

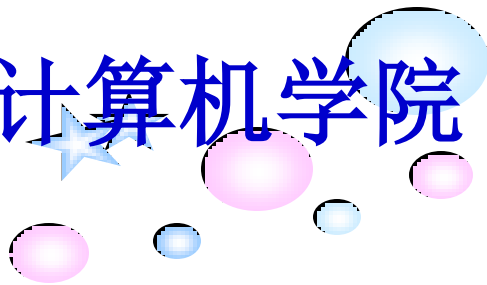


大学计算机基础

摩尔定律及面临的挑战



西安邮电大学计算机学院



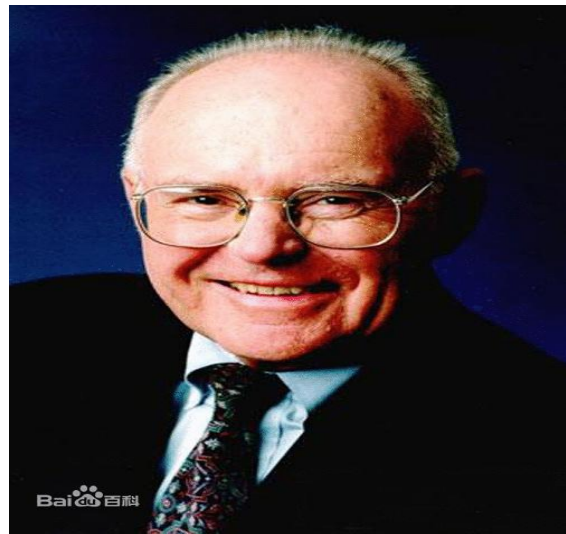
目录

- 1.什么是摩尔定律？
- 2.摩尔定律面临的挑战
- 3.新技术带来的突破

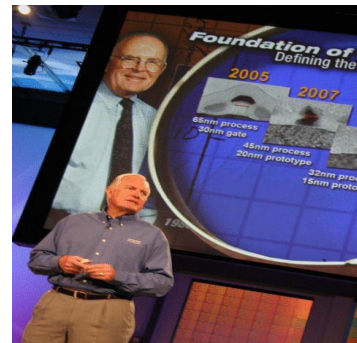


什么是摩尔定律

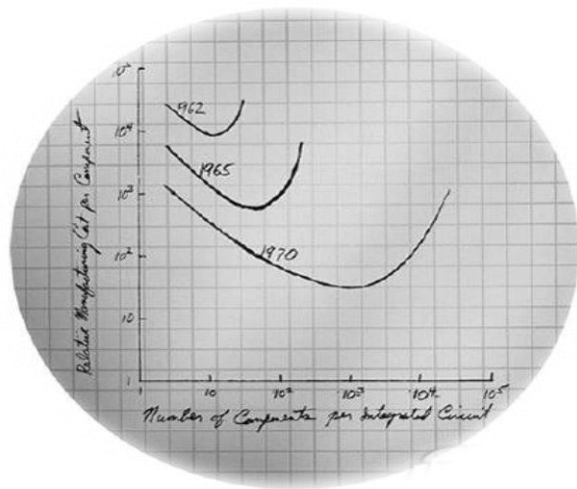
摩尔定律是由英特尔创始人之一戈登·摩尔提出来的。其内容为：当价格不变时，集成电路上可容纳的晶体管数目，约每隔18个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。换言之，每一美元所能买到的电脑性能，将每隔18个月翻一倍以上。这一定律揭示了信息技术进步的速度。



尽管这种趋势已经持续了超过半个世纪，摩尔定律仍应该被认为是观测或推测，而不是一个物理或自然法。预计定律将持续到至少**2015年**或**2020年**。然而，2010年国际半导体技术发展路线图的增长已经放缓在**2013年年底**，之后的时间里晶体管数量密度预计只会每三年翻一番。

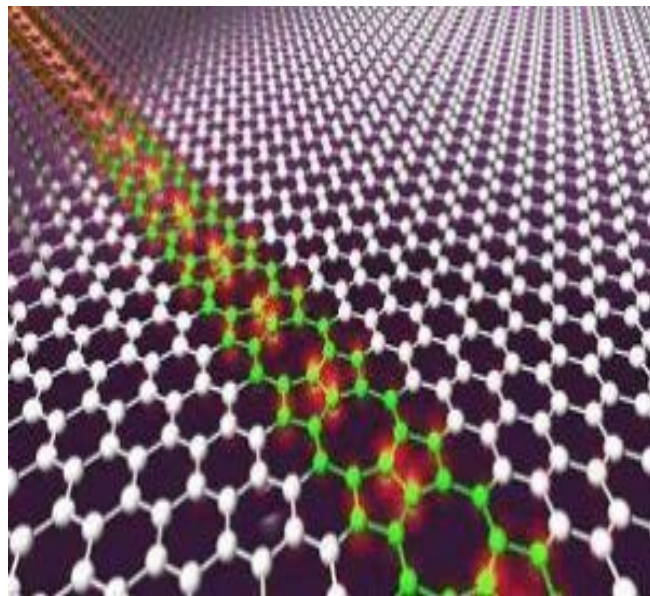


- 定律验收：1975年，在一种新出现的电荷前荷器件存储器芯片中，的确含有将近**65 000**个元件，与1965年摩尔的预言一致。另据Intel公司公布的统计结果，单个芯片上的晶体管数目，从1971年4004处理器上的**2300**个，增长到1997摩尔定律年**Pentium II**处理器上的**7.5**百万个，**26**年内增加了**3200**倍。如果按“每两年翻一番”的预测，**26**年中应包括**13**个翻番周期，每经过一个周期，芯片上集成的元件数应提高**2ⁿ**倍（ $0 \leq n \leq 12$ ），因此到第**13**个周期即**26**年后元件数这与实际的增长倍数**3200**倍可以算是相当接近了。

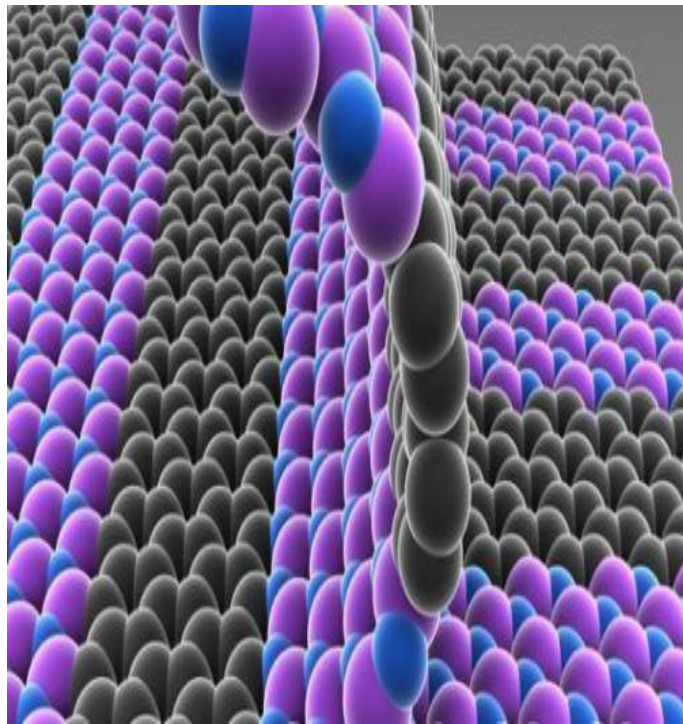


摩尔定律面临的挑战

摩尔定律问世已40多年，人们不无惊奇地看到半导体芯片制造工艺水平以一种令人目眩的速度提高。Intel的集成电路微处理器芯片Pentium4的主频已高达2GHz，2011年推出了含有10亿个晶体管、每秒可执行1千亿条指令的芯片。这种发展速度是否会无止境地持续下去是成为人们所思考的问题。



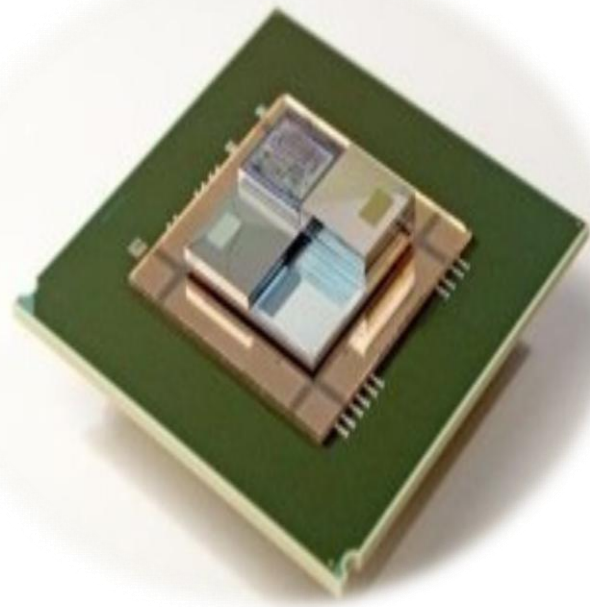
从技术的角度看，随着硅片上线路密度的增加，其复杂性和差错率也将呈指数增长，同时也使全面而彻底的芯片测试几乎成为不可能。一旦芯片上线条的宽度达到纳米（ 10^{-9} 米）数量级时，相当于只有几个分子的大小，这种情况下材料的物理、化学性能将发生质的变化，致使采用现行工艺的半导体器件不能正常工作，摩尔定律也就要走到尽头。



物理学家加来道雄（Michio Kaku）是纽约城市大学一名理论物理学教授，2012年接受采访时称摩尔定律在叱咤芯片产业47年风云之久后，正日渐走向崩溃。这将对计算机处理进程产生重大影响。在未来十年左右的时间内，摩尔定律就会崩溃，单靠标准的硅材料技术，计算能力无法维持快速的指数倍增长。



加来道雄表示导致摩尔定律失效的两大主因是高温和漏电。这也正是硅材料寿命终结的原因。加来道雄表示这与科学家们最初预测摩尔定律没落大相径庭。科学家应该能继续挖掘硅部件的潜力，从而在未来几年时间里维持摩尔定律的生命力；但在**3D**芯片等技术也都耗尽潜力以后，那么也就将达到极限。



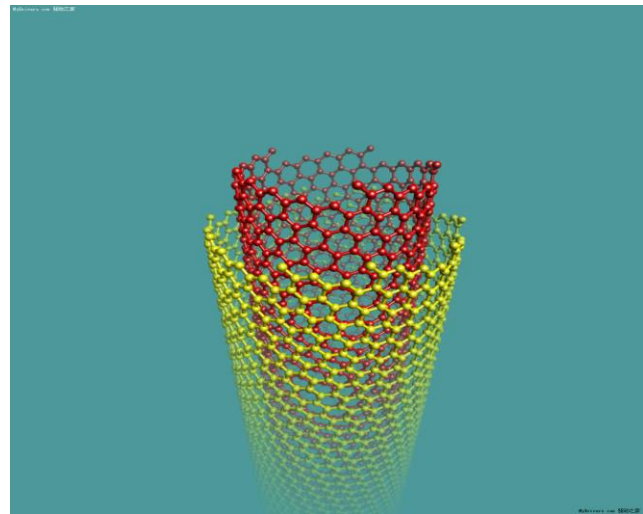
从经济的角度看，正如摩尔第二定律所述，20-30亿美元建一座芯片厂，线条尺寸缩小到0.1微米时将猛增至100亿美元，比一座核电站投资还大。由于花不起这笔钱，越来越多的公司退出了芯片行业。



摩尔在《经济学家》杂志上撰文写道：“现在令我感到最为担心的是成本的增加，...这是另一条指数曲线”。他的这一说法被人称为摩尔第二定律。

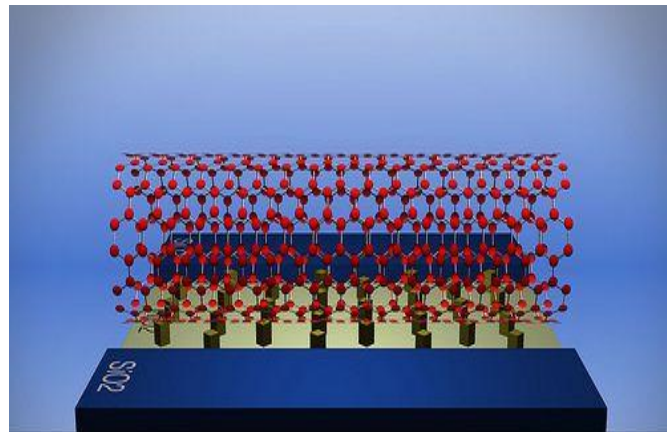
新技术带来的突破

2012年10月28日，美国IBM研究所科学家宣称，最新研制的碳纳米管芯片符合了“摩尔定律”周期，依据摩尔定律，计算机芯片每18个月集成度翻番，价格减半。传统的晶体管是由硅制成，然而2011年来硅晶体管已接近了原子等级，达到了物理极限，由于这种物质的自然属性，硅晶体管的运行速度和性能难有突破性发展。

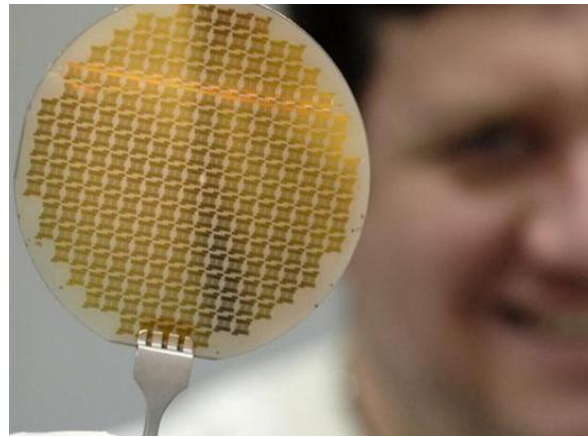


尺寸更小，电子迁移率更高的碳纳米管

IBM公司的研究人员在一个硅芯片上放置了1万多个碳纳米晶体管，碳纳米晶体管的电子比硅质设备运行得更快。它们也是晶体管最理想的结构形式。这些优异的性能将成为替代硅晶体管的原因，同时结合新芯片设计架构，未来将使微型等级芯片实现计算机创新。



后硅时代最有希望的一种晶体管材料是石墨烯。石墨烯可以卷成一个纳米管，平面的石墨烯也能用作半导体材料。石墨烯拥有独特的物理、化学和结构特性，尤其值得关注的是，电子可在石墨烯结构中以 $1/300$ 光速的超高速运行，如果用石墨烯连接晶体管中的源极和漏极，晶体管的开关速度可以非常高，因此被视为制造下一代芯片的理想材料。使用石墨烯制造的处理器频率有望达到 1THz 以上，是目前硅芯片的100到1000倍。芯片厂商Analog Devices首席技术官萨姆·福勒(Sam Fuller)表示，“我认为石墨烯前景非常好。”



**宾夕法尼亚大学成功
研制100mm石墨烯
晶圆**



总结：以目前的各种发展情况来看，摩尔定律确实面临严峻的挑战，但芯片技术也依然在有序健康的发展。今天的技术瓶颈也许在明天就不再是问题，毕竟我们能预见的未来只有十到十五年。如果说十年后摩尔定律就会失效的话，那谁又能保证二十年后摩尔定律不会重新“复活”呢？



谢谢

