

绪论（2）

半导体材料发展简介

第二节

半导体的发展历史和现状

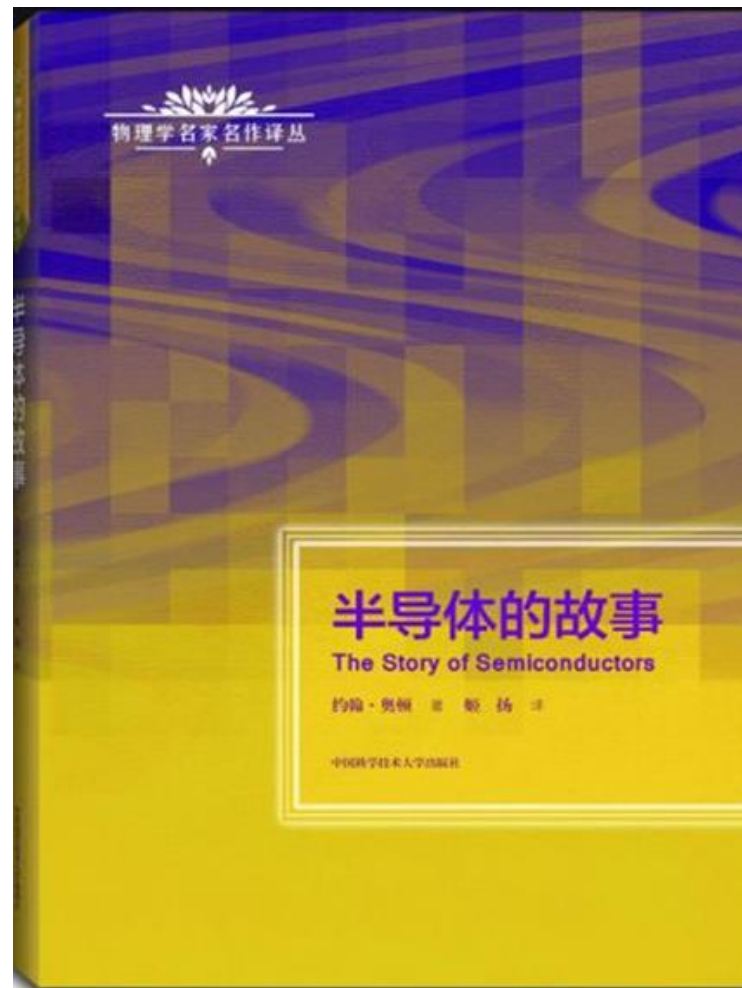
The Story of Semiconductors

John Orton

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

Great Clarendon Street, Oxford OX2 6DP

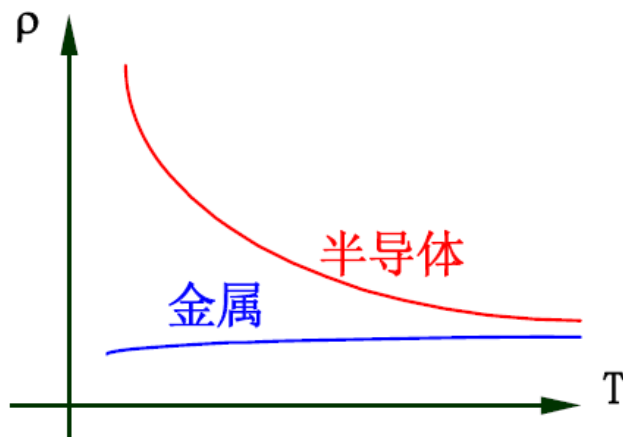
Oxford University Press is a department of the University of Oxford.
It furthers the University's objective of excellence in research, scholarship,
and education by publishing worldwide in
Oxford New York



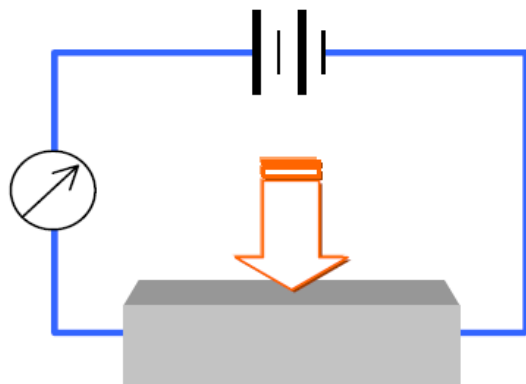
半导体的发展历史和现状

第一阶段：现象观察(1833-1931年)

- 1833年：M.Faraday发现半导体所具有的负电阻温度系数



- 1873年：W.Smith 首次发现半导体的光电导效应



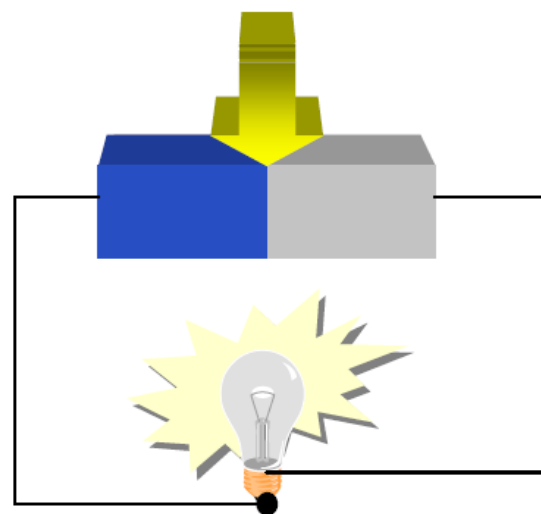
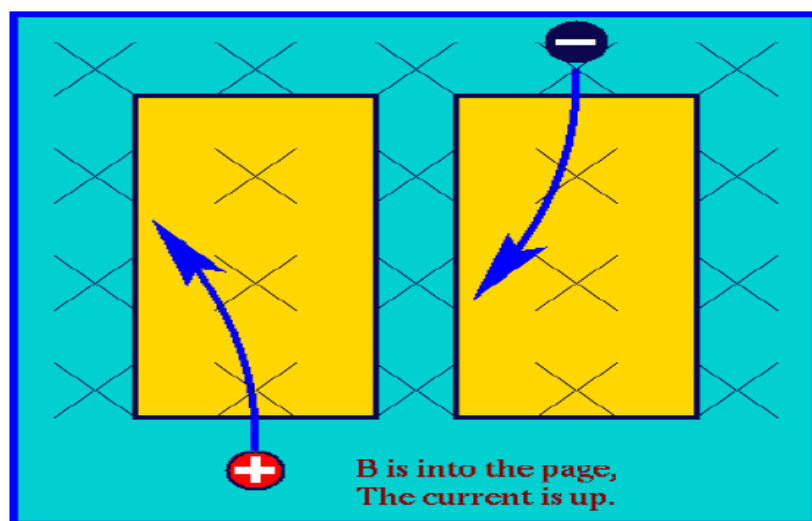
- 1874年: F.Braun 首次发现半导体的整流效应



1883年: 制造出硒整流器

1927年: 制造出氧化亚铜整流器

- 1879年: Hall首次发现 Hall效应 ($R_H > 0$, $R_H < 0$)



- 1931年: H.Dember 首次发现了光电池效应

第二阶段：理论指导

- 1931年：A.H.Wilson 通过解薛定谔方程发展了能带理论
- 1942年前后，多位科学家提出了基本类似的整流理论

第三阶段：晶体管诞生

- 1947年：Bardeen等人制造了第一个晶体管



John Bardeen

William Bradford Shockley

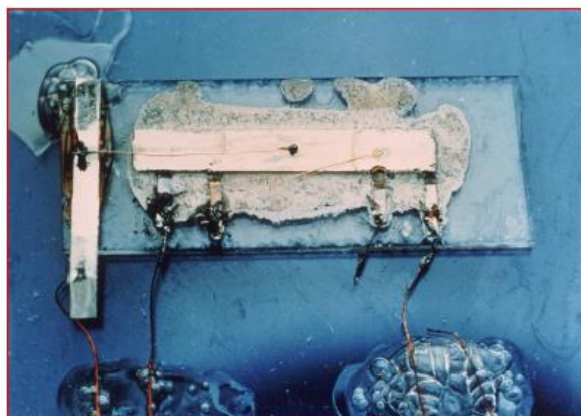
Walter H. Brattain



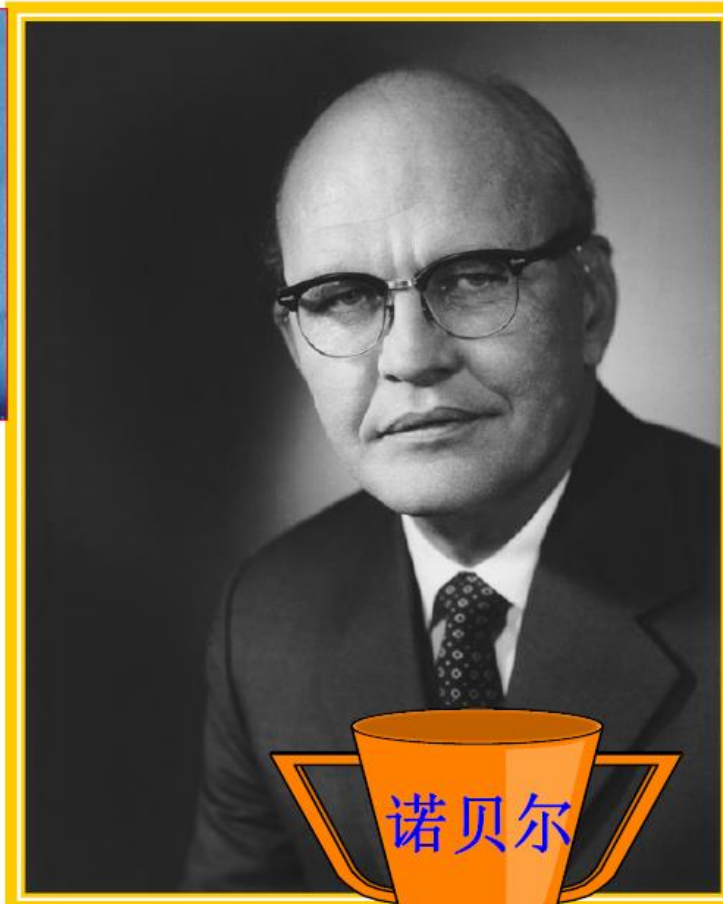
晶体管的三位发明人：
巴丁、肖克莱、布拉顿

第四阶段：集成电路出现

- 1958年：杰克-S-基尔比发明第一块集成电路

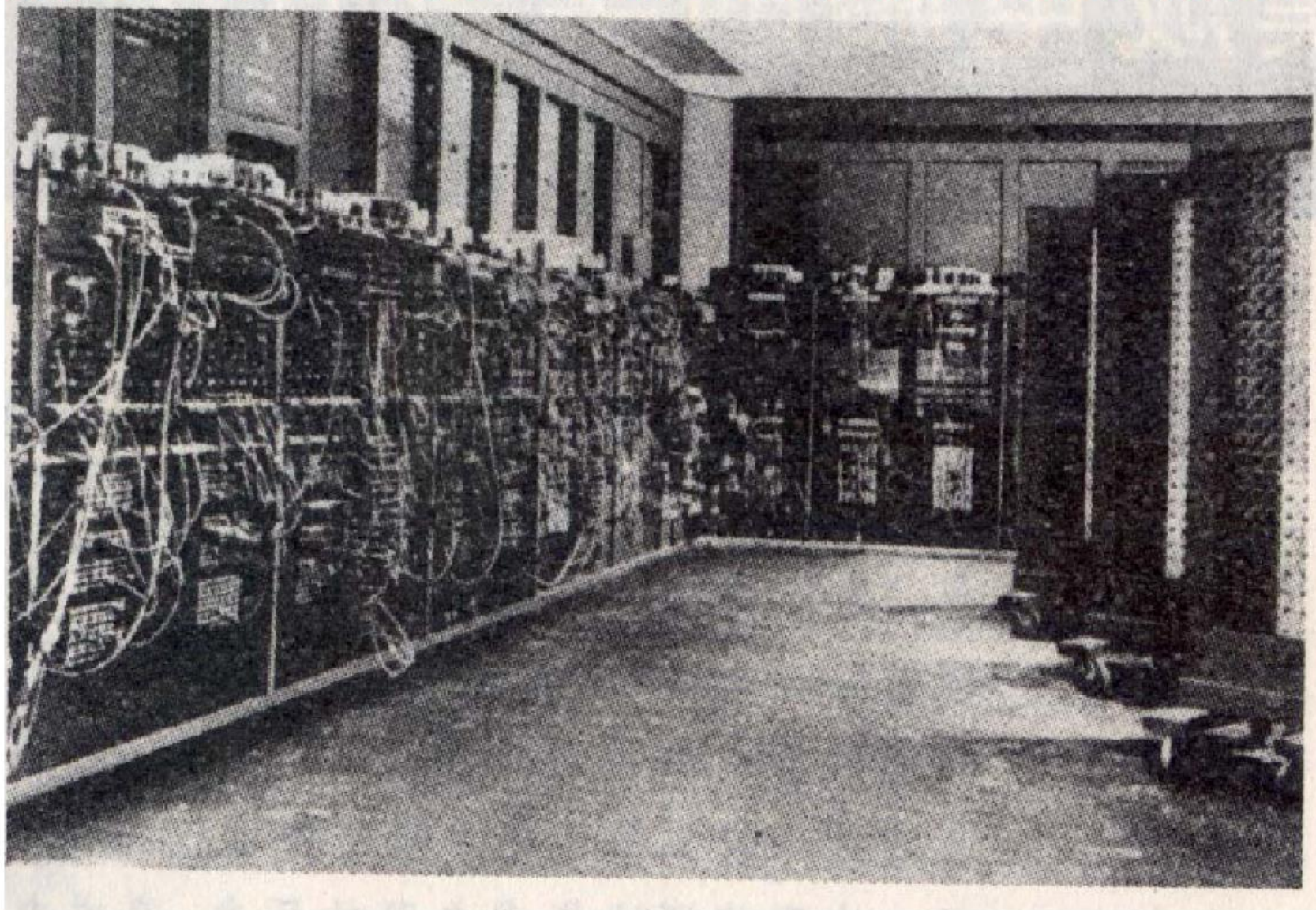


- 1966年：形成大规模集成电路
- 1971年：英特尔公司研制出第一块CPU集成电路4004(4位)
- 1973年：8008(8位);
- 1978年：8086(16位);



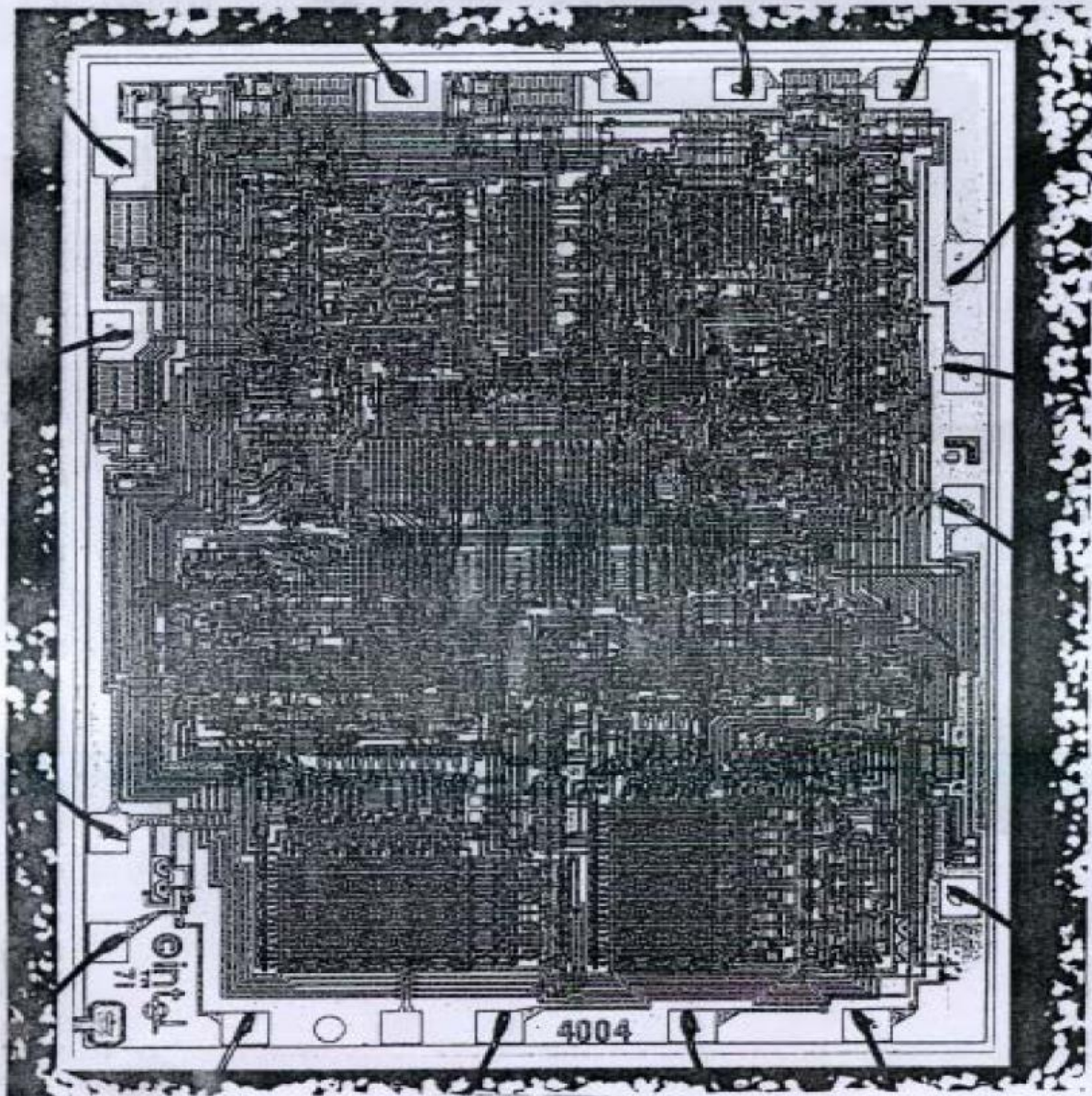
	SSI	MSI	LSI	VLSI	ULSI	GSI
元件数	$<10^2$	$10^2 \sim 10^3$	$10^3 \sim 10^5$	$10^5 \sim 10^7$	$10^7 \sim 10^9$	$>10^9$
门数	<10	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 10^4$	$10^4 \sim 10^6$	$10^6 \sim 10^8$	$>10^8$

1946年，世界上第一台电子计算机诞生，重30吨，用18000个电子管，电子管寿命有限，平均工作时间2.5小时



第一个微处理器

(4004 by Intel 1971)



PENTIUM 4微处理器芯片（0.18微米，1.7GHz,4200万个元件）

2001年

PENTIUM 4

0.18 μm

42 million components

1.7 GHz



集成电路发展的 Moore定律（1965年）：

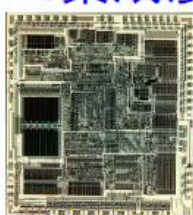
晶体管数目（集成度）每十八个月增长一倍（即每三年增至四倍）



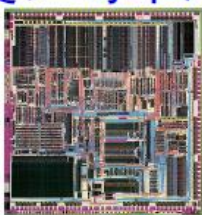
8080



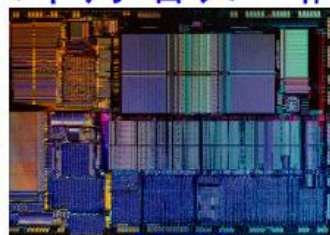
8086



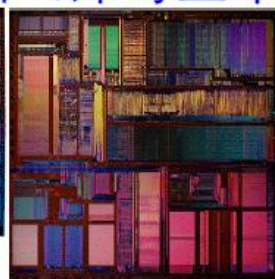
80286



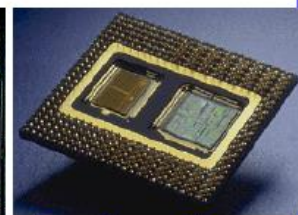
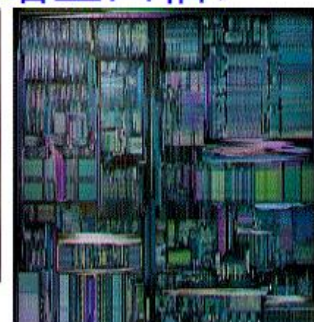
80386



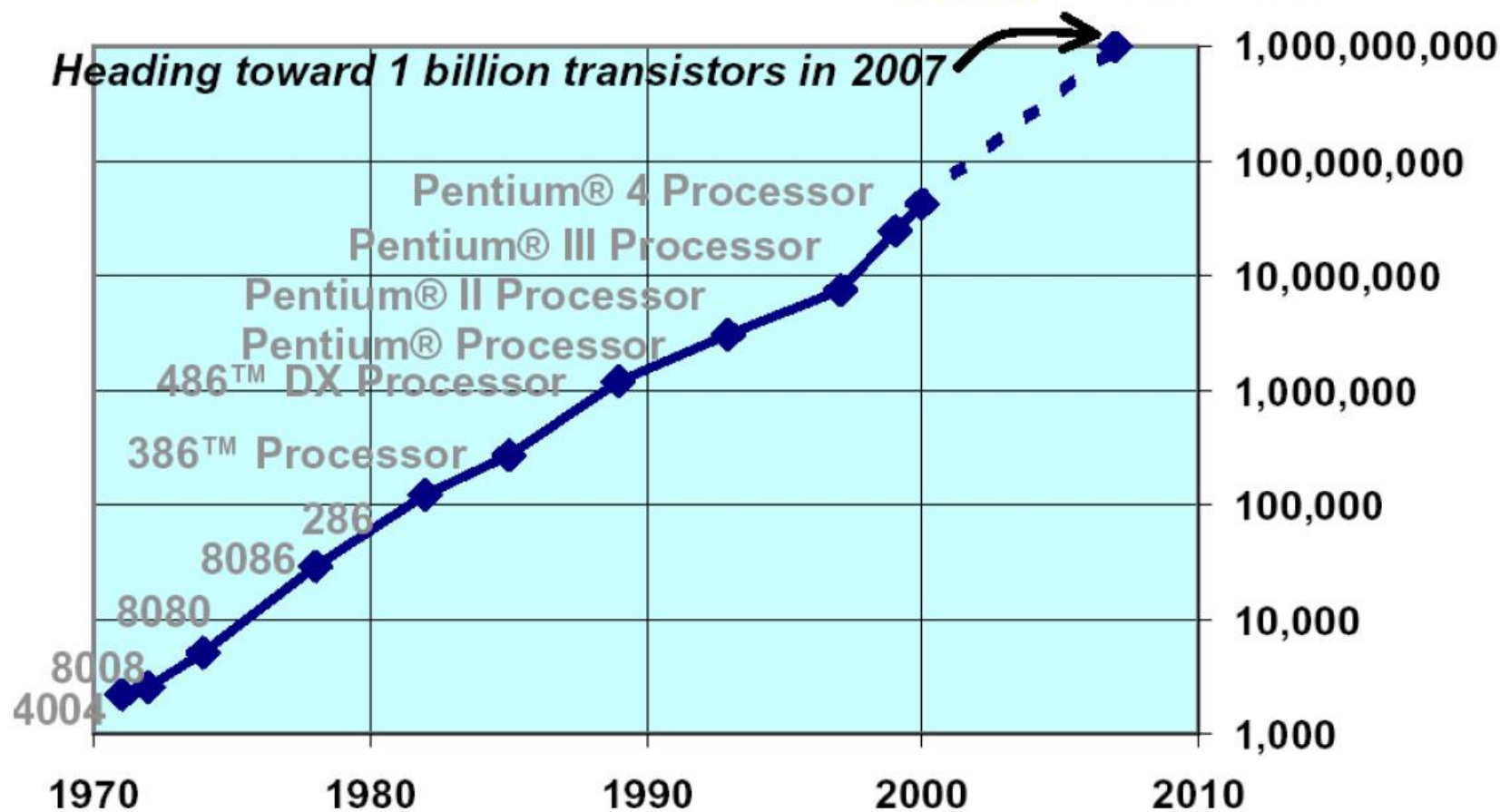
80486



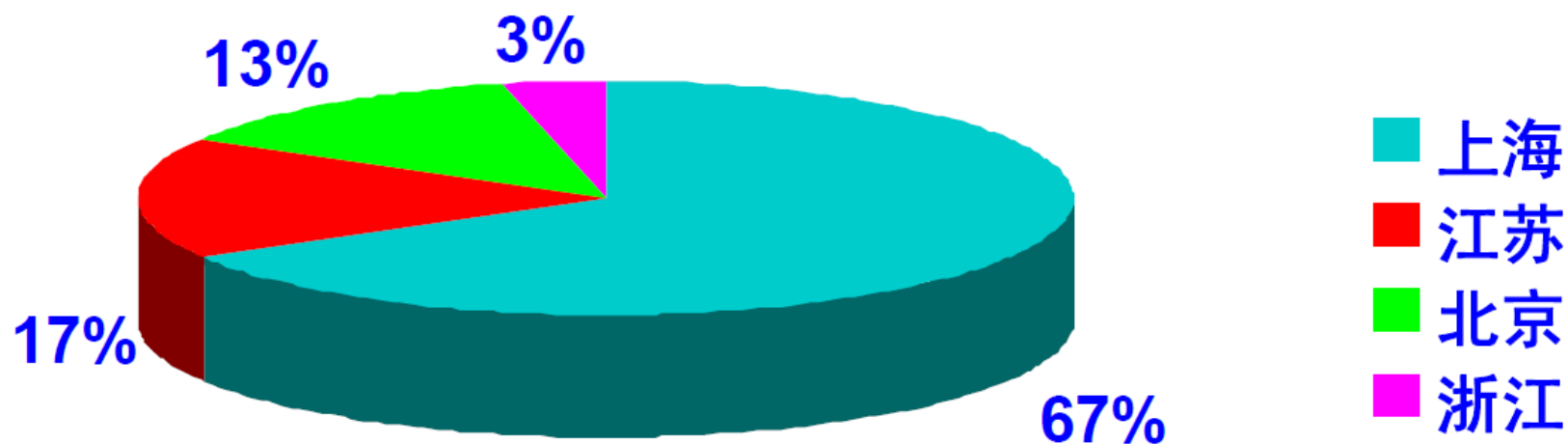
Pentium



PentiumPro



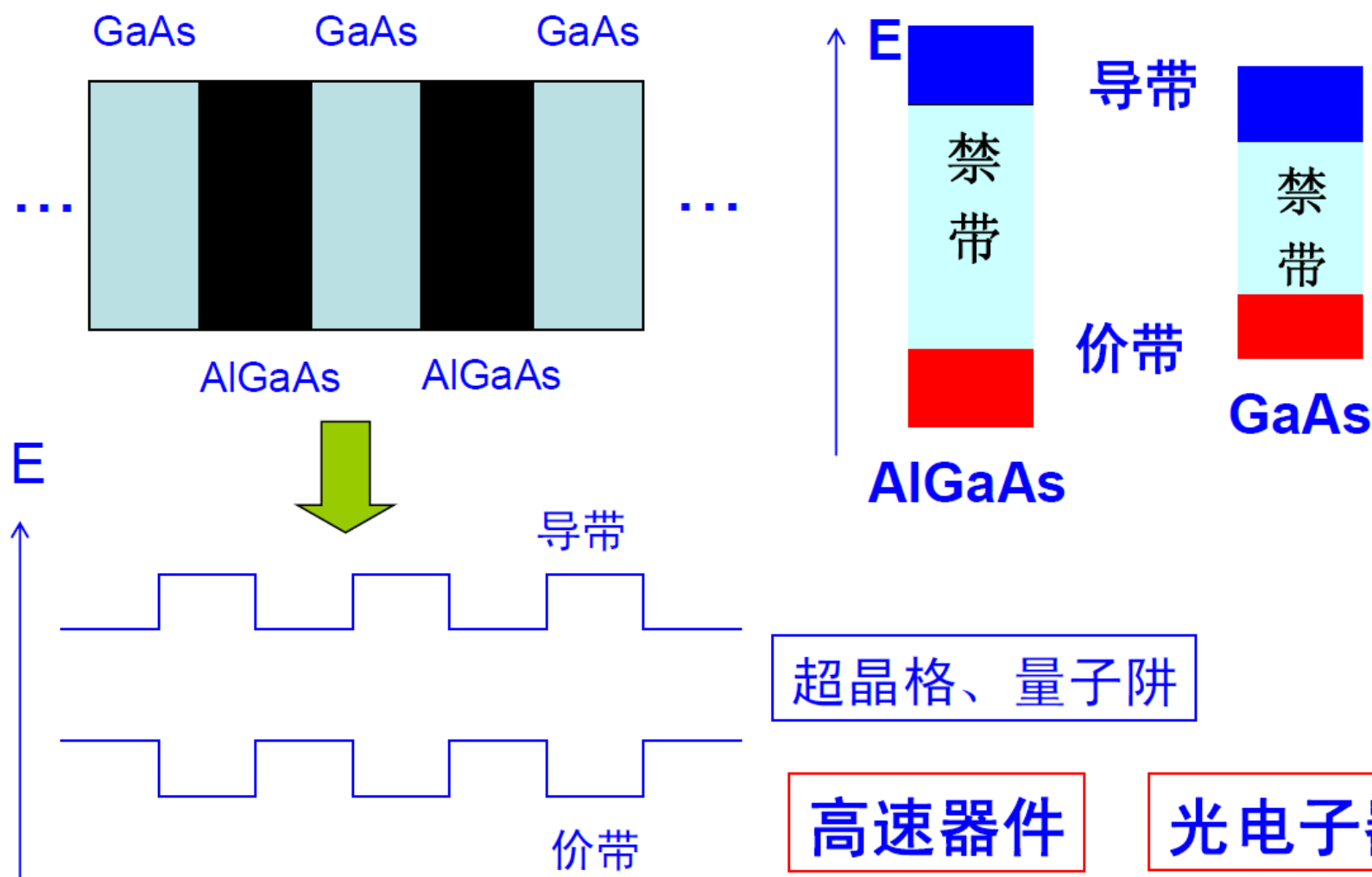
我国集成电路骨干企业地区分布



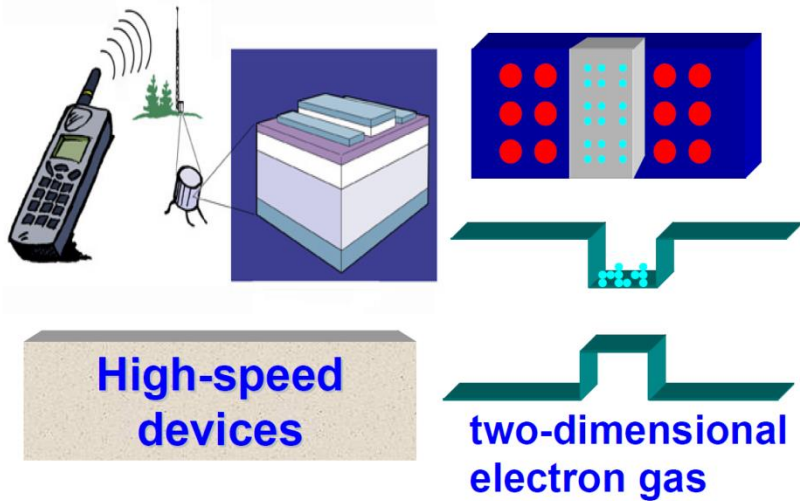
- 2000年：以集成电路为基础的电子信息产业成为世界第一大产业
- 硅是地球上除氧以外含量最丰富的元素，但它现在已经成为知识创新的载体，价值千金。这是典型的“点石成金”
- 至少在今后50年，微电子技术仍会高速发展

第五阶段：能带工程提出

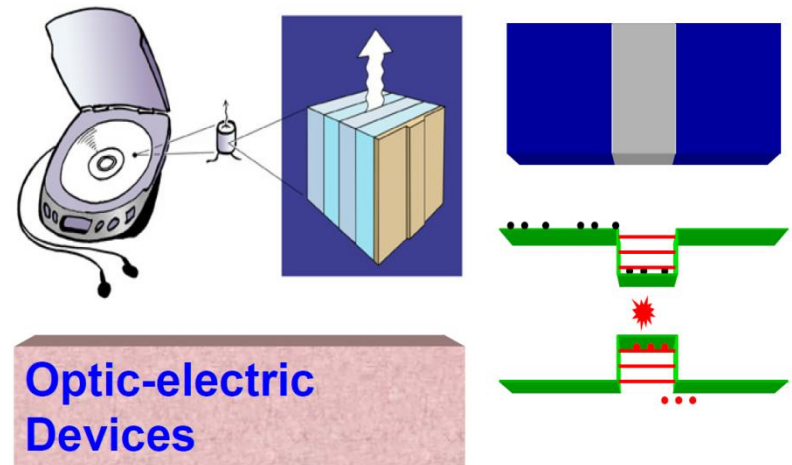
- 1970年：Esaki(江琦) 提出超晶格半导体的概念
- 1971年：生长出GaAs/AlGaAs 超晶格材料



例子：能带工程的应用1

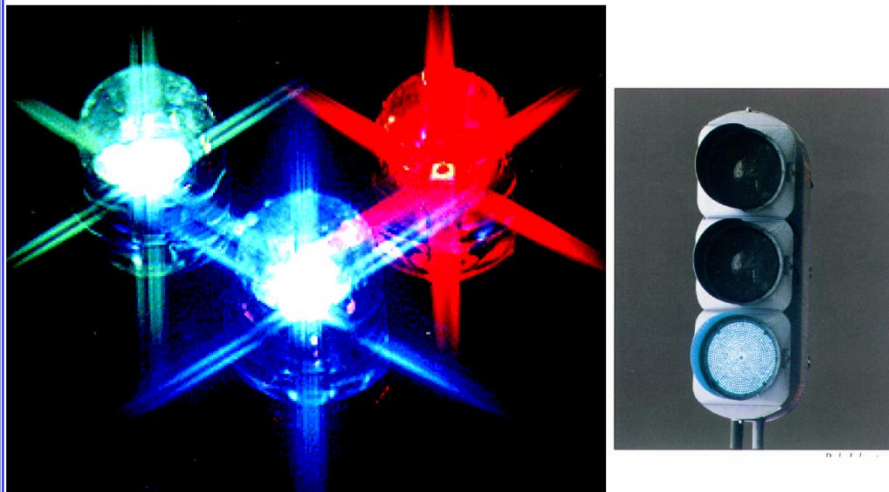


例子：能带工程的应用2



例子：能带工程的应用3

High Brightness LEDs: NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.



例子：能带工程的应用3 白炽灯和LED交通灯比较

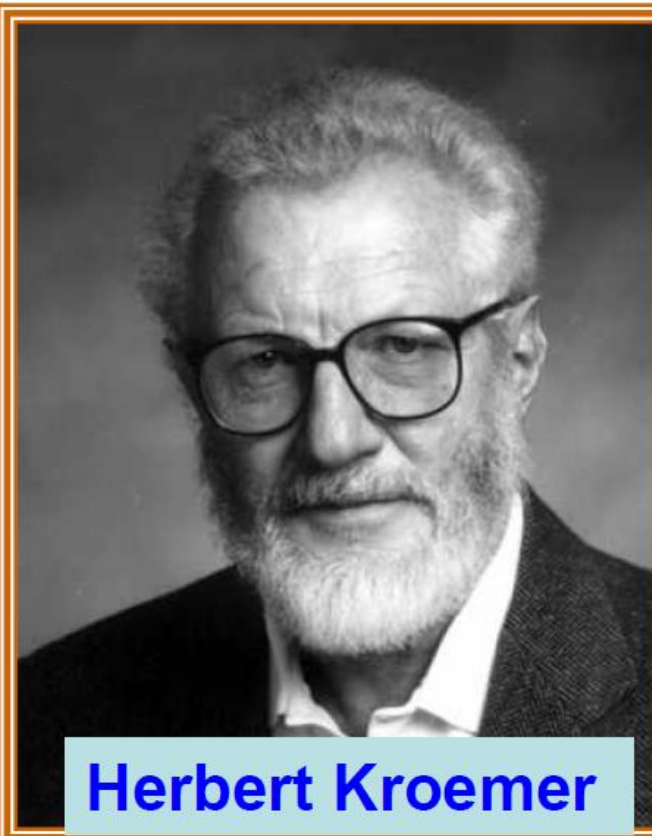
Traffic lights cost comparison (without reduced maintenance)

长寿命、节能、安全、色彩丰富

	Incandescent	LED
No. of lamps	1	280
Cost of lamps	\$2.50	\$42.00
Power requirements	150 W	20W
energy consumption (kWhr/Yr)	788	105
Annual electrical bill (at \$0.10/kwhr)	\$78.80	\$10.50
Lifetime	2,000h	>100,000h



Zhores I. Alferov



Herbert Kroemer



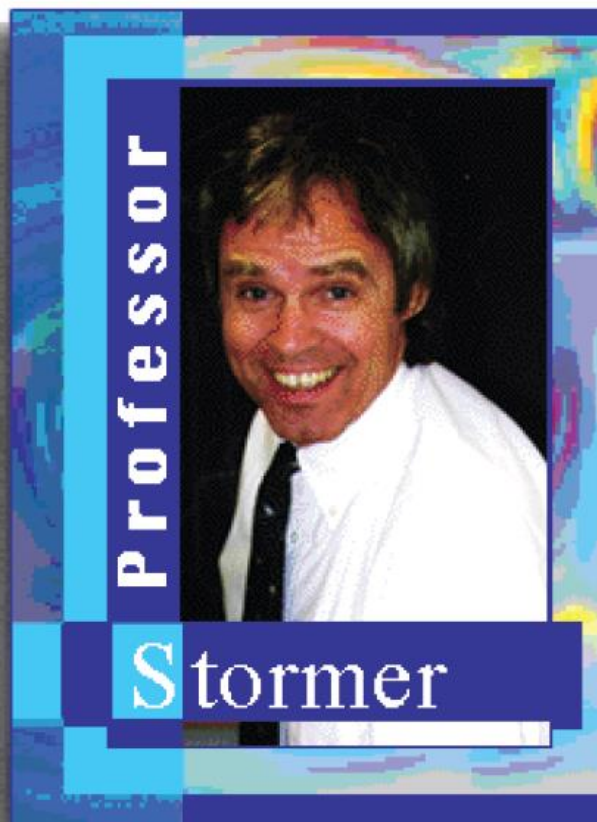
若尔斯-阿尔费罗夫:1962年提出半导体异质结构概念

赫伯特-克勒默:1963年提出了双异质结构激光的概念

**for developing semiconductor
heterostructures used in high-
speed- and opto-electronics**

K. Von Klitzing : 发现量子霍耳效应

**Robert B. Laughlin, Daniel C. Tsui,
Horst L. Stormer: 发现分数化量子
霍耳效应**



Von Klitzing, Klaus

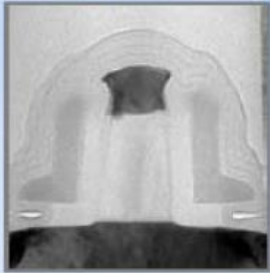


四、半导体的明天

- ◆ 微米 → 纳米（纳米电子学）
- ◆ 同质结 → 异质结（能带工程）
- ◆ 三维 → 低维（二维、一维、零维）
- ◆ 普通禁带 → 宽禁带
- ◆ 单晶 → 多晶（非晶）
- ◆ 无机 → 有机

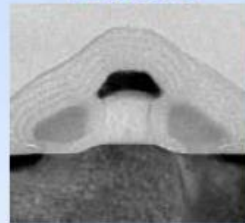
微电子 → 纳电子

90nm Node
2003



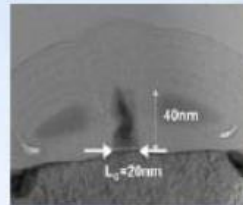
50nm Length
(IEDM2002)

65nm Node
2005



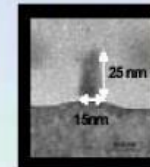
30nm Prototype
(IEDM2000)

45nm Node
2007



20nm Prototype
(VLSI2001)

32nm Node
2009



15nm Prototype
(IEDM2001)

22nm Node
2011

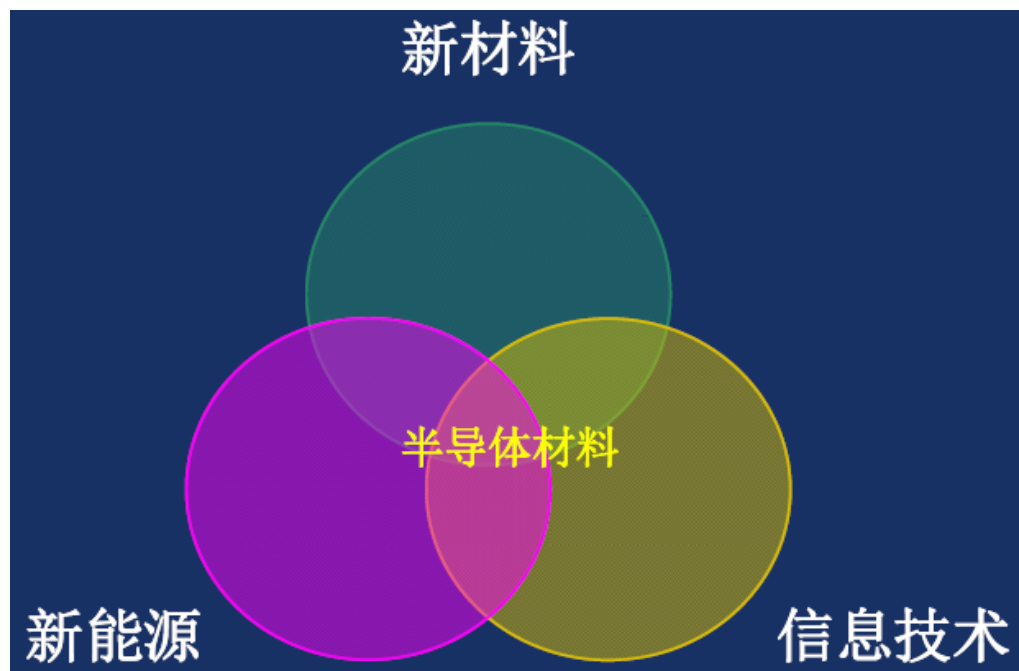


10nm Prototype
(ITJ 2002)

Increasing leakage

Intel
Developer
Forum
Spring 2003

新型半导体材料的制备 技术与物理/化学性质



面向新能源利用、转化和存储的半导体材料及器件

可用于信息显示、存储技术的半导体材料及器件

学习半导体材料的重要性

国家十三五规划

2020年，新能源、新能源汽车、节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造及新材料将成为国民经济的七大支柱产业

山东省新旧动能转换重大工程

半导体材料是核心与关键

半导体——一个充满前途的领域！

作业（2019/09/16）：

1. 查找在半导体材料发展历史上，下述标志性历史事件的真相，并试图理解：
 - （1）1927年，氧化亚铜整流器
 - （2）1931年，Dember发现了光电池
2. 阐述Bardeen在半导体及超导历史上的重大发明