中国仍然有很多家庭使用CRT显示器，中国电视的更换潮将会持续到2020年。
- ✓ 许多中国电视品牌商（海信在2013 CES的4K液晶电视表现尤为突出）正在大陆市场推出4K液晶电视，OLED电视虽仍预告在2013年面市，但量少价高。
- ✓ OLED电视商品化时间延迟，而品牌商正积极推广4K液晶电视。

2012-2016年电视出货预测



不准确的2012-2016年OLED电视和4K液晶电视的出货预测



数据来源: NPD
DisplaySearch
Quarterly Advanced
Global TV Shipment
and Forecast Report

2012年全球电视市场，尤其是北美市场，都经历了缓慢增长甚至负成长。因此品牌商迫切希望展示新的技术来创造市场亮点。"NPD DisplaySearch全球电视市场研究总监Paul Gagnon表示，"在前两次国际消费电子展上，OLED电视显然是以下一代显示技术的姿态展出，但缺乏市场推广与商品化时间推迟等因素使得整机商开始重点关注4Kx2K电视。"

➤金属氧化物TFT-LCD 4Kx2K液晶显示将有可能击退OLED的发展风头

4Kx2K TFT-LCD

VS.

OLED



Mono-Color TV



CRT Color TV



LCD TV



智能、4K*2K

1st Replacement
Y1993~Y2000

2nd Replacement
Y2003~Y2013

3rd Replacement?
Y2013-

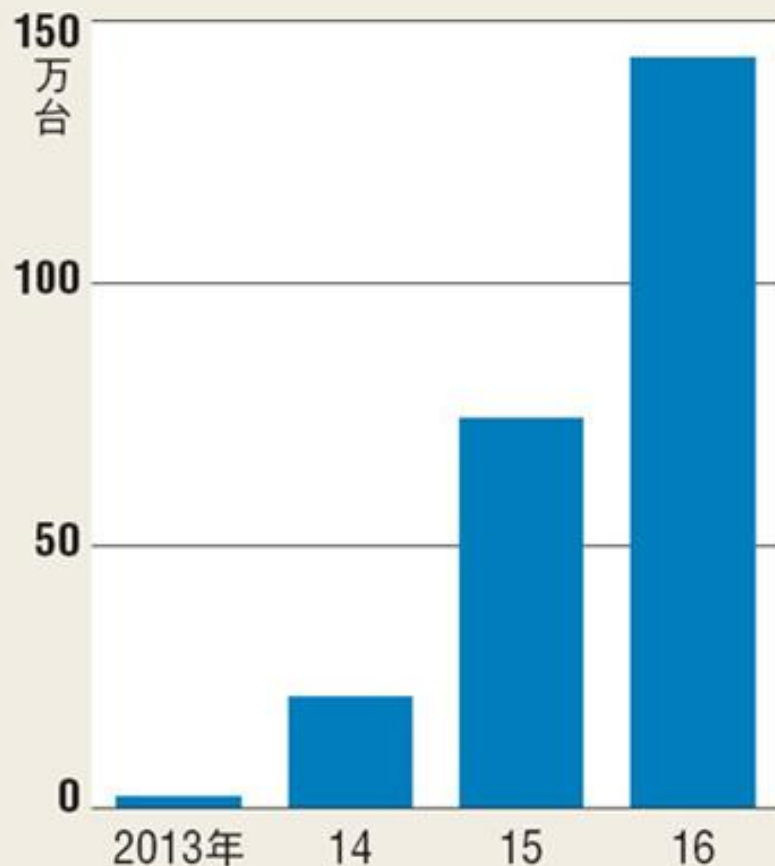
2013年1月8日开始的一年一度的国际消费电子展（CES）上，金属氧化物TFT-LCD 4Kx2K液晶显示（超高分辨率）成为主旋律，以往几年，厂商热烈发布的3D、OLED等技术则几近禁声，甚至有记者当场评论，2013年是3D的终结年。

三星、LG虽然仍然有OLED TV介绍，但大规模量产的时间尚不清楚，

在CES 2013上，新一代主角“4K智能电视”的时代拉开了帷幕。

“4K时代”拉开帷幕

美国4K电视市场预测



注：美国消费电子协会（CEA）调查



海信110英寸4K电视



2013CES展会三星110寸超高清整机所用的屏来自京东方

- 4K无疑代表着新一轮最有希望发展平板显示的新技术，4K分辨率相当于全高清约4倍的影像，配备4K分辨率面板的电视就是4K电视（在美国也被称为“Ultra HD”电视）。
- 如果站在消费者的立场，就会产生一个疑问，那就是“是否需要如此高画质的电视”。分析一下各厂商在2013CES上的发布内容就会发现，各公司对这一问题给出了不同答案。但到底谁能抢占先机，至今还看不出分晓，因此我国现在就加入发展，是站在国际竞争同一起跑线。

三星的理念：“让生活拥有4K电视”

- ✓ 采取苹果iPhone创新概念：好用胜过技术！
- ✓ 欲以4K电视打造一种新的生活方式！

索尼：“用这种电视收看什么内容”

- ✓ 提供4K影像发送服务，宣传技术的同时，让消费者看到了与之相应的数字内容的未来。
- ✓ 从电视的演化进程考虑，这种产品推广方式极为合理。

东芝：“每英寸低于1万日元的价格”

- ✓ 强调了让4K电视成为能够在家中观看的普及机型的想法！
- ✓ 55” 4K电视55X3000C，6-7万RMB！

我国关于4K电视的策略又是什么，这是发改委、工信部当前最值得领导国内业界立马进行研究与布局的课题。在发展4KTV时，但愿不要像广电部发个简单命令便要发展中国3D TV那样，最后只是尴尬的结局。

Question: 我们如何看待TFT-LCD与OLED等新型显示的关系，以及未来平板显示产业发展趋势？

Point: TFT-LCD与AMOLED不是替代关系而将共同存在。

技术发展角度：

α -Si（非晶硅）、LTPS（低温多晶硅）、Oxide（氧化物半导体）TFT-LCD、AMOLED及柔性显示等平板显示技术的基础技术均为半导体技术，业内统称为半导体显示技术。基于半导体显示的特性，TFT-LCD与AMOLED在工艺技术和产线装备上有70%的延续性和共通性。通过发展TFT-LCD技术来掌握LTPS和Oxide背板技术，是发展AMOLED的必由之路。像国内行业领军企业京东方恰恰是在TFT-LCD技术上建立了创新能力和知识积累，才能升级到下一代显示技术OLED上。

OLED: 材料寿命和效率不高，良率较低，这些问题短时无法解决。

市场发展角度：

主流应用技术仍是TFT-LCD技术，仍有较大的发展前景。与已经非常成熟的TFT-LCD技术相比，OLED仍处于产业化初期，很多技术层面的优势还没有体现到产品应用上，仍需继续加大投入和创新力度。在可预见的未来，显示产业发展的主要趋势是：

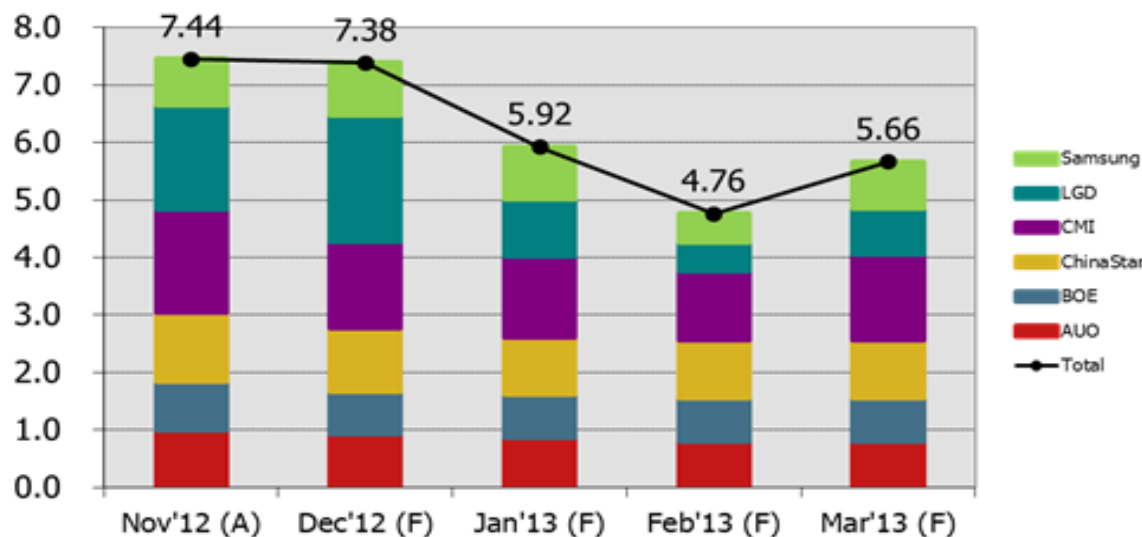
✓ α -Si TFT-LCD仍将保持主导地位；

✓LTPS TFT-LCD和LTPS AMOLED在较长时间内将主要应用于中小尺寸高端产品；

中国大陆继续高速发展平板显示的有利因素

除上面分析的公共因素：市场世界第一、平板新技术（尤其TFT-LCD）自身仍在高速发展、IT电脑的移动化革命的需求及TV的更新换代和4K智能电视的发展；近十年全面掌握TFT-LCD技术，并已具备“后来者居上”的基础，表明2013-2020年是我国发展平板显示，争取世界第一的机遇期。

(M units) LCD TV Panel Shipment to China TV Makers



我国大陆国产化建设新线还有2/3以上的巨大空间！



12年11月，中国大陆液晶电视面板采购量达到创纪录的744万片，较前一个月成长16%(M/M)，比预期也高出6个百分点。根据NPD DisplaySearch最新的月度LCD市场动态报告(MarketWise - LCD Industry Dynamics)显示，去年11月份面板出货量将可能成为2012年出货量最高的一个月份，而随后的12月，中国大陆厂商液晶电视面板的采购量(738万片)将可能维持或者略微下挫1%左右。这个采购量就是发展大陆新生产线的空间，因此再建若干8.5以上生产线都不会面临过剩。

Source: NPD DisplaySearch MarketWise – LCD Industry Dynamics

Flexible LCD

A flexible LCD replaces glass substrate with plastic substrates. It has many advantages over LCD with glass substrates

- reductions in weight and thickness
- improved ruggedness





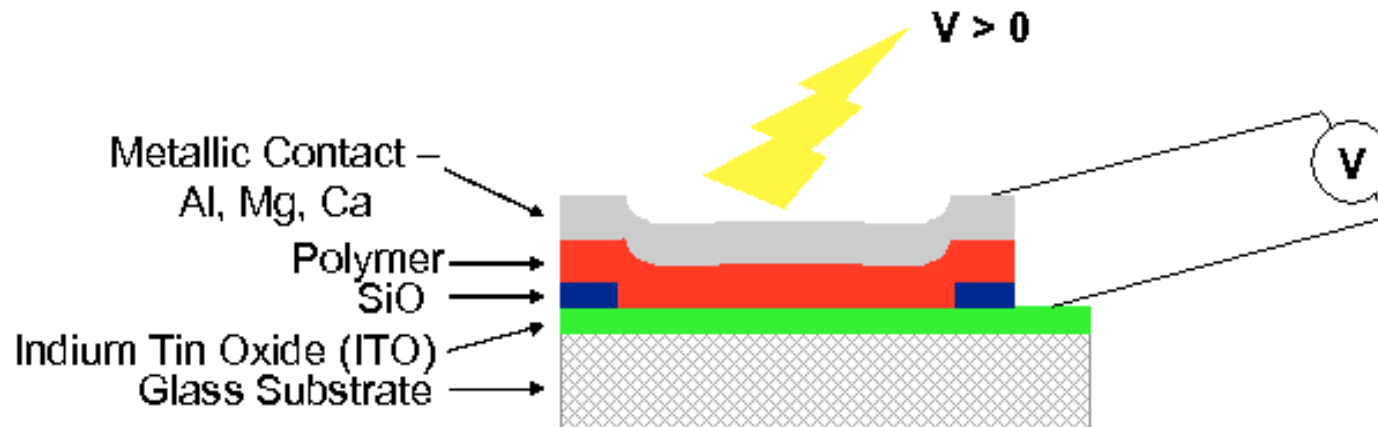
Organic LED Displays The Future



有机发光二极管平板显示(OLED)

What is an organic LED?

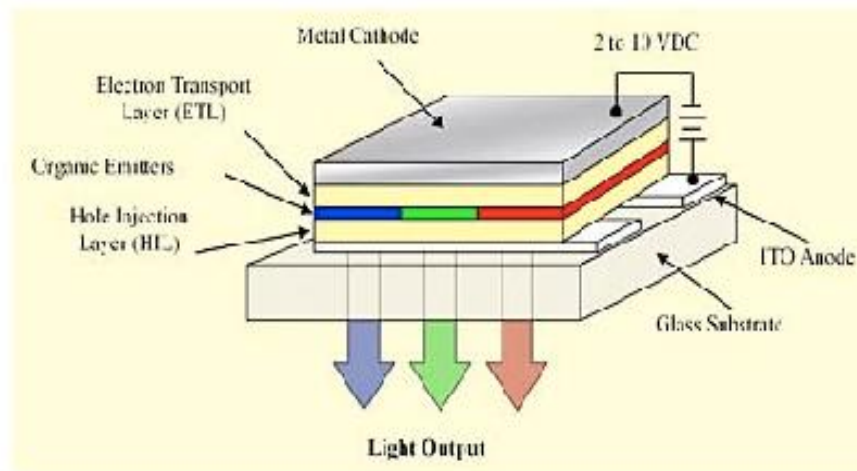
- It's an electronic device made by placing a series of organic thin films between two conductors.
- When an electric current is applied between the conductors, a bright light is emitted - electrophosphorescence.
- Discovered in ~1990 by Friend and Holmes group at University of Cambridge.



两大类:聚合物OLED与小分子OLED



Organic LED Displays The Future



To make the picture that you see, the pixels are split up into red, blue and green cells (as CRTs, LCDs and plasma displays).

So what are the advantages of OLED displays?

**原理:电子\空穴正负载流子注入有机半导体薄膜后复合
发光**

<http://www.sensorsmag.com/articles/1202/oled/main.shtml>

结论：TFT-LCD 不会迅速被TFT-OLED（AM-OLED）

取代，可在TFT-LCD基础上发展AM-OLED

ITP-CAS

技术具有很强的共通性和延续性

TFT-LCD 核心技术



液晶显示技术
(LCD)

+

薄膜半导体技术
(TFT)

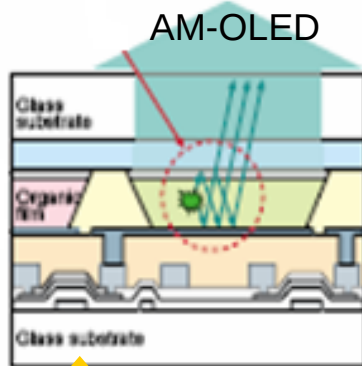
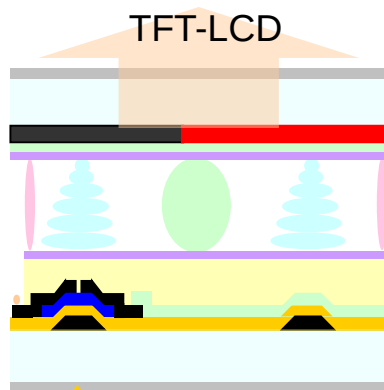
TFT-OLED 核心技术



有机发光二极管技术
(OLED)

+

薄膜半导体技术
(TFT)



以TFT为代表的薄膜半导体技术是平板显示技术中最基础、最核心的共性技术。

还可延展至其他应用平板薄膜半导体技术的领域，如薄膜太阳能电池等

TFT

回顾**2014年**，年初，“**4K（UHD）电视**”和“**曲面电视**”作为“**新一代电视**”引起了广泛关注。

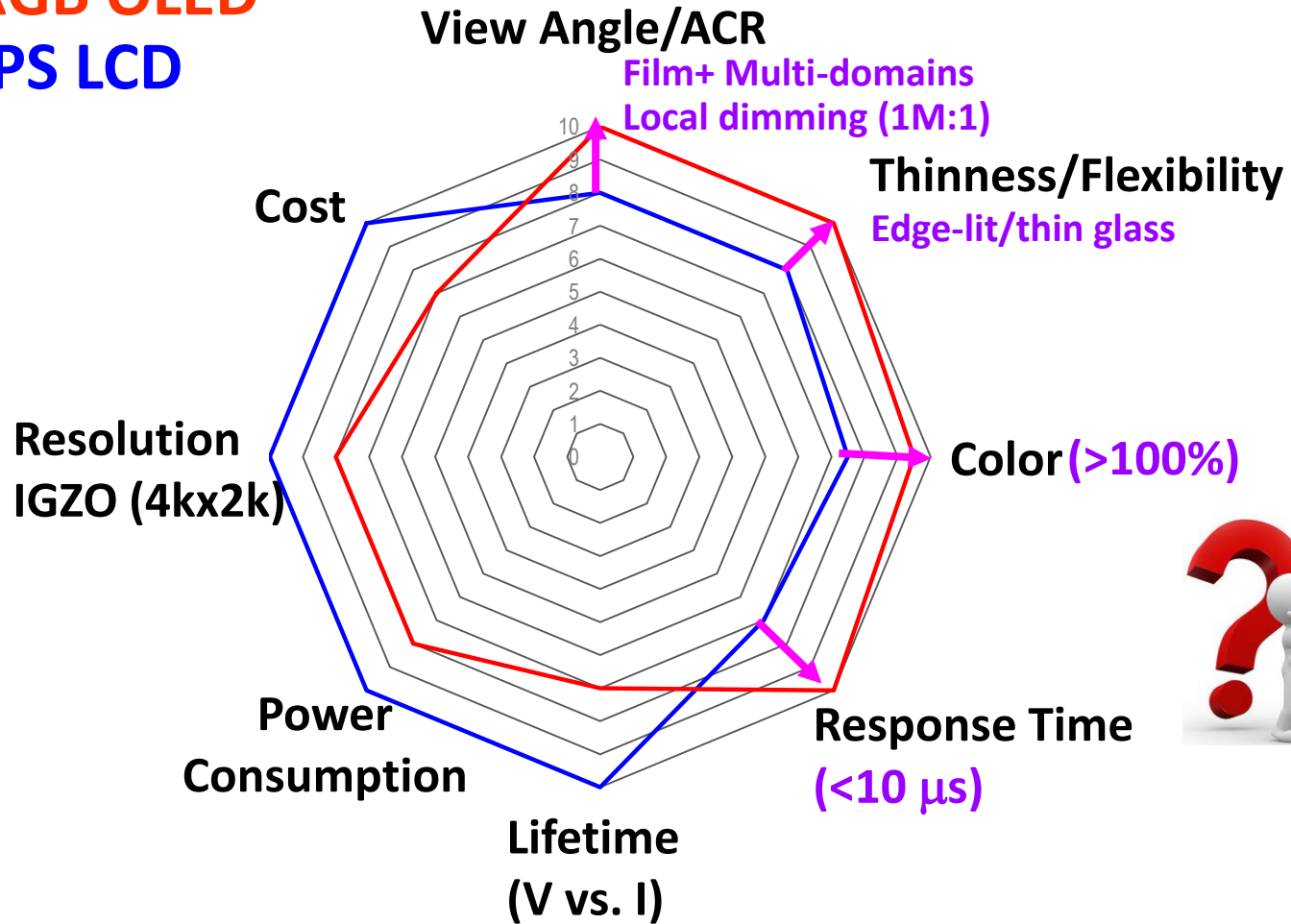
估计**2014年4K（UHD）电视**的出货量达到**1000万台**，曲面电视的出货量也扩大到**200万台以上**，而有机**EL（OLED）电视**的出货量却不到**10万台**。

- 2015年新一代电视的关键词是“**OLED vs QDOT**”以及“**曲面vs超薄**”的对决。有机**EL电视**方面，LG显示器计划建设**8.5代生产线**，开始全面量产电视机用有机**EL面板**，在2015年将生产规模扩大至**60万台以上**。

与之相抗衡的是三星电子等推广的“**QDOT-TV**”（将量子点用于背照灯的液晶电视）。除了三星电子以外，LG显示器、中国面板厂商以及欧美和日本的材料厂商等也都在开发用于电视机的量子点技术（[相关报道](#)）。采用量子点的液晶电视方面，索尼于2013年投产了在背照灯中采用管状部件的液晶电视，三星电子计划通过韩国相关企业构筑从量子点到光学薄膜的一条龙供应体制，目标是全面扩大量子点电视的普及。

LCD vs. OLED: Who Wins?

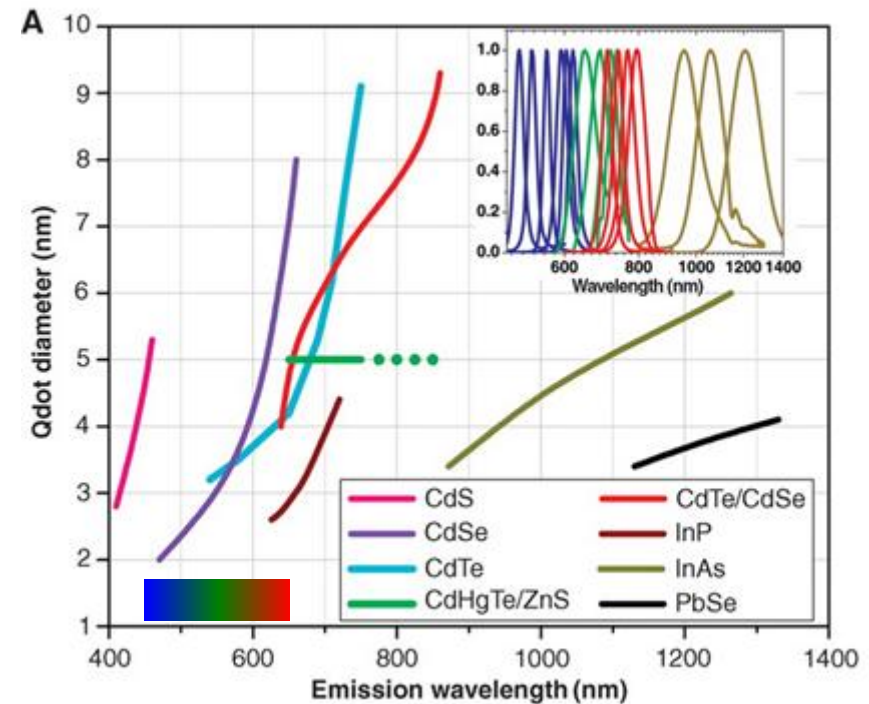
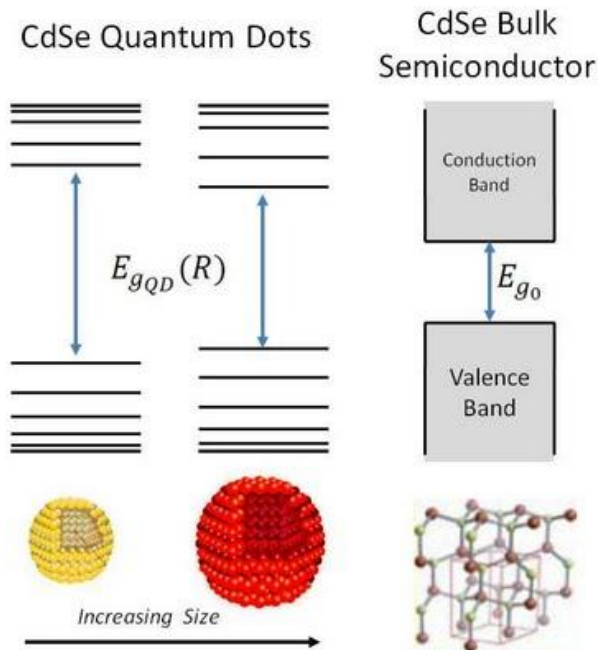
— RGB OLED
— IPS LCD



LCD vs. OLED: Ambient CR

LCD 1234:1	Ambient Dark	OLED 15700:1
 148:1	200 lx	 69:1
 31:1	1000 lx	 15:1
 5.4:1	7000 lx	 3.0:1
 2.0:1	30000 lx	 1.4:1

Quantum Dot Materials



Size 3-7 nm < Exciton Bohr radius → Quantum confinement effect

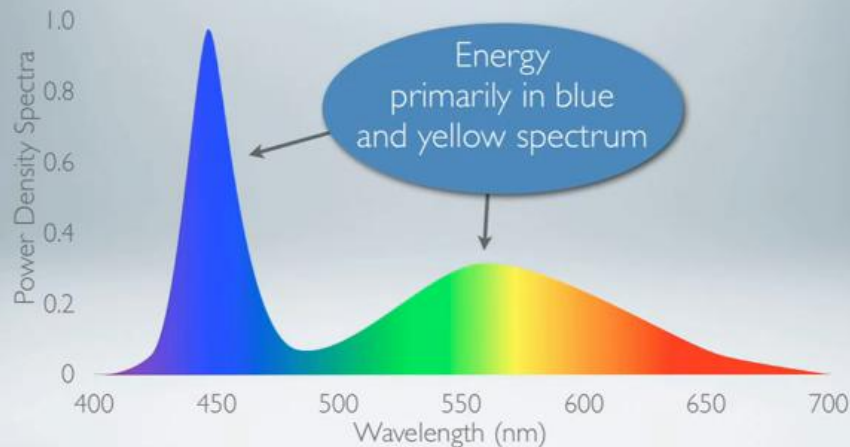
$$E_{g,Qd} = E_{g,b} + \underbrace{\left(\frac{\hbar^2}{8R^2} \right) \left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right)}_{E_{\text{conf}}} - \underbrace{\left(\frac{1.8e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \right)}_{E_{\text{ex}} (40\text{meV})}$$

→ Larger QD → Longer λ

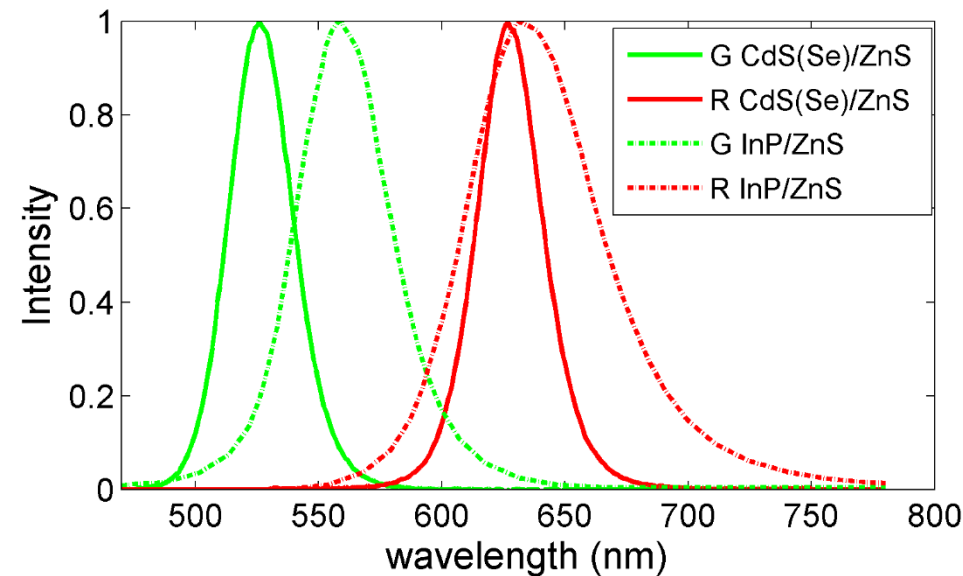
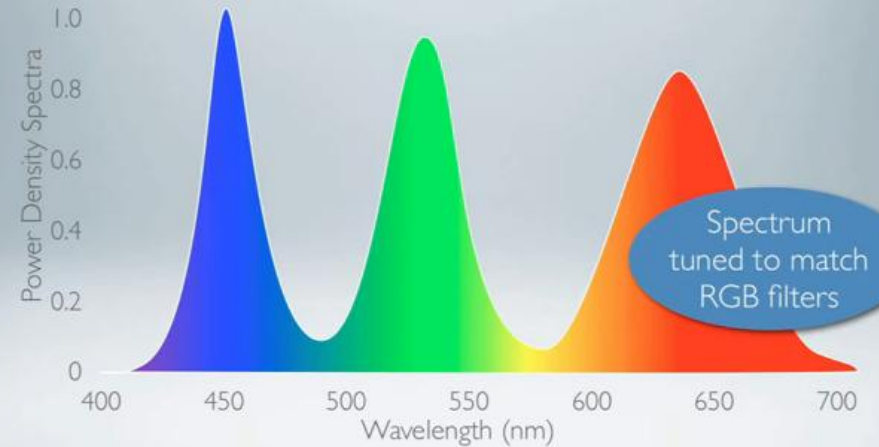
Blue LED → G&R QDs

WLED vs. QD-LED

Standard LED Backlight Spectrum



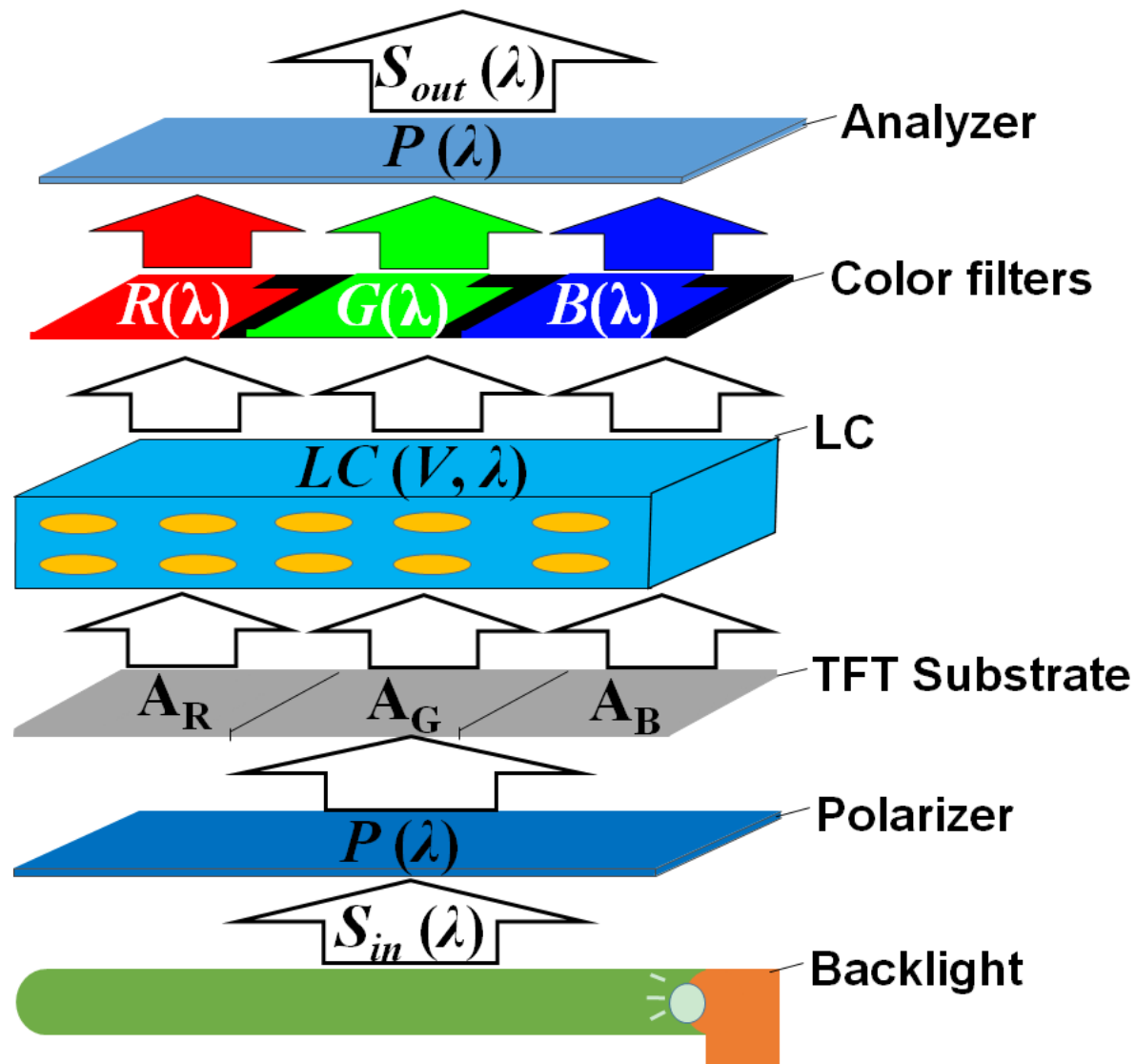
Nanosys QDEF Spectrum



1. Blue LED: FWHM~30 nm
2. CdSe-CdS QD: FWHM~30 nm (under regulation)
3. IQE: 90%; EQE: 18% (Th.~20%)
4. Non Cd-based QD: InP is most promising, FWHM~40~50 nm
5. QD platelets: FWHM~10 nm

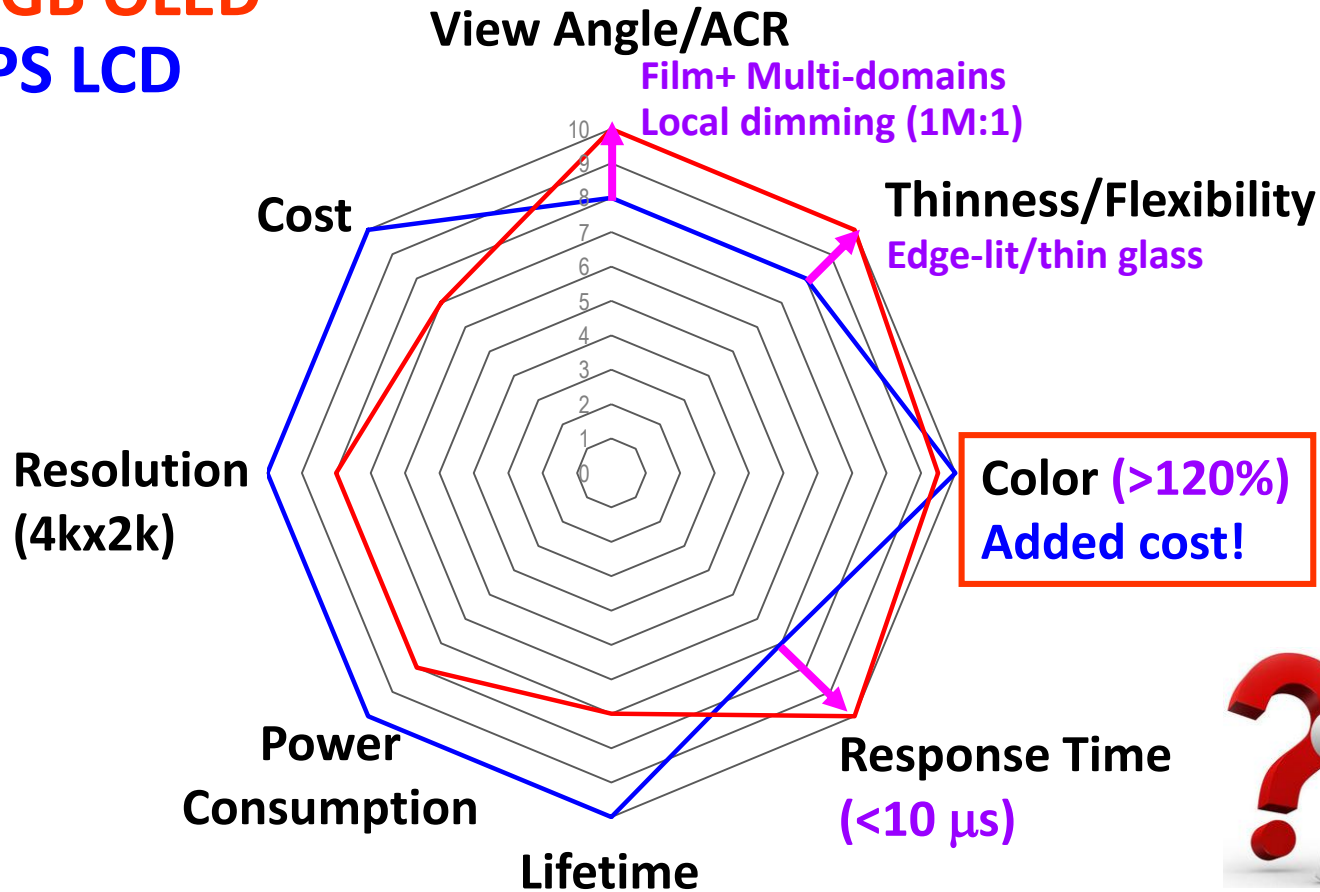
1. S. Coe-Sullivan, Nat. Photonics **3**, 315 (2009)
2. L. Qian, et al. Nat. Photonics **5**, 543 (2011)

LCD System Modeling Flowchart



LCD vs. OLED: Who Wins?

— RGB OLED
— IPS LCD



(Review paper) Z. Luo, et al. (JDT, 2014)

国际消费电子展“2015 International CES (CES 2015)”于美国时间2015年1月6日在拉斯维加斯开幕。

- Ring是一款备受关注的指环型可穿戴终端，在美国的众筹网站“Kickstarter”上，仅一天半就筹集到了25万美元。其工作原理是，利用加速度传感器和角速度传感器来检测佩戴了Ring的手指动作，并通过Bluetooth Low Energy (BLE) 将获得的数据发送到智能手机专用APP上，然后进行APP操作等。



2015年值得关注的领域当首推“可穿戴”及“机器人”。在可穿戴方面，今年谷歌计划推出新款“Google Glass”，苹果也预定发售“APPLE WATCH”。

在2015年1月6日开幕的世界最大电子展会“2015 International CES”上，将有多种可穿戴设备亮相。日经技术在线将会从CES现场发来速报，敬请读者期待。



头戴式显示器（HMD）。HMD中覆盖两眼的双眼方式能够为用户带来身临其境的投入感。使用这种显示器，可以获得穿越于现实与虚拟之间的感觉。



投射影像的地方不仅仅是空中和身体周围，任何场所都将成为显示器。松下已经开发出这样的设备，并且实现了产品化。该公司开发的是照明与影像投影功能相融合的“**Space Player**”。在餐厅内使用时，这种产品不仅能照亮房间，还能在桌面和墙壁上投射美食的介绍。或是在庆祝生日的宴会上投射花束的图案，播放符合现场气氛的影像（图8）。索尼也开发出了将墙壁和天花板作为显示器的技术，是利用超短焦投影仪实现的。



使影像漂浮在空中的技术。借助这项技术，空无一物的空间也能变成“大屏幕平板电脑”。而且，与通常的平板电脑不同，这种显示器可以显示便于观看的新一代三维（3D）影像，看上去就像是在空空如也的空间内存在着真实的立体物体一般。如果再结合高速3D手势识别技术，就可以像摆弄空间中真实存在的立体物体那样，使其旋转，或是在上面写字、画画。而且，因为是影像，所以缩放也可随心所欲。



可穿戴终端从装在物品和服装上，到贴合皮肤以致进入体内

更轻、更薄、贴近皮肤和内脏

可穿戴终端最近的大趋势如图中所示，在已经有数十种产品上市的消费品和手表类产品之后，会向更贴近体表的器件，以及明显在皮肤上甚至体内内植入器件进化。在探索人体贴合度的器件，还在向运用人体生物信息的方向拓展应用。摄影：LG 电子公司、三星电子公司、苹果公司、MTI 的活动监测、Heart Devices 公司、Fitbit 公司、Jawbone 公司、Cytizen Sciences 公司的心率计 / 脉搏计及伊利诺伊大学、首尔大学、东京大学综合研究所、东京大学医科研究所

与人体贴合度/人体信息利用度

低

稍高

高

非常高

体外器件



HMD (谷歌公司)



手表型终端 (三星电子公司)



HMD (索尼)



脉搏计 (三星电子公司)



HMD (三星电子)



植入型终端 (Heart Devices 公司)



可穿戴型终端 (三星电子公司)



植入型终端 (三星电子公司)

体表器件



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)

电子皮肤器件



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)

体内器件



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)



脉搏计 (三星电子公司)

(a) 弯曲电池 "Curved Battery"
(三星SDI公司)



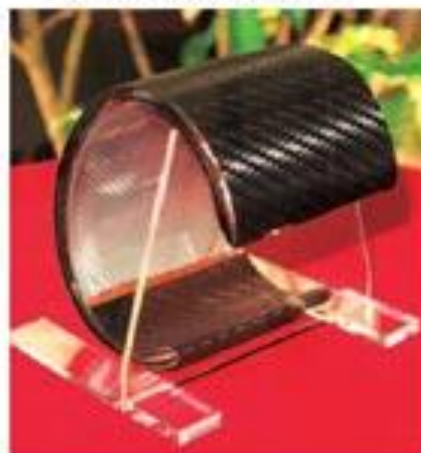
容量：
210mAh

(b) 柔性电池 (同上)



曲率半径：可卷成纸杯的程度

(c) 柔性电池
(半导体能源研究所)



容量：300mAh
电压：3.7V
曲率半径：40mm
重量：11.5g

(d) 镜架型柔性电池 (同上)



详情未公开

(e) 用印刷工艺制作的Zn/MnO₂类一次电池
(Blue Spark Technologies公司)



容量：20mAh (左)
37mAh (右)，
电压：1.5V
尺寸：55mm (79mm)
×47mm×0.5mm

(f) 用印刷工艺制作的使用Zn的二次电池
(加州大学伯克利分校)



详情
未公开

中国大陆平板显示行业自2003年以来取得了瞩目的成绩，我国平板显示产业走完了国际平板显示巨头需30多年的发展历程，中国企业正在向世界领先企业迈进。平板显示产业是我国战略性新兴产业新一代信息技术门类中发展最好的一个产业，但和韩国、台湾还有差距，中国大陆平板显示市场还存在着发展空间，我们仍然在路上。

“创新驱动发展，促进转型升级” 迎接信息时代的到来

习近平同志关心我国战略性新兴产业新型平板显示的创新发展

- 2011年4月9日，时任国家副主席的习近平同志视察了京东方合肥第6代TFT-LCD平板显示生产线。习近平同志一行首先来到6代线产品展厅，详细询问了京东方的自主创新和产品研发经营等情况，京东方董事长王东升就国内外液晶显示领域的发展现状及未来发展趋势向习近平副主席进行了汇报。随后，习近平副主席兴致勃勃地参观了生产线，详细了解TFT-LCD的生产工艺流程，并询问了有关产业配套及材料应用等方面的情况。
- 习近平同志对京东方的发展和自主创新实践给予了充分的肯定。他强调，战略性新兴产业代表着科技创新和产业升级的方向，决定着未来经济发展的制高点，一定要大力培育和发展。习近平副主席勉励京东方一定要继续创新，为提高我国液晶显示领域的创新能力以及国家综合竞争力做出更大贡献。

➤ 今年3月17日，国家主席习近平在十二届全国人民代表大会第一次大会上发表了重要讲话，深刻阐述了新时期中国人民的奋斗目标——“中国梦”。习近平在讲话中对每位中华儿女，都有殷切的期望和嘱托。他深情指出：“中国梦是民族的梦，也是每个中国人的梦”，实现中国梦必须走中国道路；实现中国梦必须弘扬中国精神；实现中国梦必须凝聚中国力量。

➤ 3月4日下午，习主席来到建银饭店参加了我们政协科协与科技界别的联组会，发表了重要讲话，号召全国科技人员要为改革创新时期实施创新驱动发展战略做贡献，习主席指出，在日趋激烈的全球综合国力竞争中，我们必须正视现实、承认差距、密切跟踪、迎头赶上，走自主创新道路，要加强科技人才队伍建设，为人才发挥作用、施展才华提供更加广阔的天地。这是政协科技科协联组会10年来，国家主席、总书记第一次参加政协科技科协联组会，我们见证了 this 伟大历史时刻，心情无比激动，我们决不辜负习主席的重托，把我们的智慧和力量奉献给实现“中国梦”的伟大奋斗。

谢谢!