

日新月异的太阳电池

——供给未来的清洁能源

介绍人：季书林

纳米结构新能源材料与器件课题组
中科院固体所纳米材料与纳米结构研究室



概要

- ◆ 能源形式
- ◆ 电池分类
- ◆ 材料选择
- ◆ 新型技术
- ◆ 未来普及

可供人类使用的能源形式有哪些？

煤



核能



昵图网 nipic.com/ amihot

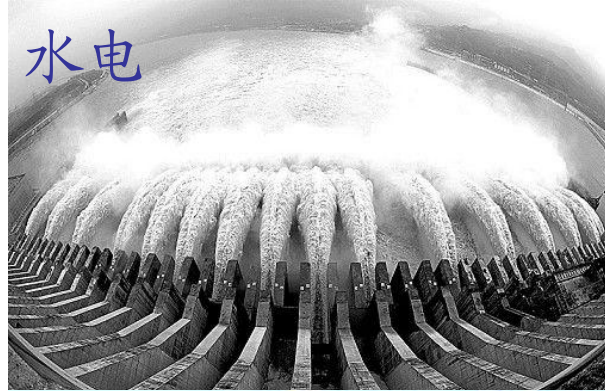
地热能



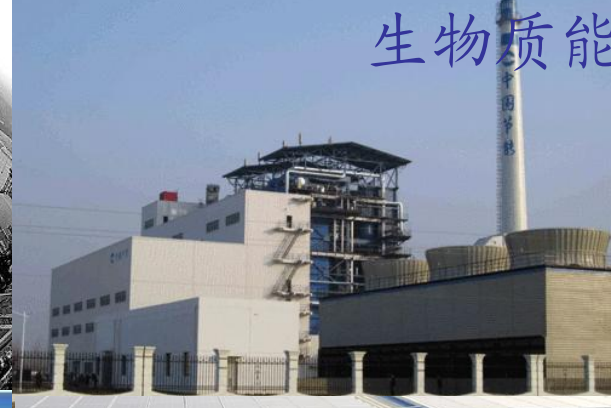
石油



水电



生物质能



天然气



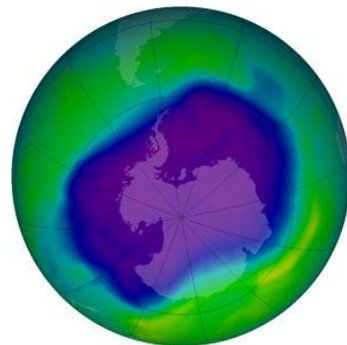
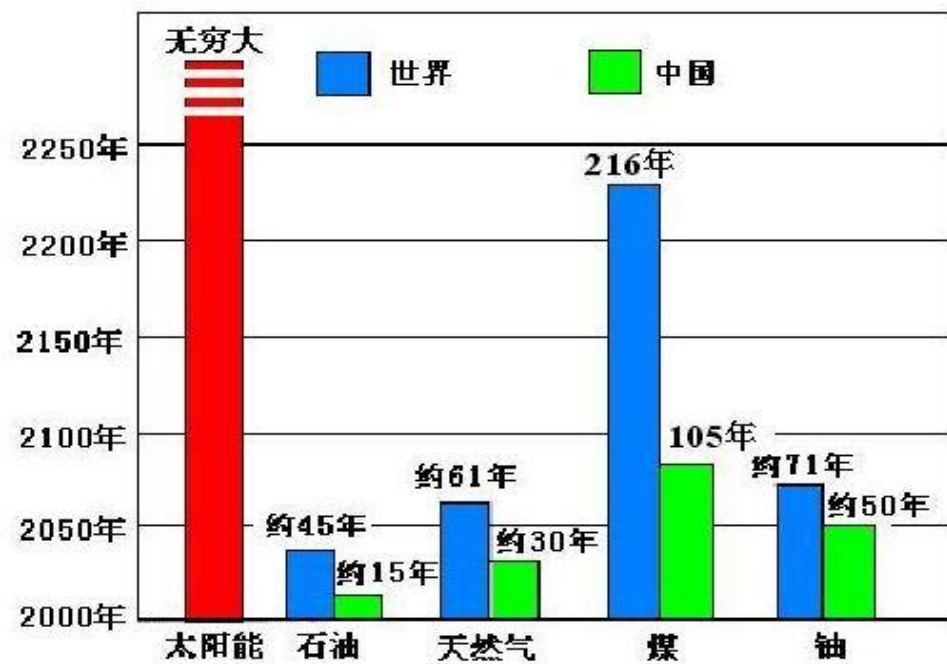
风能

太阳能



传统能源的问题

一、储量



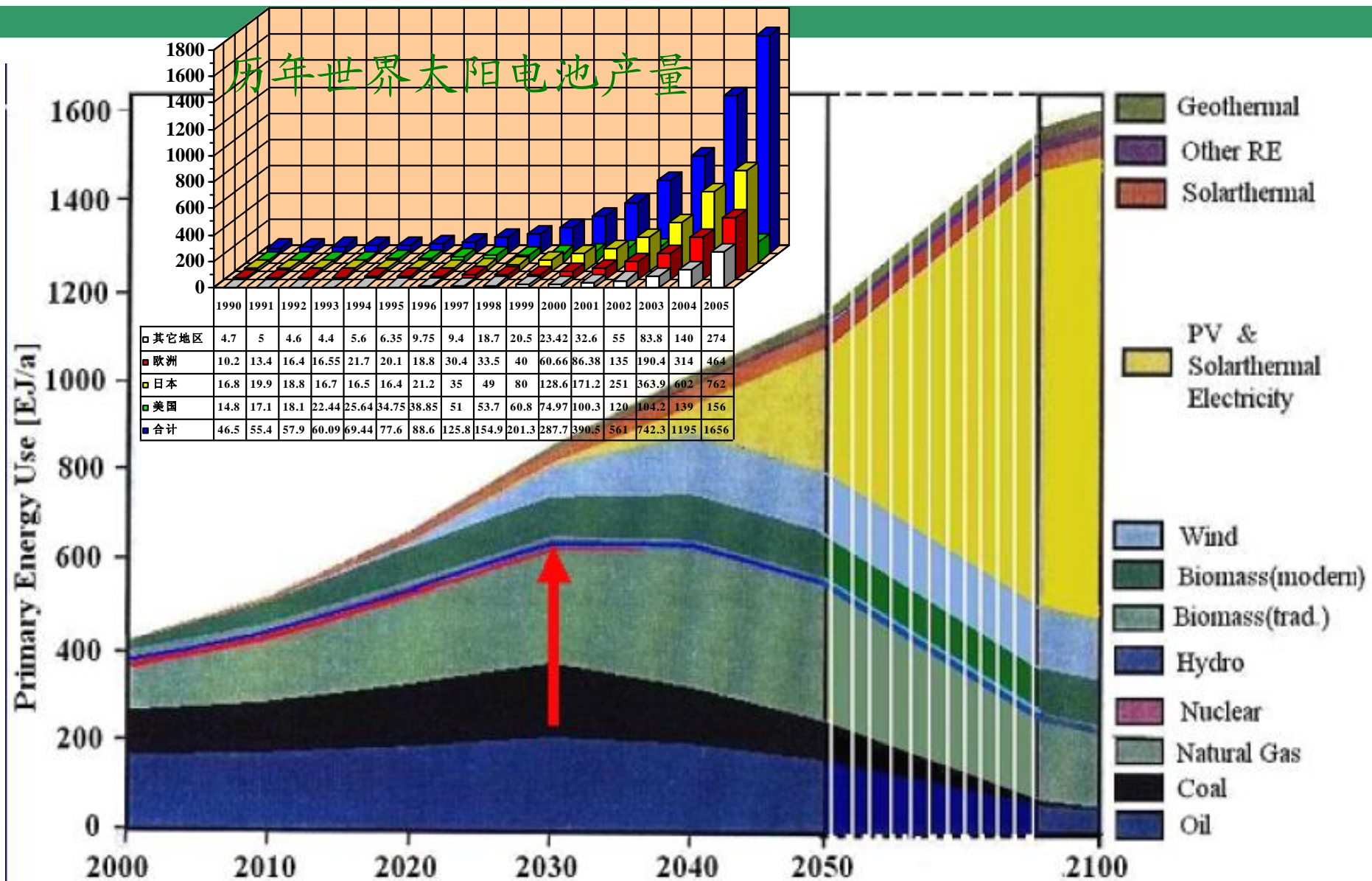
三、安全



二、污染

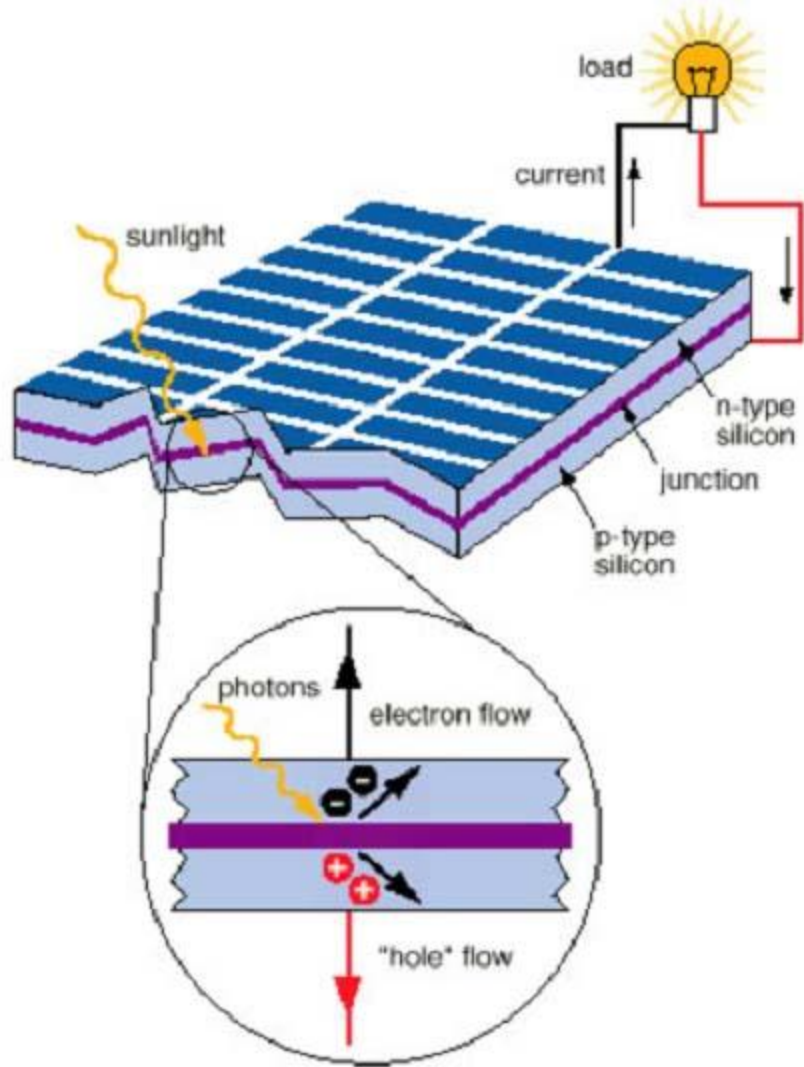


光伏能源的发展趋势



专家预测全球能源需求量与供给形式

太阳能电池的更新换代

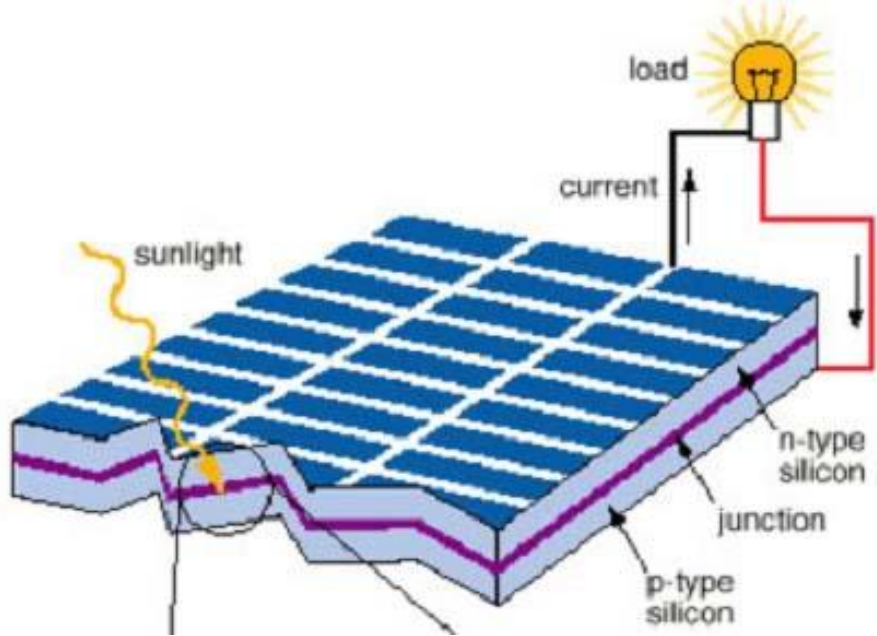


注解：

- 1) 使用半导体材料；
- 2) 半导体有电子型与空穴型两种；
- 3) 两种型的半导体构成结来发电；
- 4) 半导体要吸收太阳光产生流动的电子与空穴才有电流。

工作原理

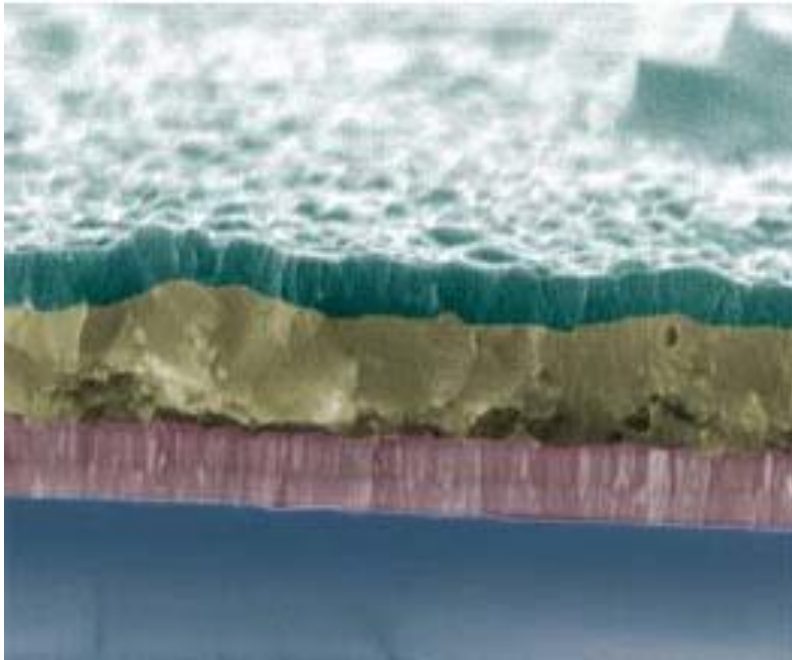
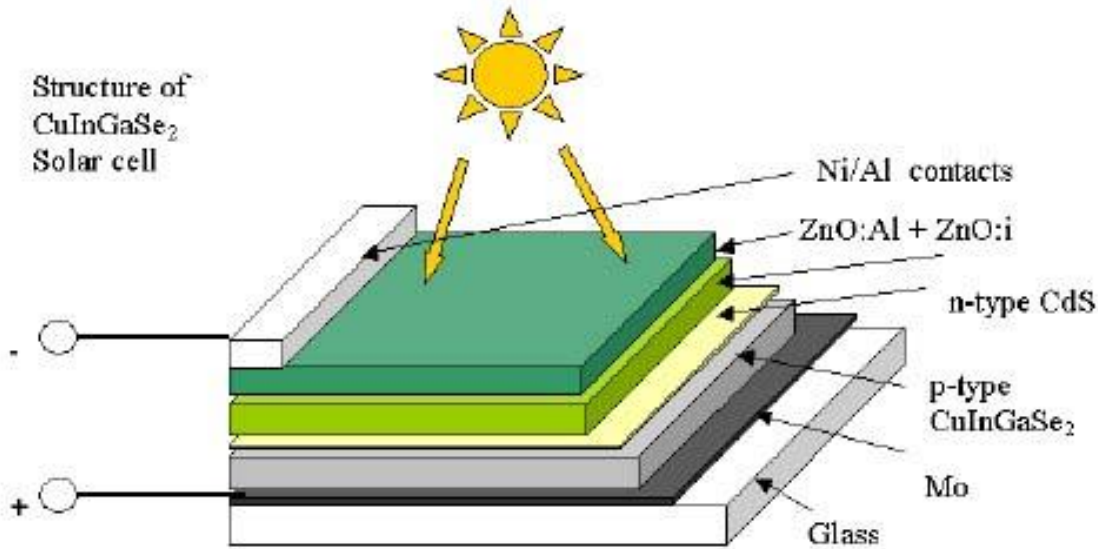
第一代晶体电池



注解：

- 1) 材料有单晶/多晶硅、砷化镓等；
- 2) 优点是光能转化为电能效率高；
- 3) 缺点是材料浪费、提纯污染、价格昂贵。

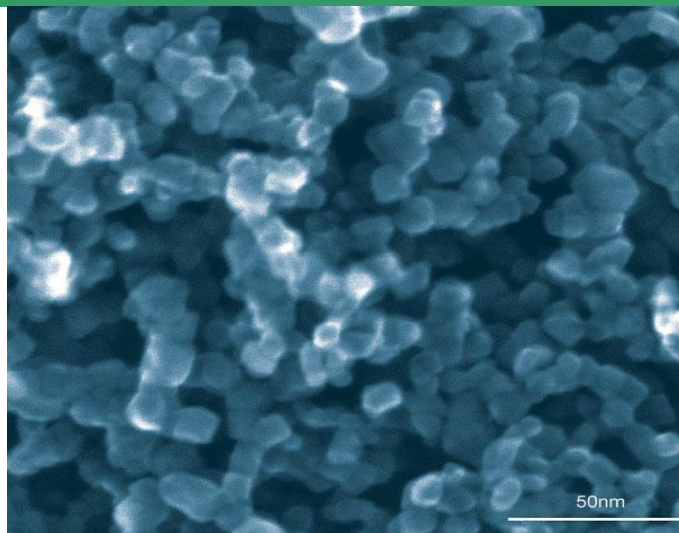
第二代薄膜电池



注解:

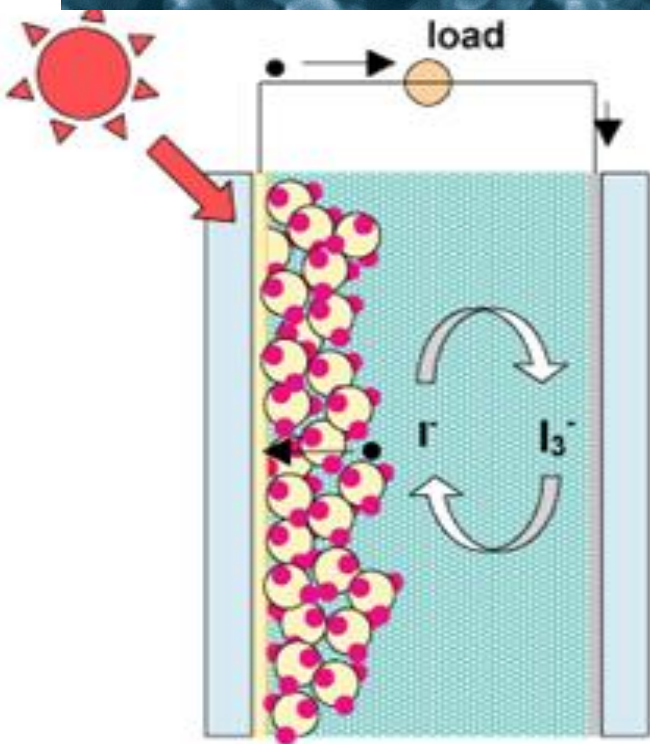
- 1) 材料有非晶硅、铜铟镓硒等;
- 2) 优点是节省材料, 光电转化效率可以;
- 3) 缺点是使用元素有毒、稀缺, 不利于商品化。

第三代新型电池

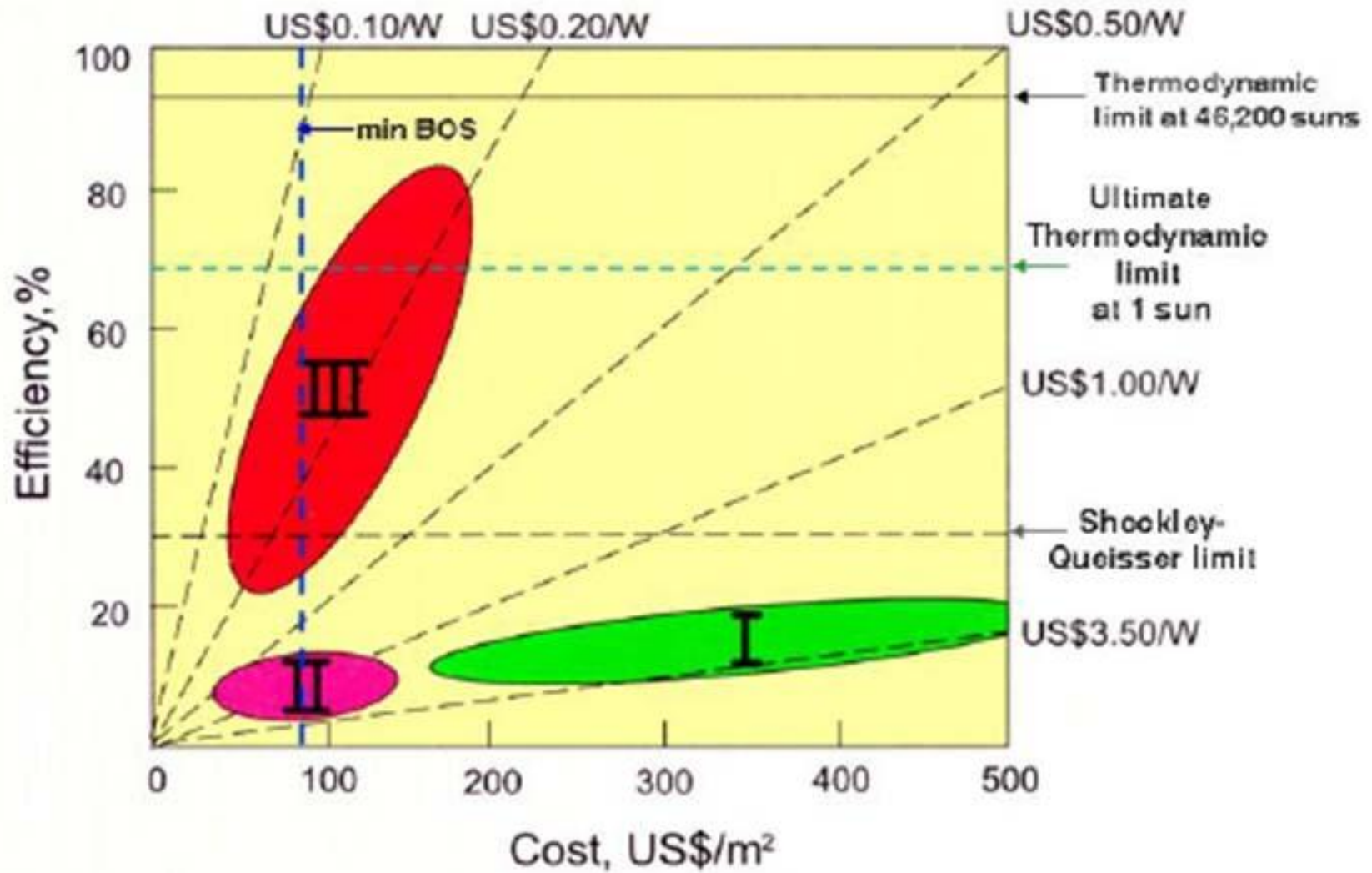


注解：

- 1) 主要依托不断发展的新技术如纳米技术；
- 2) 目前发展了染料敏化、量子点敏化、纳米阵列、热激子、上下光转换电池等等；
- 3) 使用常见材料，大幅降低成本，未来可大幅提升效率，走向市场。



三代电池的性价比走势



电池更新的材料选择

原则:

- 1) 无毒、廉价、储量丰富;
- 2) 吸光能力强, 且吸收的是大部分的可见与近红外光;
- 3) 导电性能高;
- 4) 具有结构上优势, 损耗光生的电子与空穴少;

图例

- 碱金属 (blue)
- 碱土金属 (light blue)
- 主族金属 (orange)
- 非金属 (green)
- 卤族元素 (purple)
- 稀有气体 (grey)
- 过渡金属 (yellow)
- 镧系金属 (light yellow)
- 铜系金属 (light green)

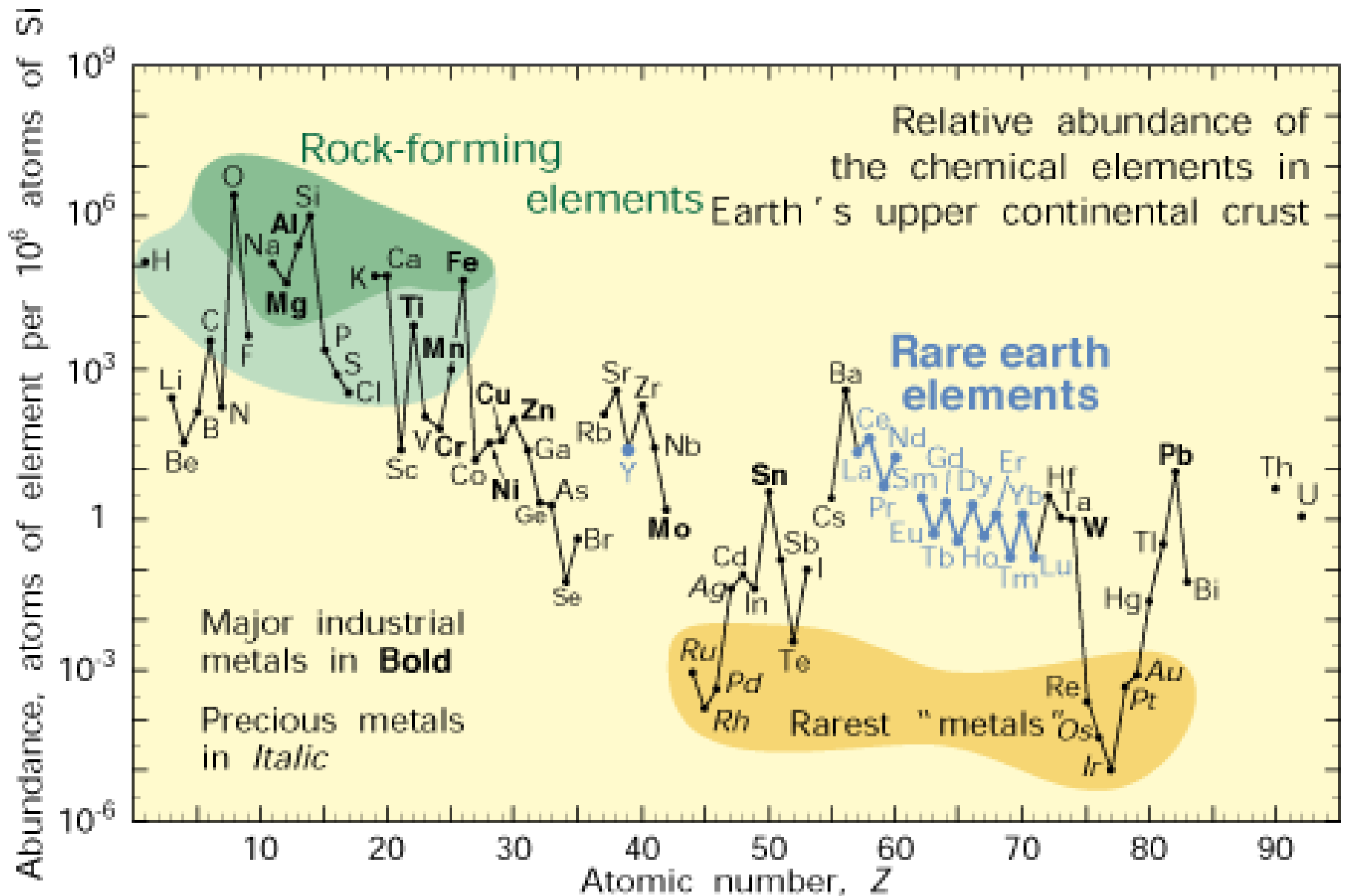
注: #表示放射性元素, *表示人造元素。

IA																	VIIIA		
1 H 1.008																	2 He 4.003		
3 Li 6.941	4 Be 9.012																	10 Ne 20.18	
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII					IB	IIB	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80		
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc [98]	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 127.9	54 Xe 131.3		
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	镧系	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]		
87 Fr [223]	88 Ra [226]	镧系	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [268]	110 Uun [269]	111 Uuu [272]	112 Uub [277]	114 Uuq [285]	116 Uuh [289]	118 Uuo [293]					
镧系	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm [145]	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0				
铜系	89 Ac [227]	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [260]				

信息量丰富的中文周期表 (5)

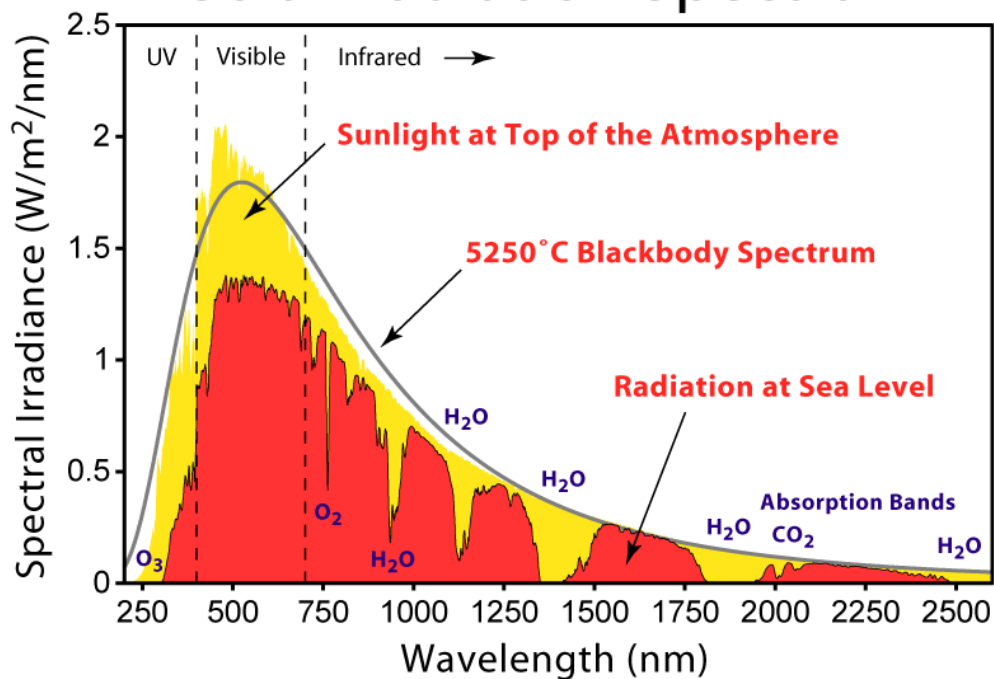
⋮

地壳中元素的储量

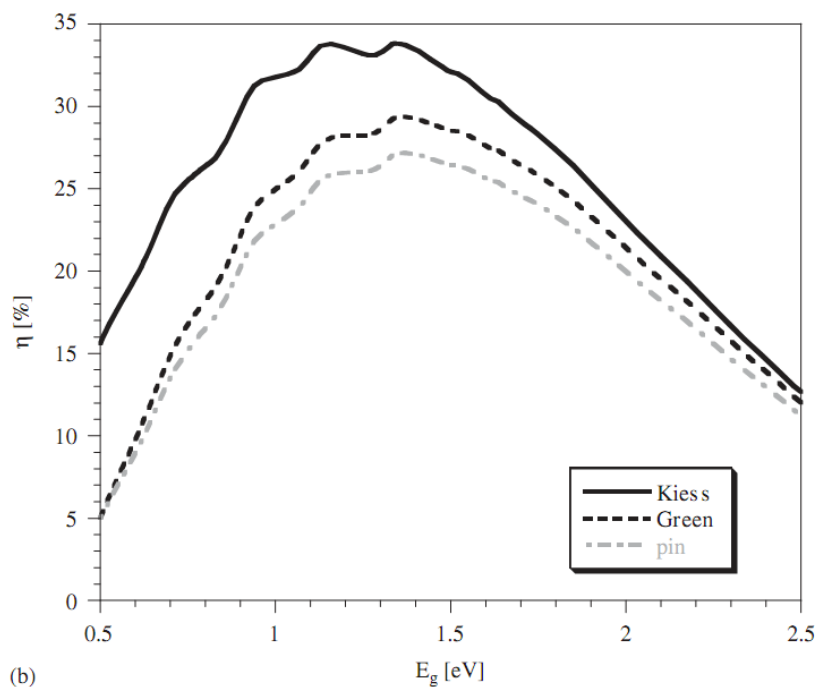


太阳辐照波谱对半导体电池材料的要求

Solar Radiation Spectrum

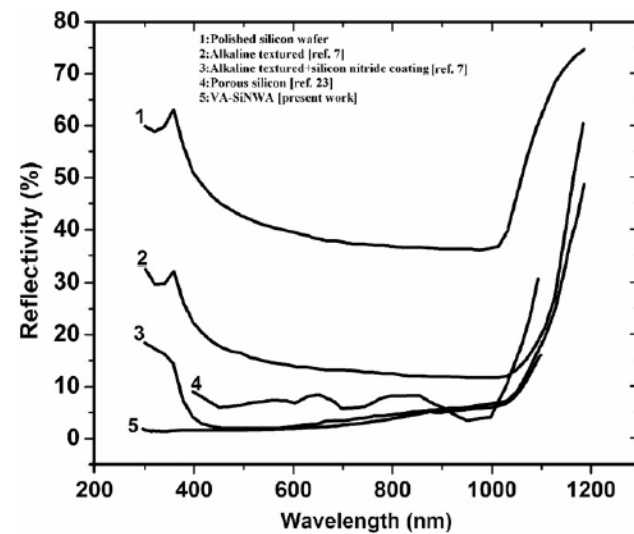
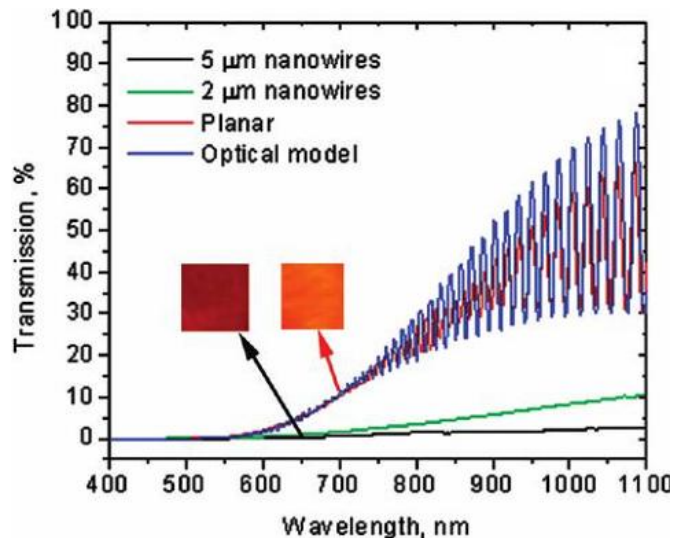
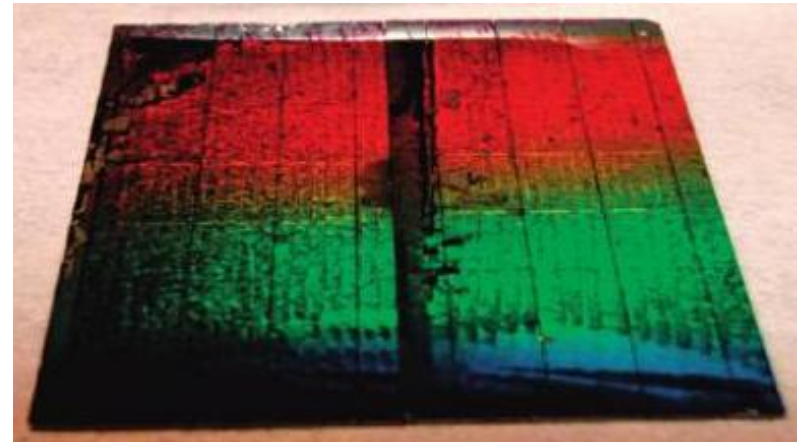
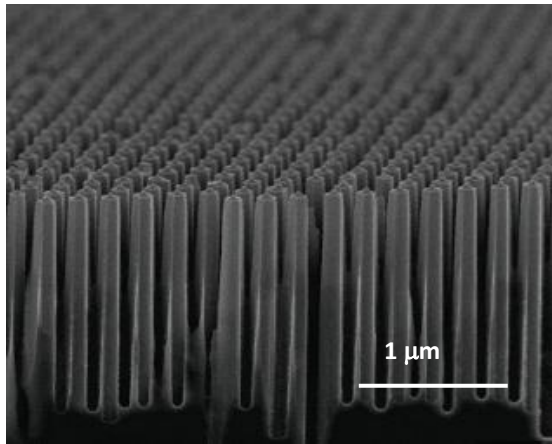


太阳波谱

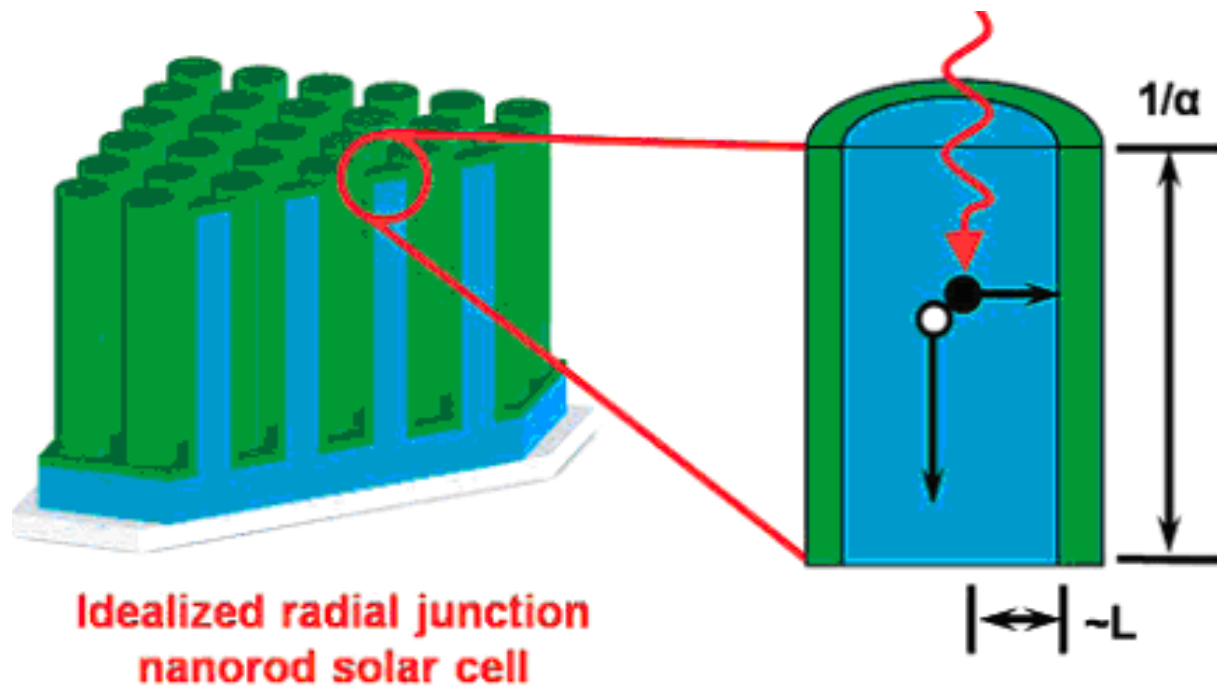
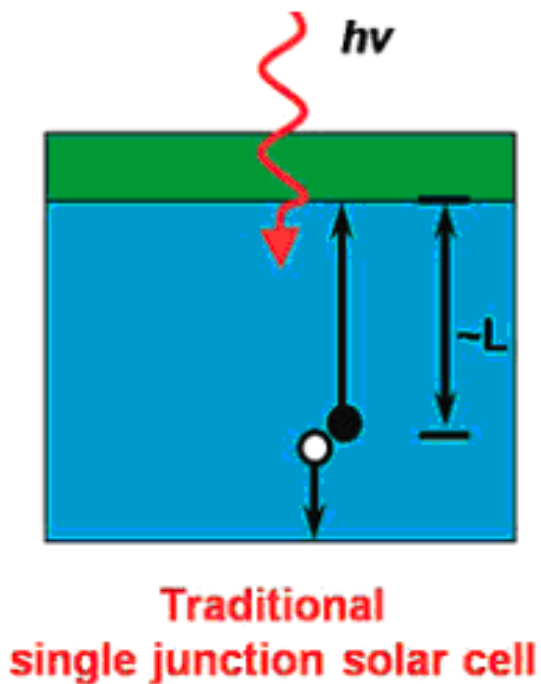


半导体带隙要求

新型技术的示例



有效利用入射光：纳米阵列减少表面反射与底部透射



有效利用光生电子与空穴：纳米阵列垂直模式有效分离电子与空穴

未来普及

- 选择廉价、无毒、储量高的材料，如 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 等；
- 采用先进的纳米技术，如使用纳米阵列，不使用平面薄膜；
- 选择便宜的生产方法，降低电池成本，如溶液反应；
- 未来低廉太阳能电池发电依靠同学们的努力！

谢谢同学们的关注！