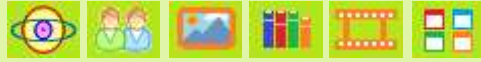




智慧慈悲 | 科技人文 | 禅思原创



从电子角度禅悟世界 用电子技术传播禅学



大象 退出

【电子禅国际\_论坛首页】 » 大象讲堂 Hans's Lecture Room » 【37】为什么集成电路能准确的比较，却很难准确的测量？

<< 上一主题 | 下一主题 >>

回复

新帖

本主题由 大象 于 2020-12-2 23:00 加入精华

▶ 【大象】 发表于 2020-12-2 22:48 只看该作者

小中大 1#

### 【37】为什么集成电路能准确的比较，却很难准确的测量？

集成电路最小特征尺寸已经进入纳米级别了，也就是说集成电路制造过程中，已经达到了可以控制数百个原子的工艺了。精细的结构使得集成电路工作速度更快，功耗更低，检测外界信号也更加灵敏。

不过集成电路有个特点，它们能比较出外界信号细微的差别，却往往难以测得其准确值，这是什么原因呢？

举例来说，TOF相机可以比较出两个快门输入的微量电荷比例，但是要让它具体测量每个输入端电荷具体有多少，它却很难做到。

类似的例子还有很多，集成电路尽量去检测外来信号的相对值而非绝对值。这是为什么呢？

道理其实并不复杂，主要是集成电路制造过程中的工艺偏差造成的。下面我们从集成电路的制造过程，看看集成电路工艺带来的差别。

#### 一、不同批次晶圆之间的差异

由于晶圆是由单晶棒切割研磨而成的, 不同批次的晶圆, 其本身材料的纯度会有不同。加之不同批次晶圆经历高温的时间不同, 位于硅棒的位置不同, 都会造成晶圆参数的差异, 表面方块电阻也有一定的容差。



图1 不同尺寸的硅棒和晶圆示意图



图2 盒装晶圆示意图

图1和2示意了硅棒和硅片。同一盒装的硅片在工艺过程中也是基本一起处理的, 不同批次硅片在提纯切割研磨等制造过程中不可避免的会有差别。

## 二、同一批次扩散及注入的差异

同一批次的晶圆，需要装载在石英舟上，慢慢推进到扩散炉进行杂质扩散，一般一批最少25片或者更多。硅片进入的先后顺序不同，位于石英舟中间的区域与边缘的区域扩散并不均匀。

因为在扩散炉一千多度的高温下，杂质原子是靠几种气体反应而进行扩散的，硅片在石英舟上的位置不同，接触气流产生的反应也不尽相同。同一批次晶圆的工艺过程如图3和图4所示。



图3 装载晶圆进入扩散炉的石英舟示意图

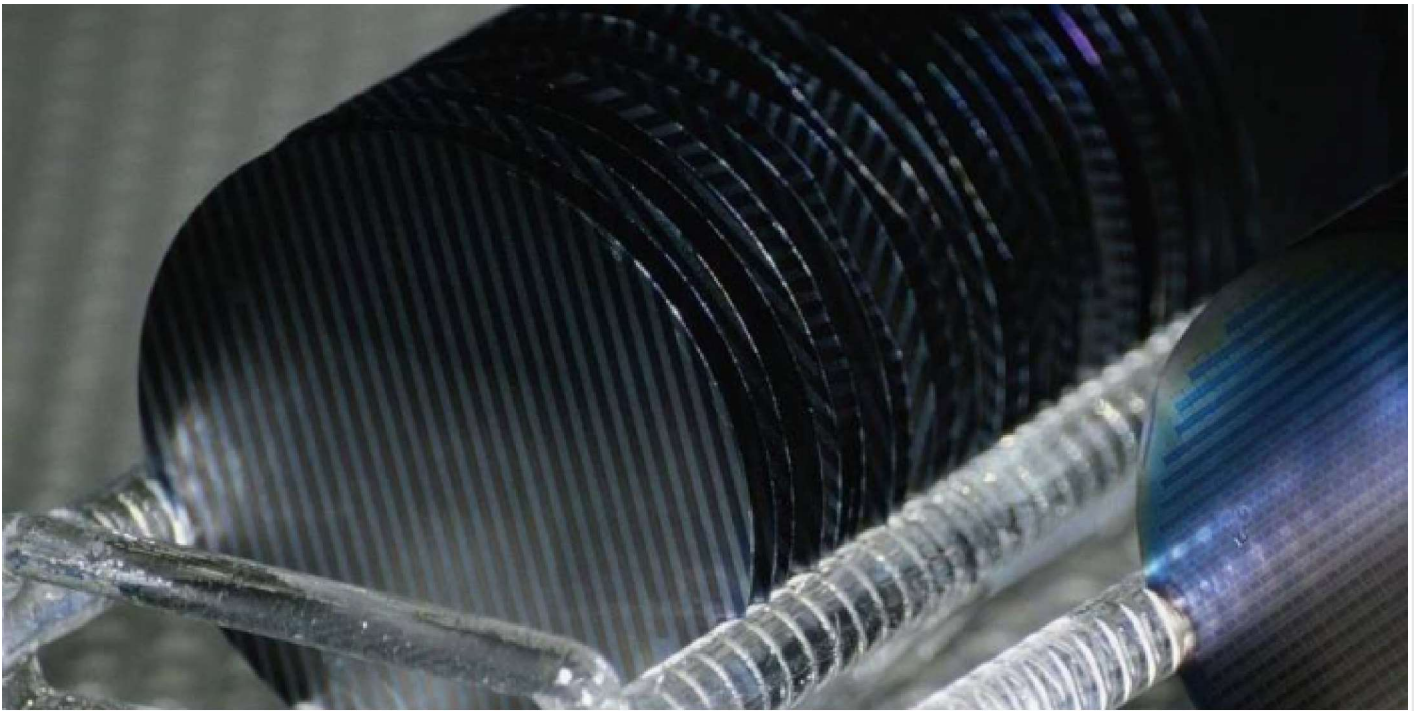


图4 同一批晶圆在石英舟上的情况示意图

如果使用注入机进行杂质的注入，同样会有注入角度等引起一致性问题，批处理一般都很难准确照顾到每一块晶圆。

### 三、同一晶圆不同位置的差异

即使同一片晶圆，在中间位置和边缘位置扩散的效果也可能不同。同一晶圆不同位置的差别示意图如下图所示。需要说明的是，下图中只是用光彩直观的演示区域差别，而并非真正的浓度差别。

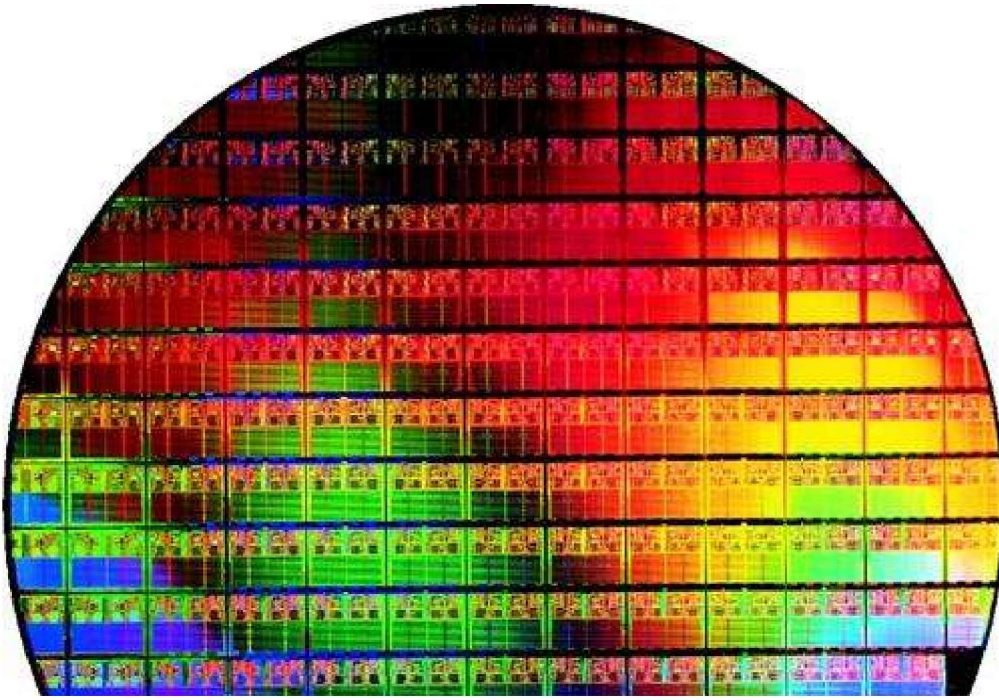


图5 同一晶圆的不同位置工艺可能有差异示意图

图中的色彩虽然不是工艺偏差造成的，但是可以理解，在8英寸的范围内进行扩散或者注入，其均匀度也会有一定的起伏，不会那么完美的。

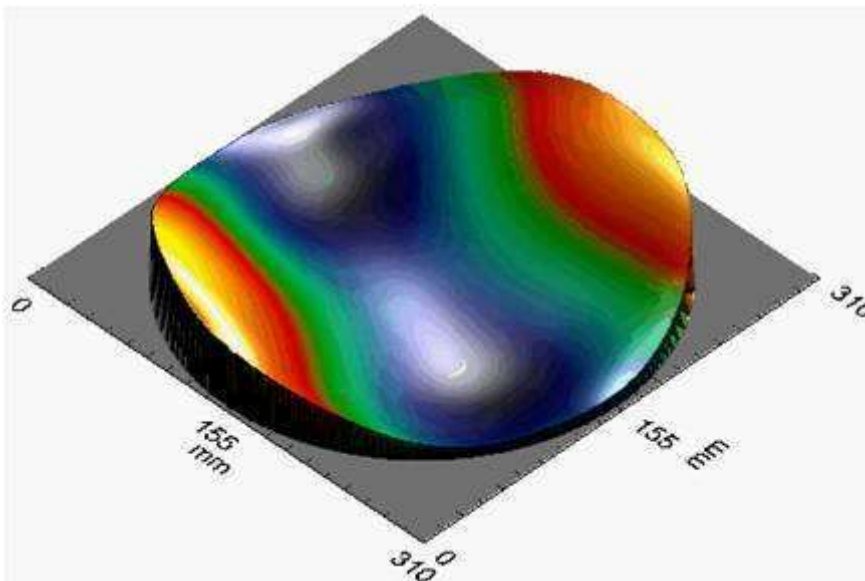


图6 晶圆不同位置的扩散效果示意图

上图用可以看作是用色彩形象的显示不同区域成分的不同。实际的晶圆均匀度也不会离谱到这么夸张，中间与边缘区域的参杂会有微量的起伏。而这些微量

的变化对非常精细的器件造成的影响就不可忽略了。

#### 四、同一电路不同方向的差异

即使同一块芯片内，电路设计方向不同，也会造成器件性能差异。因为不同方向的扩散与注入甚至光刻都会引起差别：

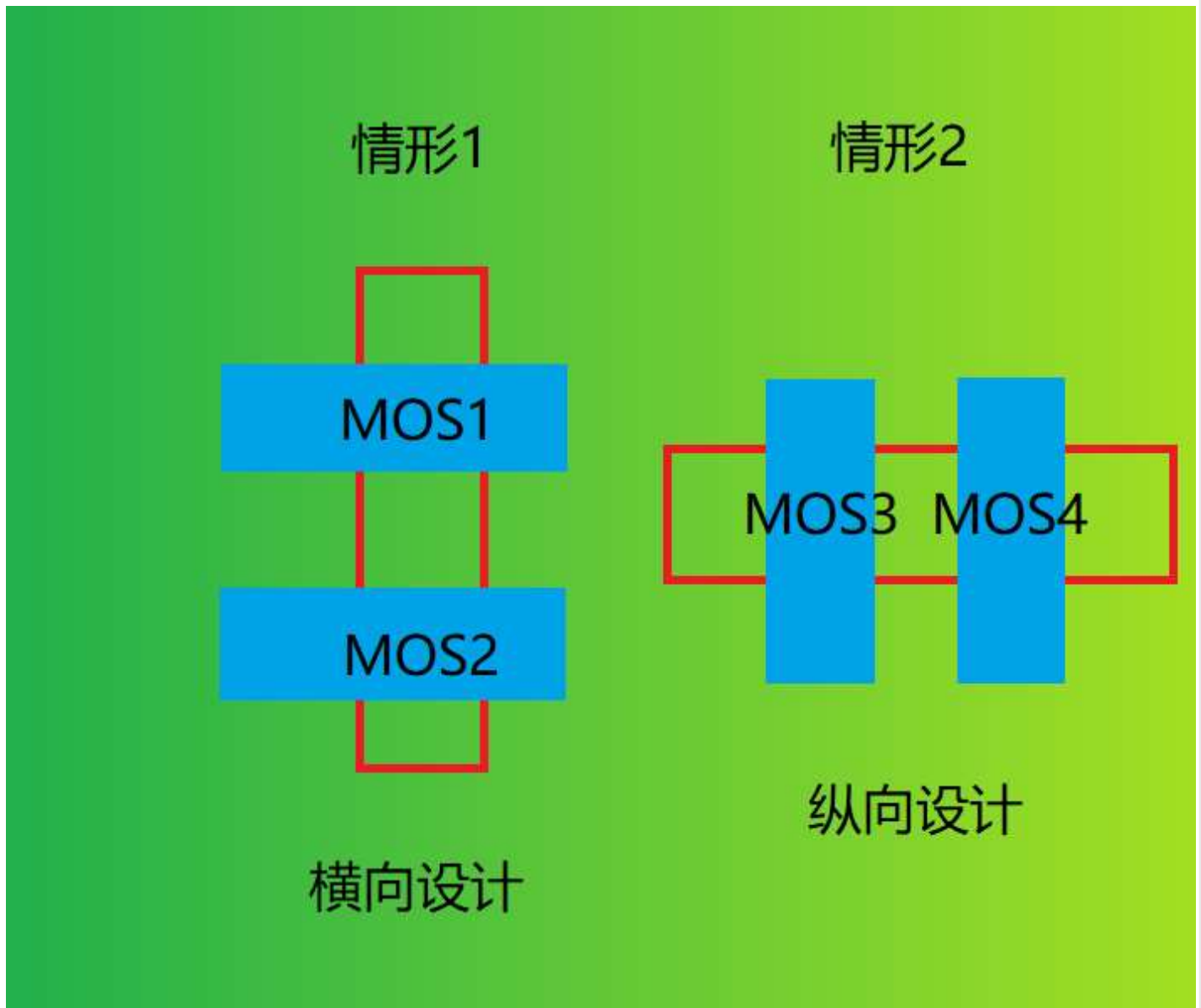


图7 相邻器件不同方向的区别示意图

不同设计方向的电路扩散或注入的情况如上图所示。图中用绿色深浅表示参杂浓度的不一样，左边深绿右边浅绿。对于MOS1和MOS2，它们的差别不大，但是MOS1与MOS3的差别就比较大。

同一芯片几乎同一位置的器件都有差异，更别说晶圆的不同位置，或者不同的晶圆，甚至不同批次之间的差异了。

如果用MOS1和MOS 3 这两个设计相同，但工艺有偏差的器件，对外进行电学测量，相当于用不同刻度的尺子去测量身高，那么谁到底是准确的呢？这就说不清了。

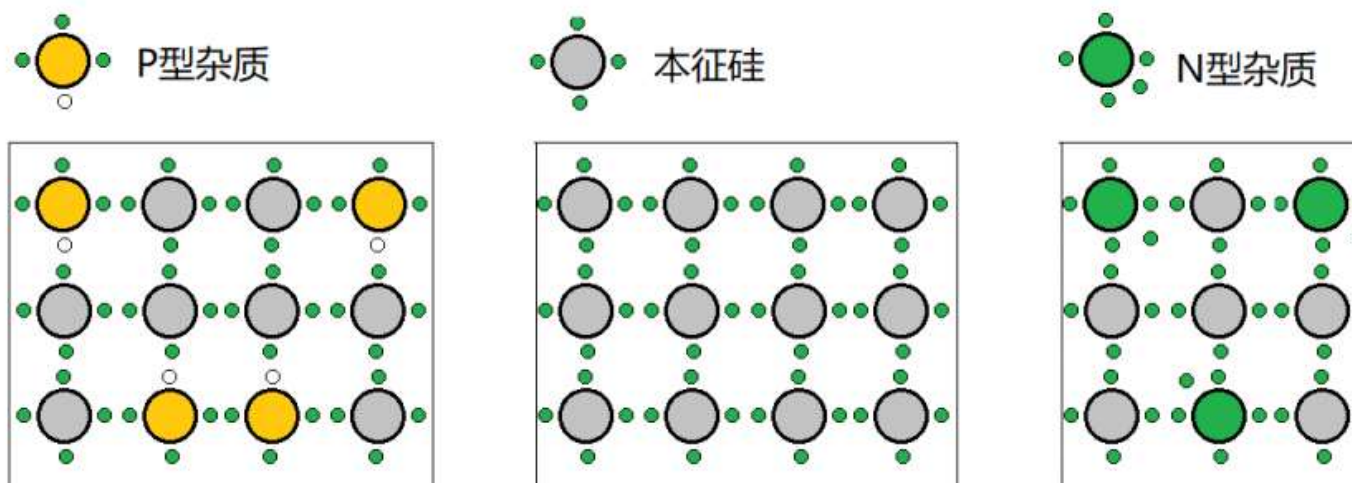


图8 微观下的参杂情况示意图

上述图片显示了硅中进行不同的参杂带来的效果。在十几个硅原子的范围内，如果多一个杂质原子，或者少一个杂质原子，偏差都高达百分之十左右。

即使相同浓度的参杂，也会因为杂质的分布不同而造成局部不均匀，从而影响电参数。而大规模的扩散和注入，怎么可能保证每一个微小的区域参杂情况一致呢。

很难想象，经历了烈火焚烧，经历了千锤百炼，经历了近百道工序，不同批次不同晶圆和不同位置的电路，还要求它们的微观结构一模一样的，那是不现实的，也是做不到的。

工艺需要一定的波动窗口，没有工艺窗口的设计是没有成品率可言的。正是由于不同批次，不同晶圆，不同位置的器件参数会有不同，有的偏大，有的偏小，无法确定那一组是最正确的，正是由于这些工艺过程在固有的不可避免的差异，集成电路在设计时，就应该尽量避免做定量的测量。

当然，集成电路内还是可以做出不受工艺波动影响的基准源的，有了基准，相当于确定了尺子的刻度，所有电路都参照标准进行，只是设计相对复杂一些。

而没有基准的情况下，就好像用一把没有刻度或者刻度不统一的尺子量身高，当然量不出来绝对值了。

## 五、为什么上述差异对相对值测量影响不大？

而上述差异，虽然影响对绝对值的测量，却不影响相对值的测量，因为在电路的同一方向同一位置，就排除了前面所说的几种因素了，因而工艺偏差就没有那么大了。

我们可以把需要比较的电路设计在同一位置，位置尽量靠近且版图对称，紧挨着做出来，性能就好像双胞胎，它们的经历是相同的，在它们同处的微小面积内，其工艺偏差可以忽略不计。

例如图7中的MOS1和MOS2，它们之间的差异是可以忽略的。如果用它们做比较器的输入端，由于它们的经历几乎一模一样：偏大都偏大，偏小都偏小，从而巧妙的回避了工艺过程中不可避免的差异。

这相当于测量身高的尺子虽然刻度不统一，但是用于比较是不影响的，它无法告诉你身高具体一米几，但是可以告诉你与其他人身高的比例，比较出来的结果可信的。当然，如果它比较了你和另外一个名人，知道了你们的身高比例，而名人的身高是准确已知的，那就可以推算出你的具体身高。

因此大规模批量生产出来的集成电路，即使来自不同批次不同晶圆，它们各自测量到的绝对值可能不同，但各自比较的相对值一定是一致的，可以放心使用。

了解了集成电路的特点，在设计和应用过程中就能更加得心应手。（大象韩 20201201）

SIGNATURE : .....

【赞佛偈】（大象，2004.5.3）  
智慧福德最尊胜，事理无碍超时空。  
因果缘起不二法，慈悲恒演菩提行。  
我今礼赞诸佛圣，愿脱轮回断死生。  
同证如来光明性，广度迷途化有情。







AD 主页  论坛  最新  赞赏 

编辑 引用 评分 回复 删除 屏蔽帖子 TOP

« 上一主题 | 下一主题 »

 回复  新帖

### 最新文章

-  白开水米汤养育她结婚生子 谜女子27年不吃饭
-  【电子禅辑94】太阳驱动水循环
-  【电子禅辑93】光速最快吗？黑洞不语
-  【电子禅辑92】宇宙还有其他高级文明吗？
-  【电子禅辑91】色是什么意思？
-  【电子禅辑90】睡眠有个开关



电子禅

Google

全球搜索  本站搜索

主页  论坛  最新  赞赏 

Since: 2001 站长: 韩孝勇 (大象) 共享版权: CC BY 4.0 法律顾问: 薛永谦律师  
中华人文学会有限公司 **【电子禅工作室】** 地址: 华藏世界海-娑婆世界-中国香港  
[关于我们](#) | [免责条款](#) | [本站地图](#) | [联系我们](#)  
电子禅国际 DIANZICHAN.COM