

# 场致发射应用新观点

——挑战传统CRT显示技术

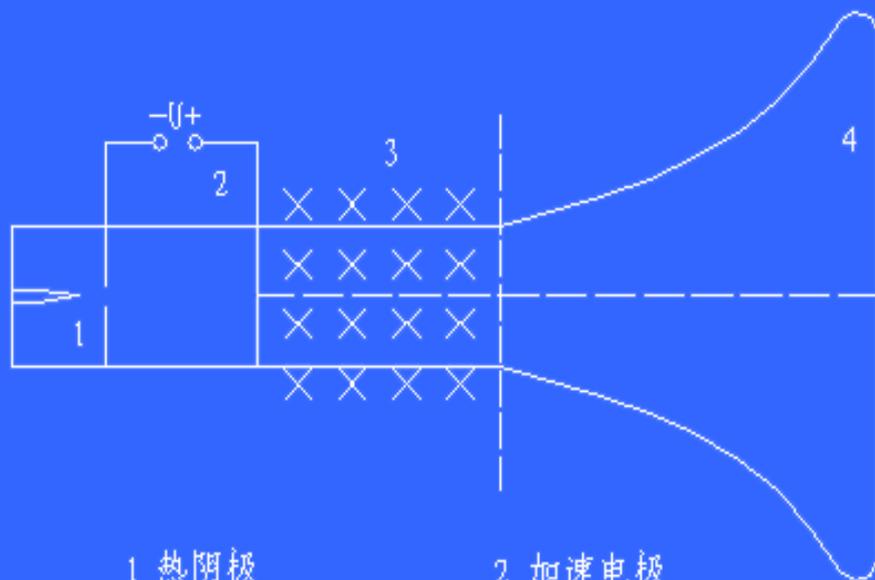
## 一、问题的提出

上个世纪由CRT统治整个显示技术领域！

CRT（Cathode Ray Tube）突出优点：

- 1、具有高分辨率
- 2、轻易实现的高亮度及很好的对比度
- 3、能够显示丰富的彩色色调和图象层次
- 4、显示速度快

——被人们认为是图文显示的标准



1 热阴极

2 加速电极

3 聚焦与偏转系统

4 荧光屏

图0 传统CRT示意图

逐渐暴露的缺点:

- 1、体积大
- 2、重量大
- 3、功耗大
- 4、屏幕越大  
显象管越长

显示技术首要解决的问题:

实现显示器件的平板化!

## 二. 问题的铺垫

从固体中发射出（自由）电子按原理分主要有：

1、热电子发射

——传统CRT的原理

2、场致电子发射

——新技术核心

固体体内电子的运动状态是量子化的：

能量的

费米-狄拉克分布。

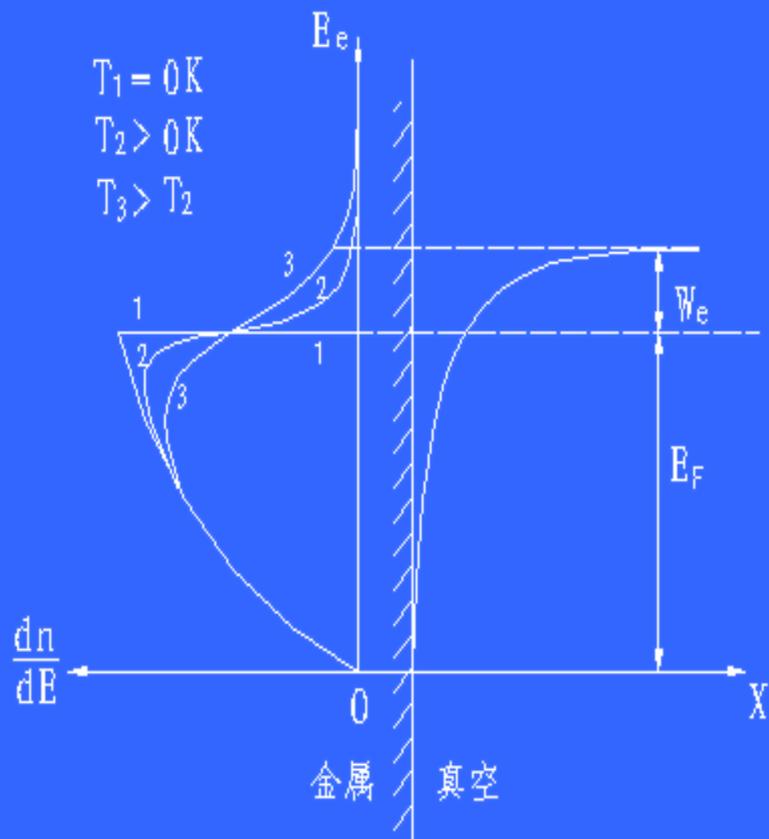


图1 金属的表面势垒和内部电子的能量分布

$$dn = \frac{C\sqrt{E_e}}{1 + \exp\left(\frac{E_e - E_F}{kT}\right)} dE_e$$

热电子发射密度：

$$j = AT^2 \exp\left(-\frac{W_e}{kT}\right)$$

# 场致电子发射：

$$j = j_0 \frac{\pi p}{\sin(\pi p)}$$

其中：

$$j_0 = B d^2 \exp\left(-\frac{b W_e}{d}\right)$$

$$p = \frac{kT}{d}$$

$$B = 4\pi e m h^{-3}$$

$$d = \frac{e h E}{\pi f_2} \sqrt{e m W_e}$$

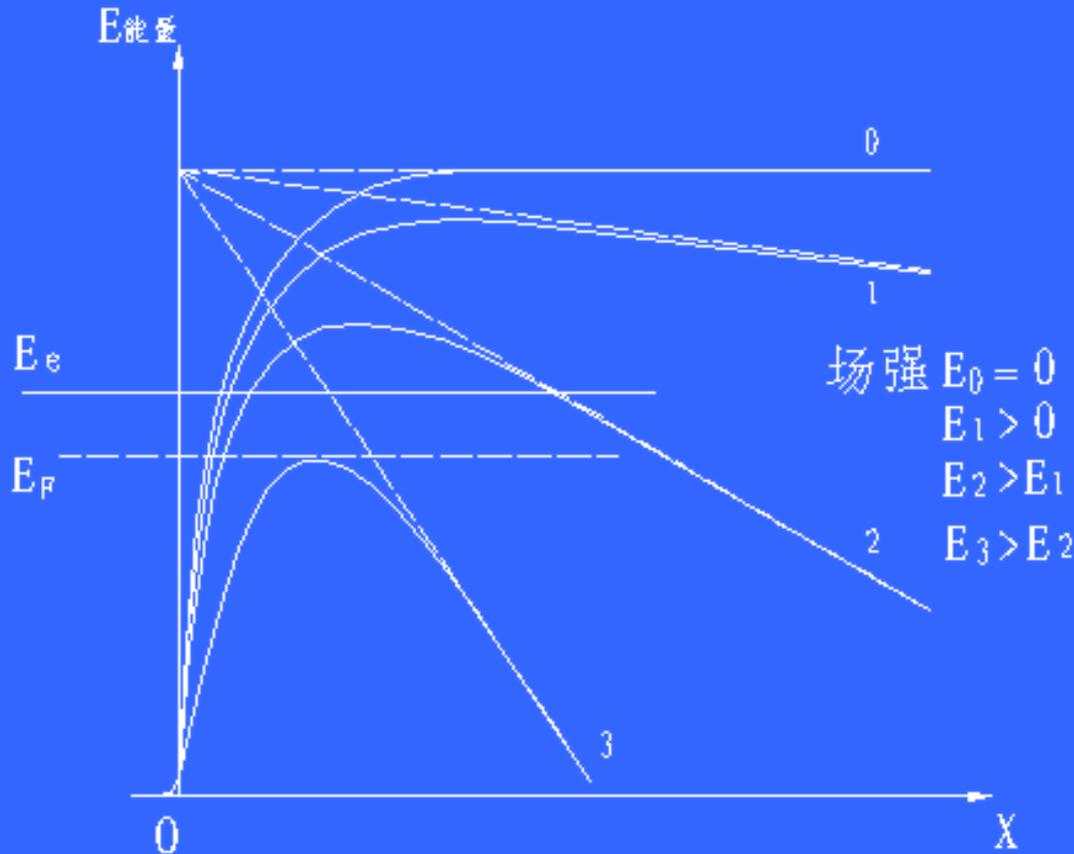


图2 场致电子发射隧道效应贯穿逸出示意图

# 两者比较：

## 1、电子的能量分散

热发射电子来源于固体内电子的费米分布的高端尾部

场致发射电子多数不是从能量分布的拖尾部，而是从费米能级附近发出的。

因此场致发射电子的能量分散比热发射电子要小的多！

## 2、电子的方向分布

热电子发射方向余弦分布：

$$dn = CE \exp\left(-\frac{E_e + W_e}{kT}\right) \cos \gamma d\Omega dE_e$$

场致发射电子的出射方向集中于表面法线方向附近较小的角度范围内，其方向分布可表示为：

$$dj = \frac{jE_0}{\pi d} \exp\left(-\frac{E_0 \sin^2 \gamma}{d}\right) \cos \gamma d\Omega$$

为了获得可利用的场致发射电流，阴极表面必须有相当高的加速电场强度。

如何获得如此高的场强呢？

联想到“尖端放电”！

只要将场致发射体（阴极）做成曲率半径很小的针尖。

电场强度E可以用以下经验公式估算：

$$E = 2.32 \frac{V}{\sqrt{h\rho}}$$

### 三、问题的分析

要实现显示器件的平板化，必须去掉传统CRT显示器的聚焦偏转部分。

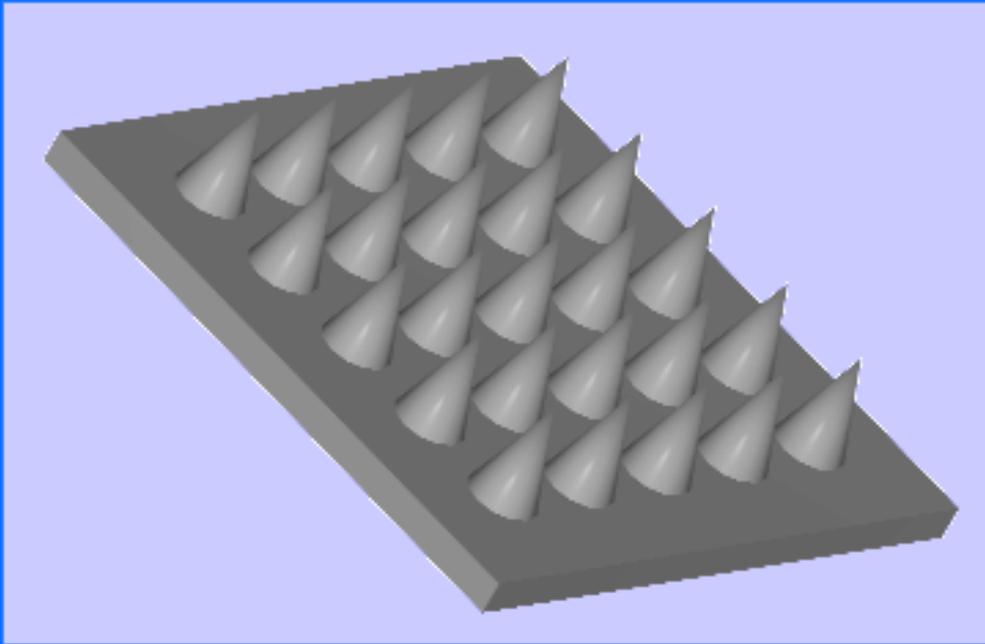


图3 微尖阵列示意图

场致发射显示器  
(FED)  
基本模型已建立。

# 可行性分析

## 1、制造工艺

试想用该技术制造一个现在主流的17英寸显示器（显示屏长320mm，宽240mm），实现1600×1200的分辨率。

每个发射尖端占有面积约：

$$\frac{320\text{mm} \times 240\text{mm}}{1600 \times 1200} \times \frac{1}{3} \approx 0.013\text{mm}^2 = 1.3 \times 10^4 \mu\text{m}^2$$

平均边长为： $\sqrt{1.3 \times 10^4 \mu\text{m}^2} \approx 110 \mu\text{m}$

## 2、制造材料

$$j = j_0 \frac{\pi p}{\sin(\pi p)} \quad j_0 = Bd^2 \exp\left(-\frac{bW_e}{d}\right)$$

$$p = \frac{kT}{d} \quad B = 4\pi emh^{-3} \quad d = \frac{ehE}{\pi f_2} \sqrt{emW_e}$$

在其他条件不变时，随着逸出功 $W_e$ 的减小，场发射电流会显著增大。寻求逸出功 $W_e$ 足够低的材料，可以轻易实现在很低控制电压下获得相当可观的发射电流！

## 2.1 金属场致发射材料

## 2.2 硅及表面敷TiN、BN膜硅场致发射材料

## 2.3 碳纳米管——场致发射材料的新希望

径向尺寸为纳米量级，管子两端基本上都封口的一维量子材料。

碳管纳米量级的细尖构成非常理想的尖端，其表面逸出功 $W_e$ 也很小，极易发射电子。

首选碳纳米管用于做FED的电子发射体。

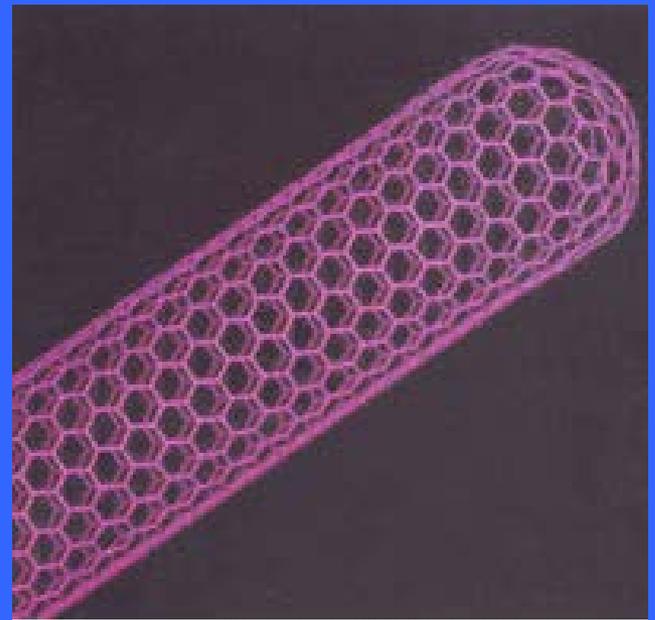


图4 碳纳米管

## 四、问题的解决

彩色显示的可行方案：

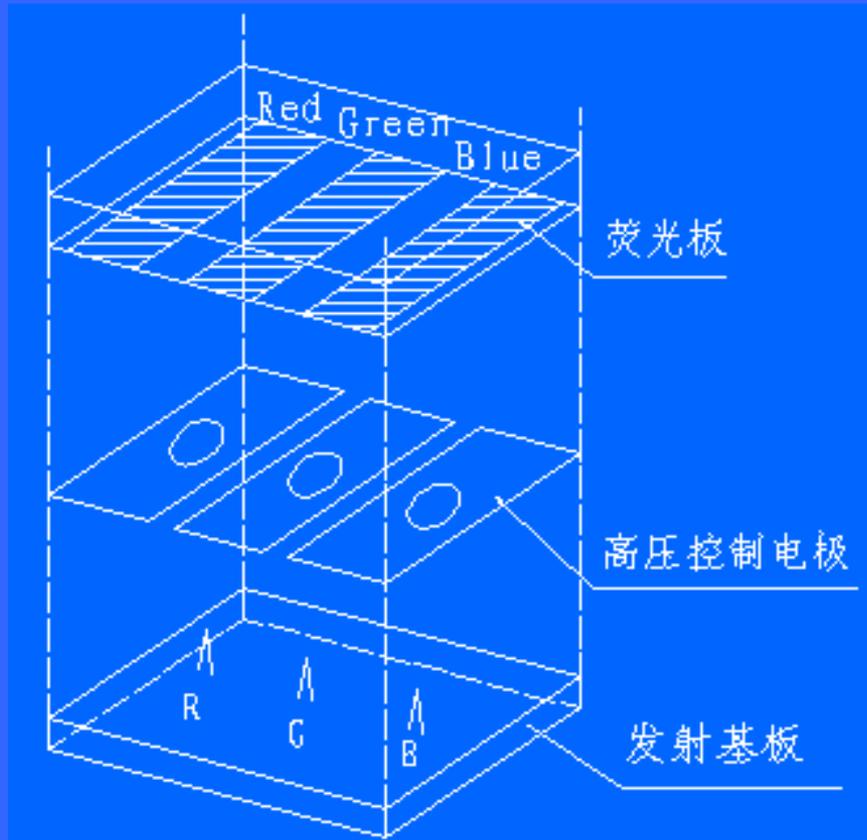


图5 彩色像素结构示意图

所有的彩色像素都由不同亮度的RGB三色像素叠加而成。

微尖阵列FED显示器  
1体积小 2重量轻  
3平板化 4大大省电,  
5显示质量好  
6响应时间仅几微秒

## 五、问题的展望

- 1、实现显示器件平板化的解决方案众多。
- 2、目前大部分平板显示器件的图像显示质量，特别是性能价格比和传统CRT显示器件仍然有一定的距离。
- 3、FED显象原理和CRT几乎完全相同（电子束激发荧光粉发光），因此它完全有能力达到和超越CRT的显示质量。
- 4、未来的FED将向高亮度、高分辨率、大尺寸方向发展。

谢谢大家！

请各位老师同学指点！