



Fuyao Glass Industry Group Co., Ltd.  
Setting the standards as a system supplier for the automotive glass industry

# 夹层镀膜工艺知识

镀膜工艺：罗乐平

2017年9月19日

# 目录

- 一、镀膜相关背景
- 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础
- 三、夹层镀膜玻璃相关质量缺陷
- 四、夹层镀膜玻璃性能试验

# 一、镀膜相关背景

## 1. 镀膜常见的应用



太阳能薄膜电池



显示穿戴器件镀膜

(增透/眼镜片/镜头)



建筑玻璃镀膜

(节能/颜色装饰/智能窗/自清洁)



功能镀膜玻璃

(防晒/电加热/疏水/单向透射/变色)

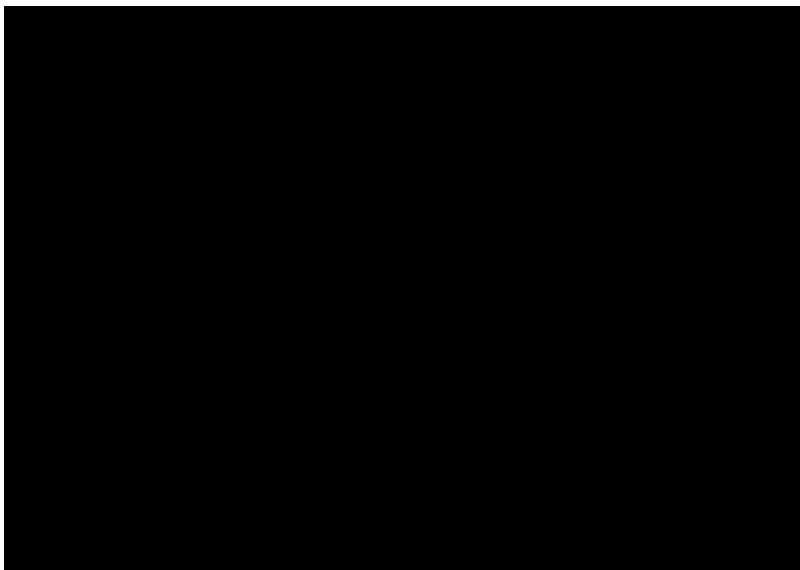


半导体行业

(透明导电膜/薄膜晶体管等)

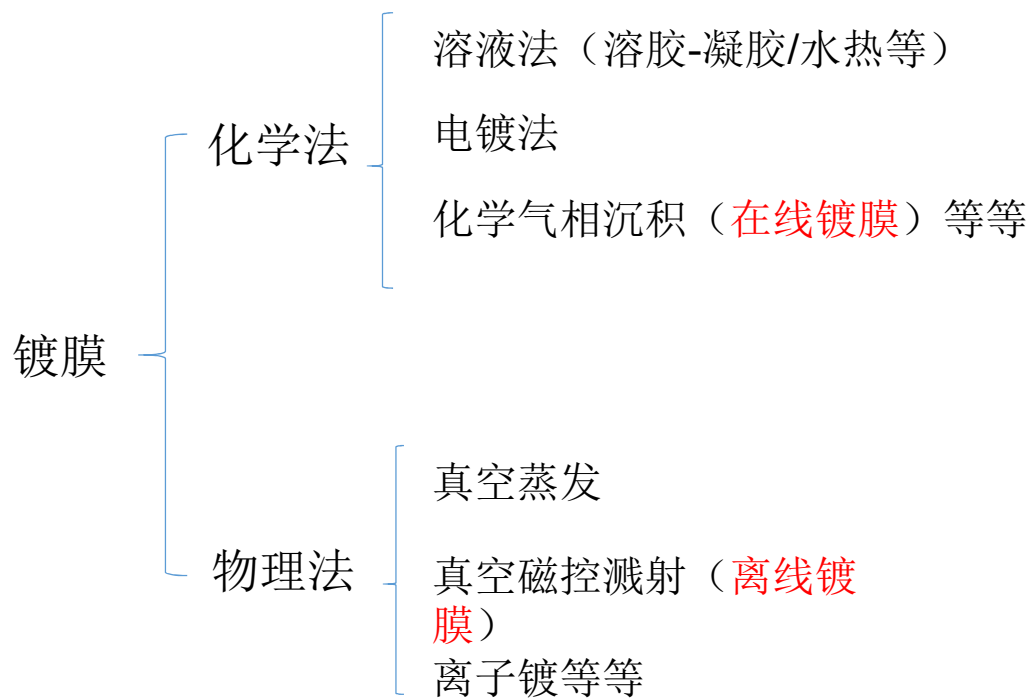
## 一、 镀膜相关背景

### 2.镀膜常见的应用（视频）

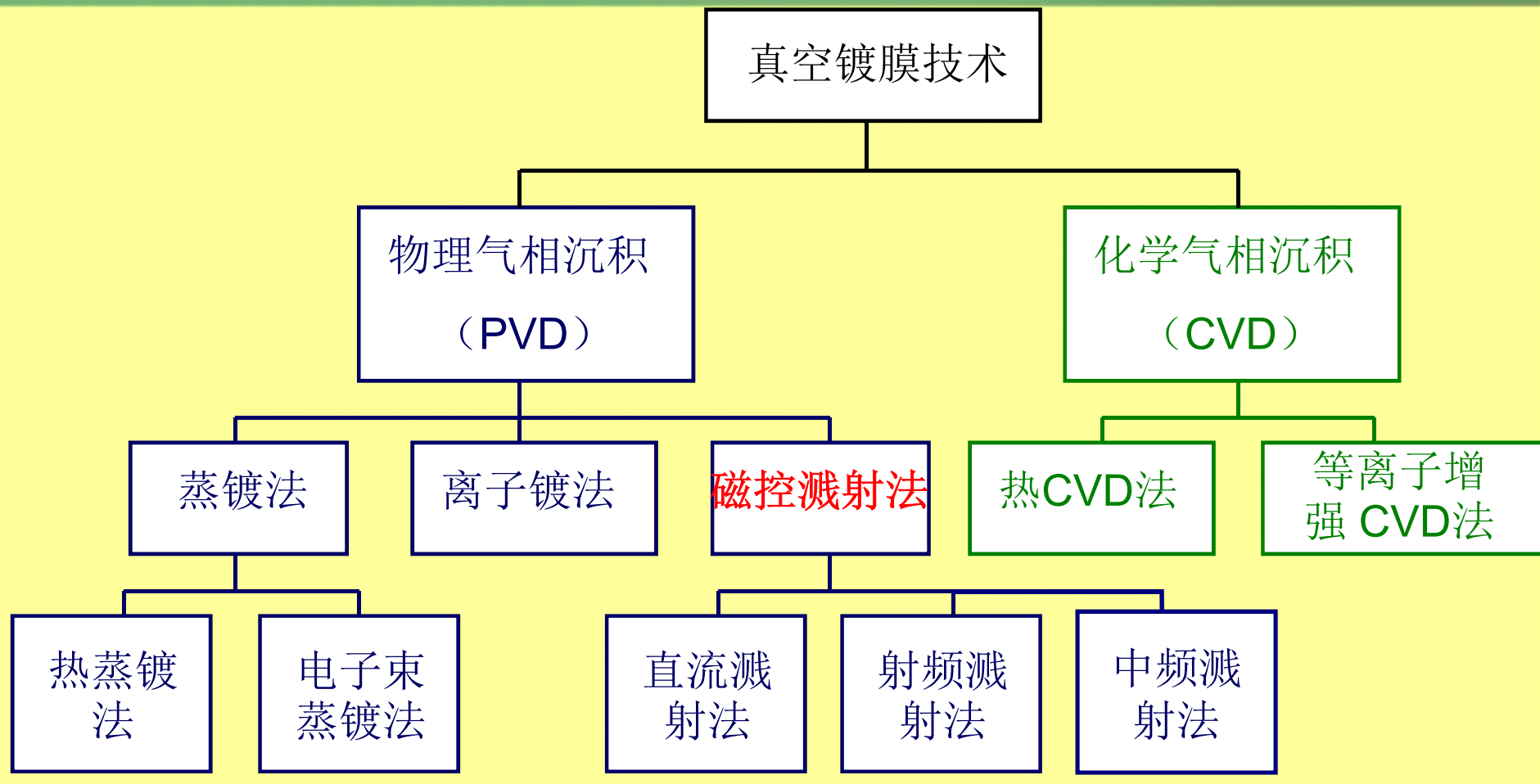


# 一、镀膜相关背景

## 2.镀膜基本分类



## 一、镀膜相关背景



## 一、镀膜相关背景

### 物理气相沉积（PVD）

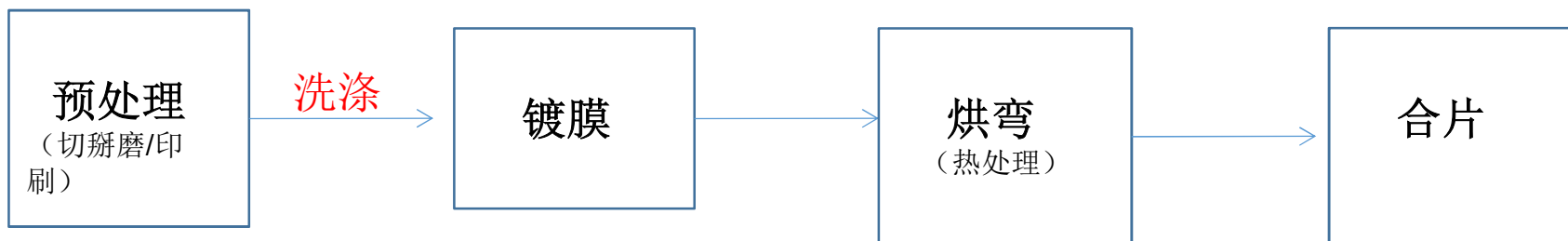
- ◆通过物理方法将镀膜材料转化为气相
- ◆镀膜材料凝结在基片表面

### 化学气相沉积（CVD）

- ◆镀膜材料由气体或气体混合物（气相）组成
- ◆通过在气相和基片表面发生化学反应在基片表面形成薄膜。

## 二、镀膜相关背景

### 1. 夹层镀膜工艺总流程

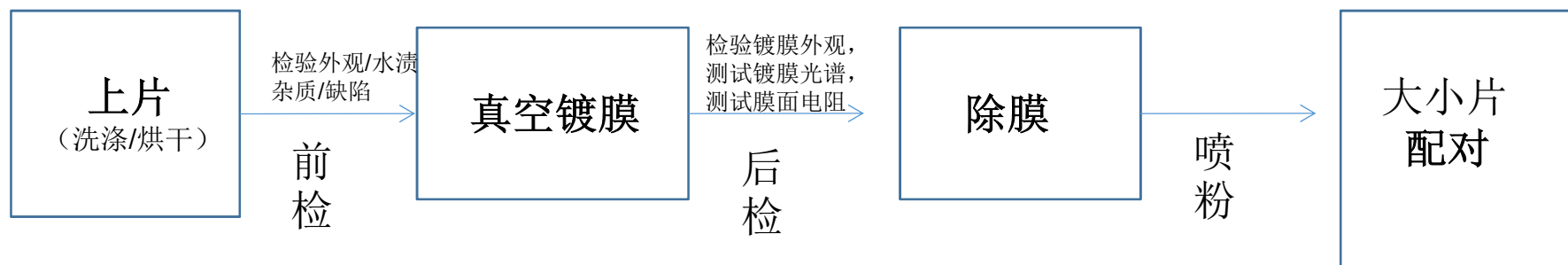


1. 镀膜对玻璃原片洁净度要求较高，尤其洗涤，俗称“七分洗，三分镀”，另外玻璃原片质量；
2. 镀膜工序对设备的依赖程度高，尤其真空度（至少在 $10^{-5}\text{mbar}$ 下）等；
3. 热处理对膜层性能的影响：特定的薄膜材料在特定的热处理条件下显现特定的性能如 $\text{TiO}_2$ ；
4. 镀膜材料的耐候性：**low-e**膜因为有**Ag**金属层的易氧化性；



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

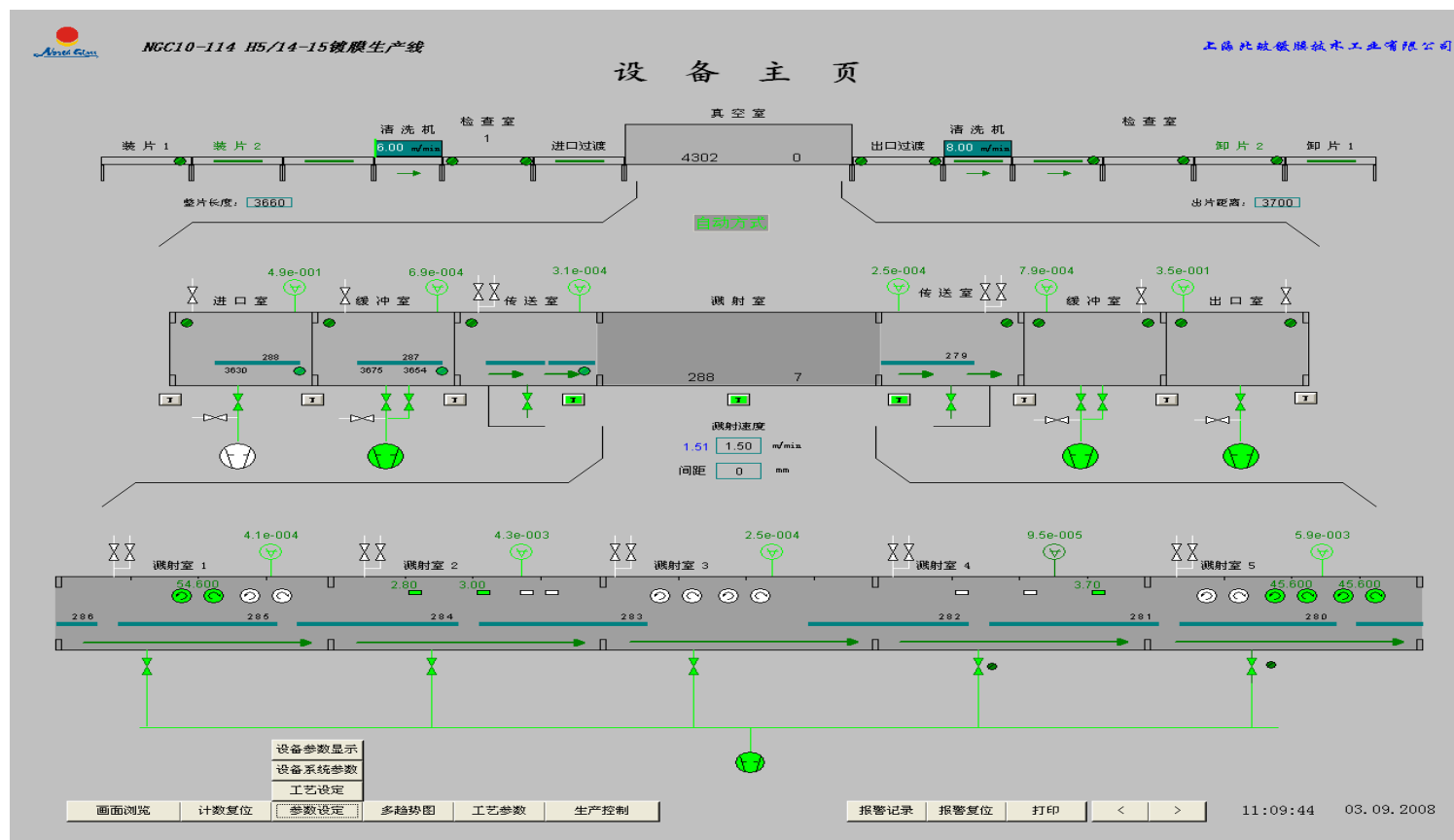
### 2.夹层镀膜序流程



1. 进真空腔室前，需保证玻璃原片洁净度及无水渍，且镀膜面为空气面；
2. 镀膜后检验：镀膜片有无掉渣等外观缺陷/膜面色差/以及光谱曲线不合格等；
3. 目前镀膜边界需通过放盖板来遮挡，GPS/ETC/雨感器/摄像头框等需通过激光除膜；
4. 配小片与膜面接触面为空气面

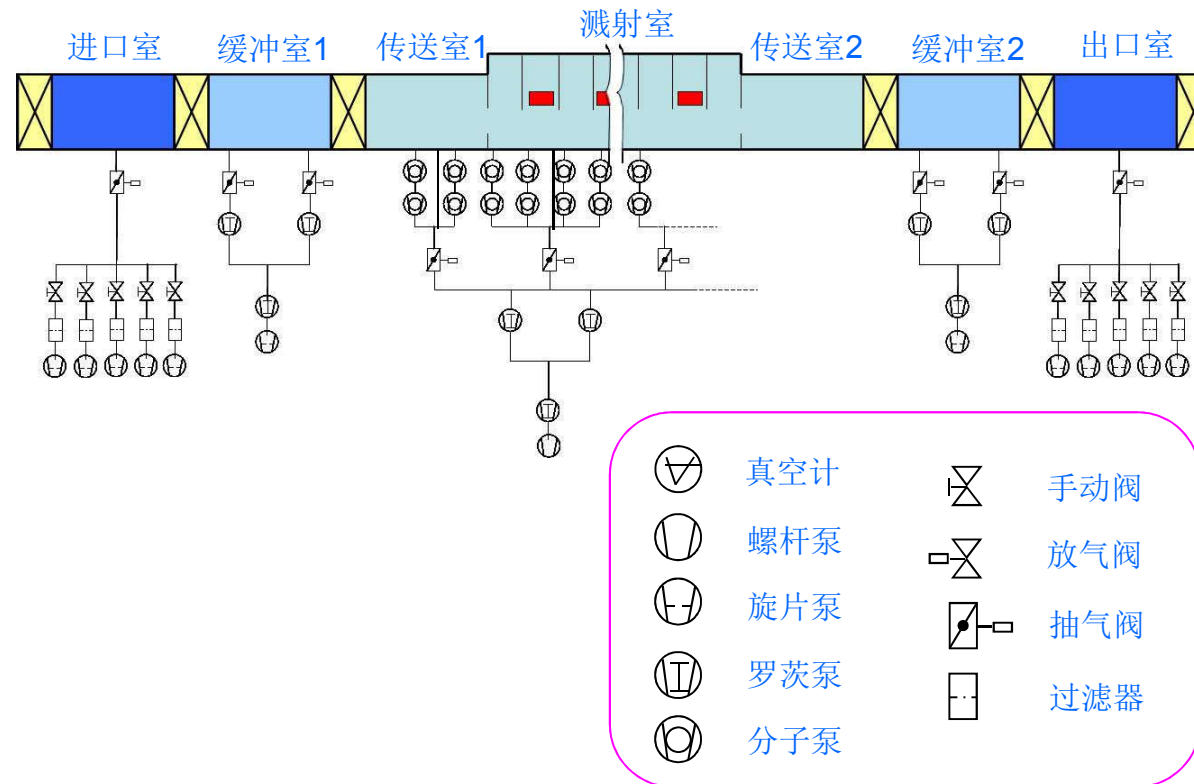
## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 1. 镀膜线设备



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

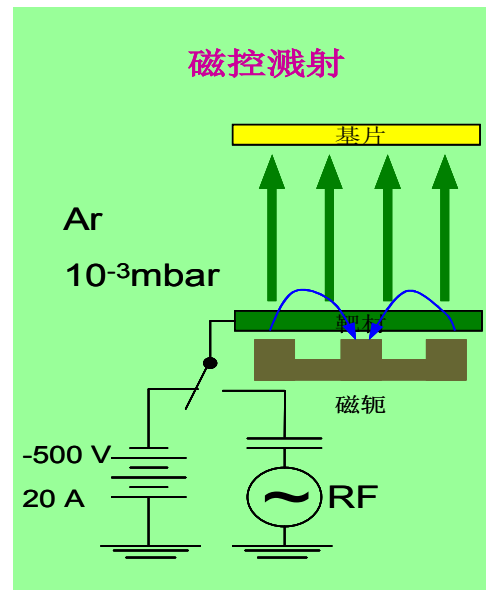
### 2.镀膜线设备（磁控溅射真空部分）



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 3.磁控溅射原理及特点

- 设置磁场，束缚电子运动轨迹
- 提高溅射速率
- 放电电压较低（300—600 V）
- 基片温度低



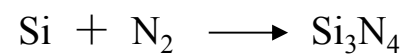
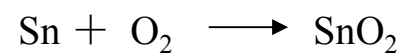
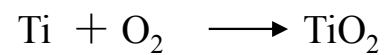
## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 3.磁控溅射原理及特点

反应性气体（混合氩气）+金属靶材

→ 化合物膜、绝缘膜

例



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础



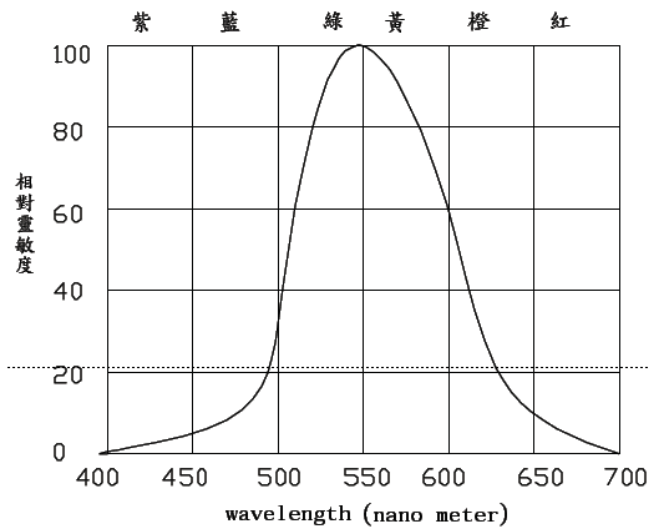
### 3.磁控溅射原理及特点

磁控溅射法优点：

- 膜厚可控性和重复性好
- 膜层与基片的附着力强
- 可以制造特殊材料的膜层
- 膜层纯度高
- 溅射速率高、基片温度低

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 4. 镀膜光谱-----可见光



在镀膜的镜片上呈现的颜色,就是在光谱图上体现的相对反射较高的波段

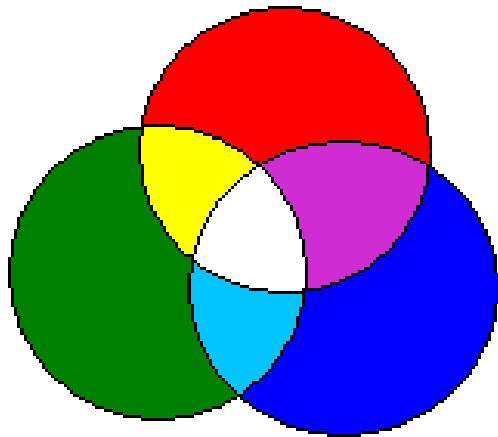
可见光范围内在550nm的地方是人眼最敏感的区域,颜色为黄绿色

#### 可見光(Visible Light)

- 紫色光(Violet) : 400~450nm
- 藍色光(Blue) : 450~500nm
- 綠色光(Green) : 500~570nm
- 黃色光(Yellow) : 570~590nm
- 橙色光(Orange) : 590~610nm
- 紅色光(Red) : 610~700nm

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 4.镀膜光谱-----可见光

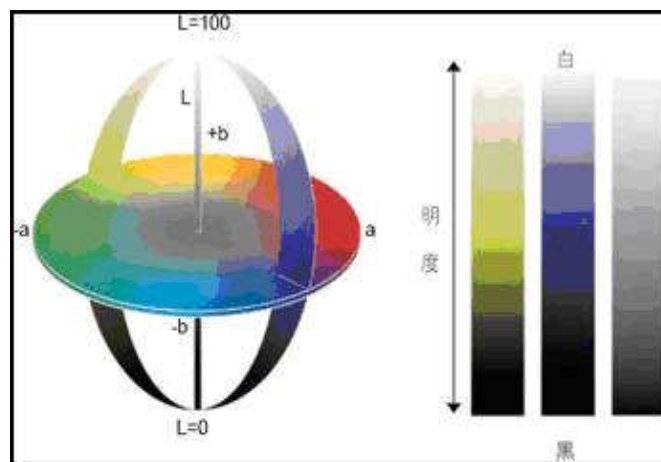
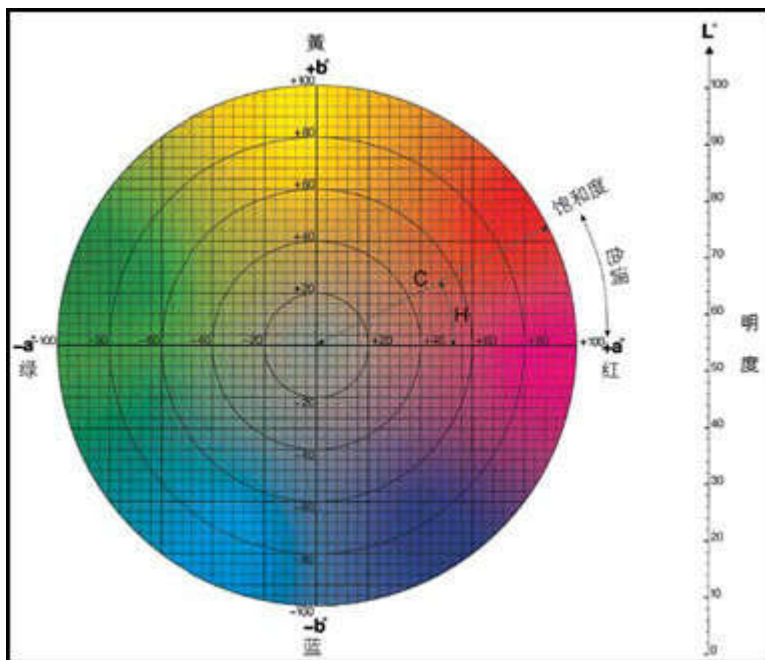


红色光 (Red)  
绿色光 (Green)  
蓝色光 (Blue)  
为光的三原色。



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 4. 镀膜光谱-----可见光色坐标



L 明度，L值越大，色彩越亮；

a值为正为红色、a为负为绿色；

b值为正为黄色、b为负为蓝色

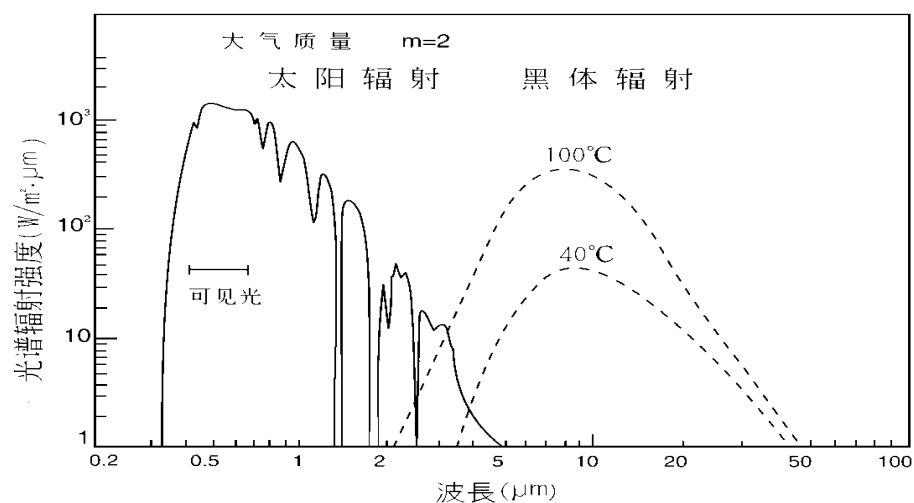
汽玻单银low-e反射色一般为蓝红色；

汽玻双银low-e反射色一般为蓝绿

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理

#### 太阳辐射和黑体辐射光谱



太阳光谱辐射中  
40%为可见光；  
55%为红外能量

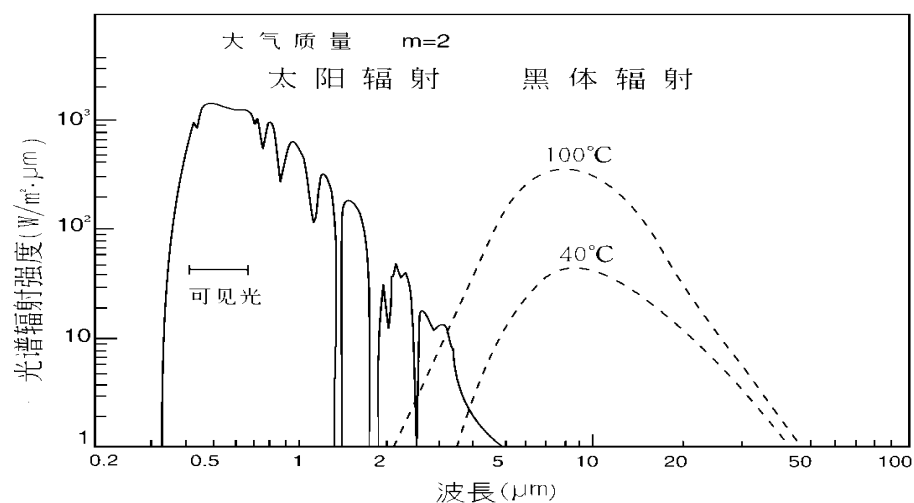
图：太阳辐射光谱曲线和黑体辐射光谱曲线示意图

太阳能辐射：**300~2500 nm**。其中，紫外线：**300~400 nm**，可见光**400~780 nm**，红外线**780~2500 nm**。远红外辐射：**2.5~50  $\mu m$** 。亦称热辐射，物体的温度越高发出的远红外强度越大。

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺基础

### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理

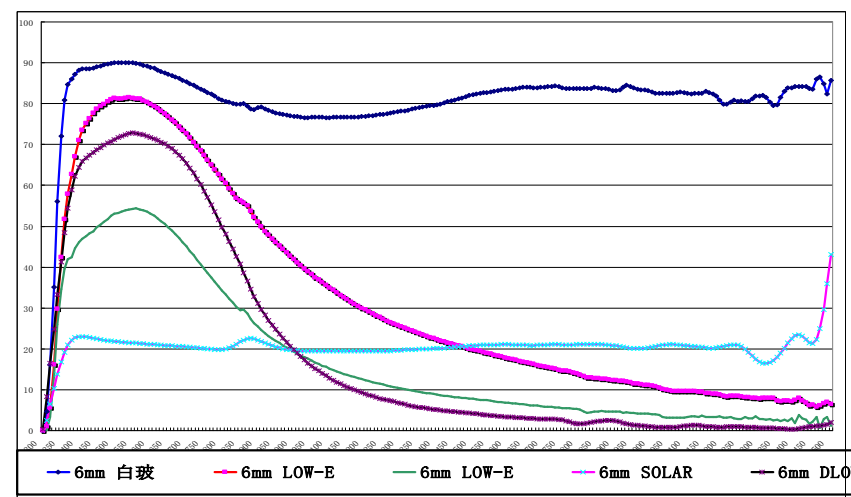
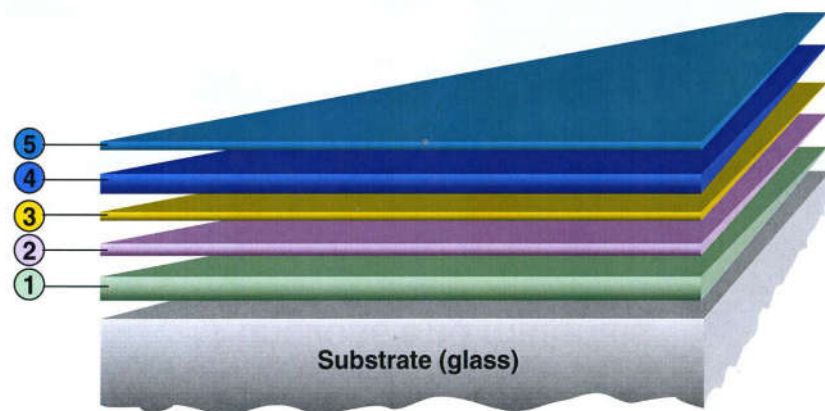
#### 太阳辐射和黑体辐射光谱



图：太阳辐射光谱曲线和黑体辐射光谱曲线示意图  
太阳能辐射：**250~2500 nm**。其中，紫外线：**250~400 nm**，可见光**400~780 nm**，红外线**780~2500 nm**。远红外辐射：**2.5~50  $\mu m$** 。亦称热辐射，物体的温度越高发出的远红外强度越大。

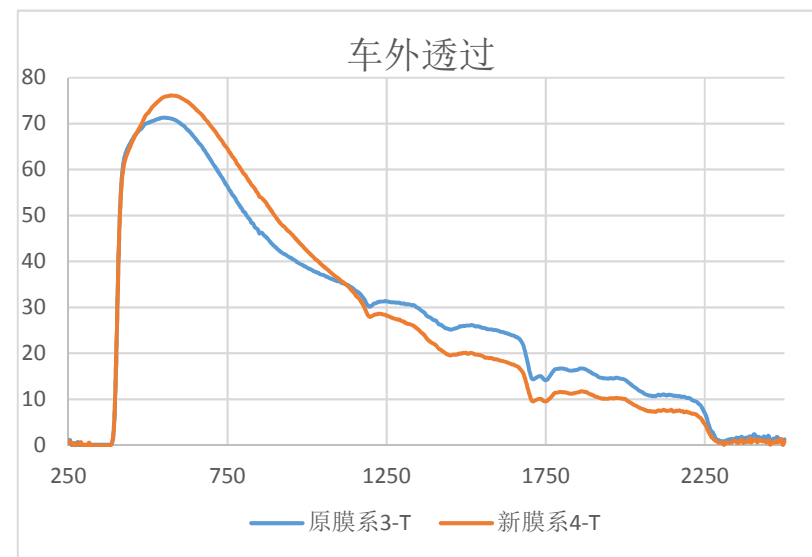
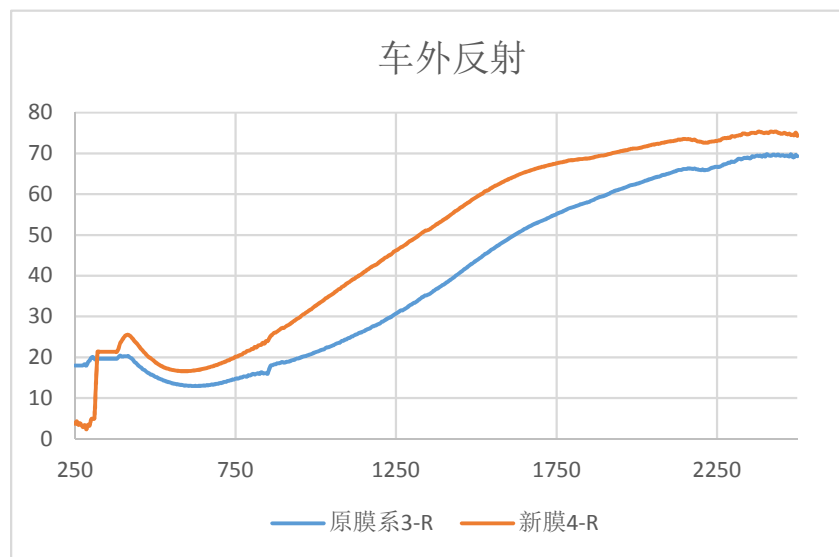
## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

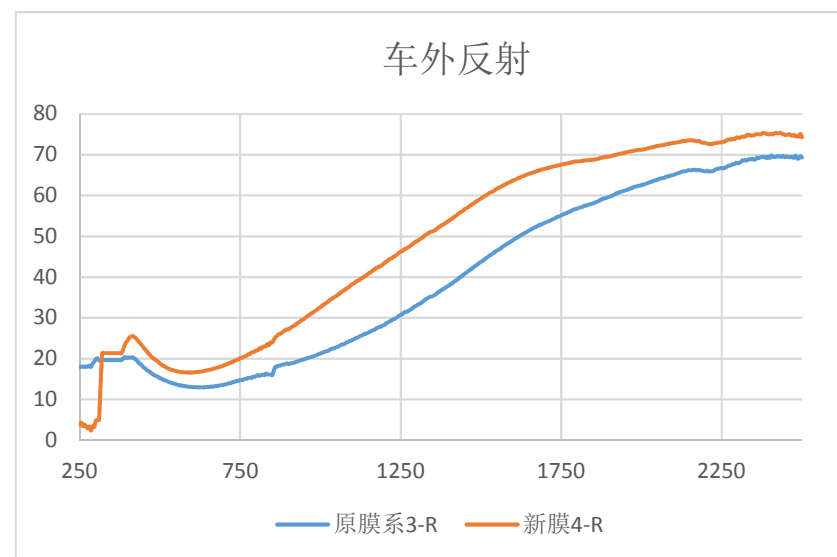
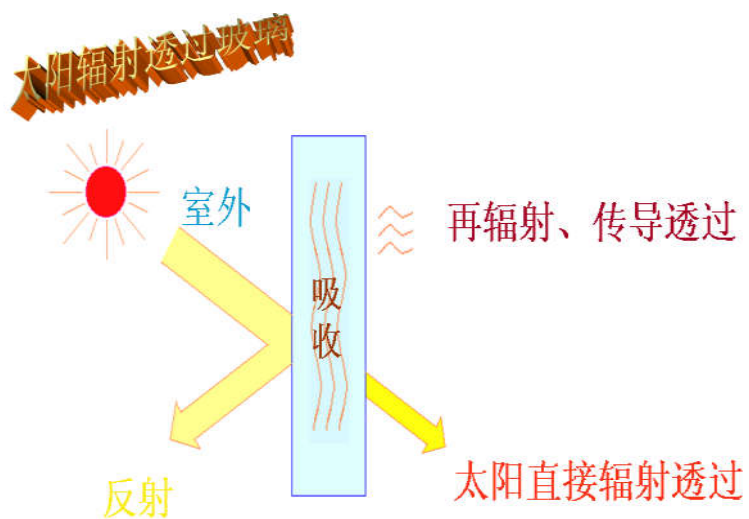
基于测试分析的Te、Re数值计算Tts数值如下：

样品		Te	Re	Tts	Tvis	Rvis
原膜系 3	3-左	0.534	0.233	0.596	0.730	0.144
	3-中	0.510	0.202	0.587	0.704	0.139
	3-右	0.520	0.219	0.590	0.719	0.142
新膜系 4	4-左	0.539	0.275	0.589	0.746	0.173
	4-中	0.543	0.274	0.592	0.748	0.173
	4-右	0.541	0.278	0.589	0.748	0.178

注：北玻分析数据基于ISO-9050

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

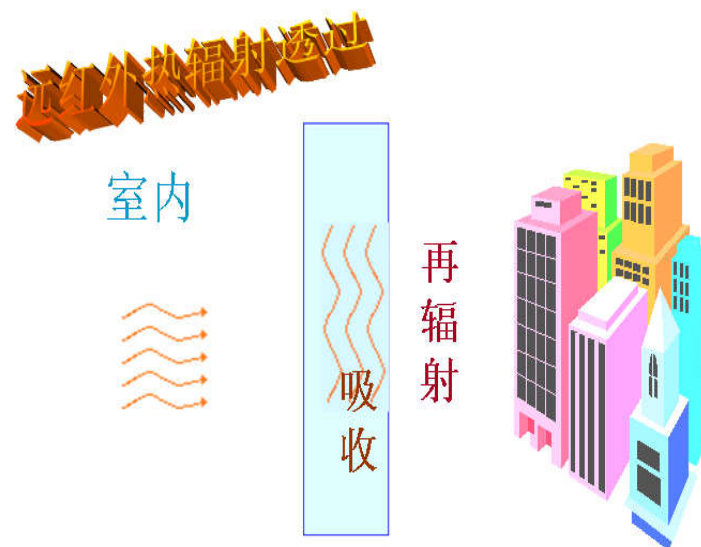
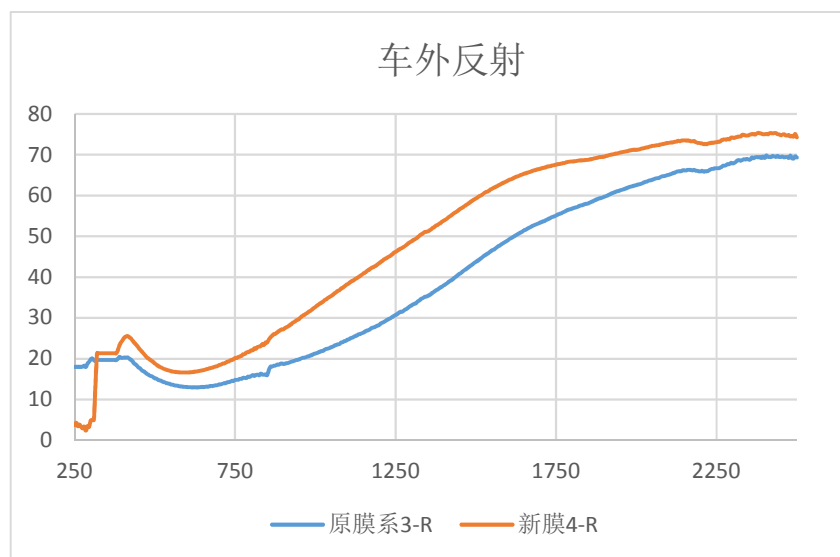
### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理



玻璃传导热量的模型之一：  
夏天

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 5. Low-E镀膜玻璃的节能隔热原理



玻璃传导热量的模型之二：  
冬天

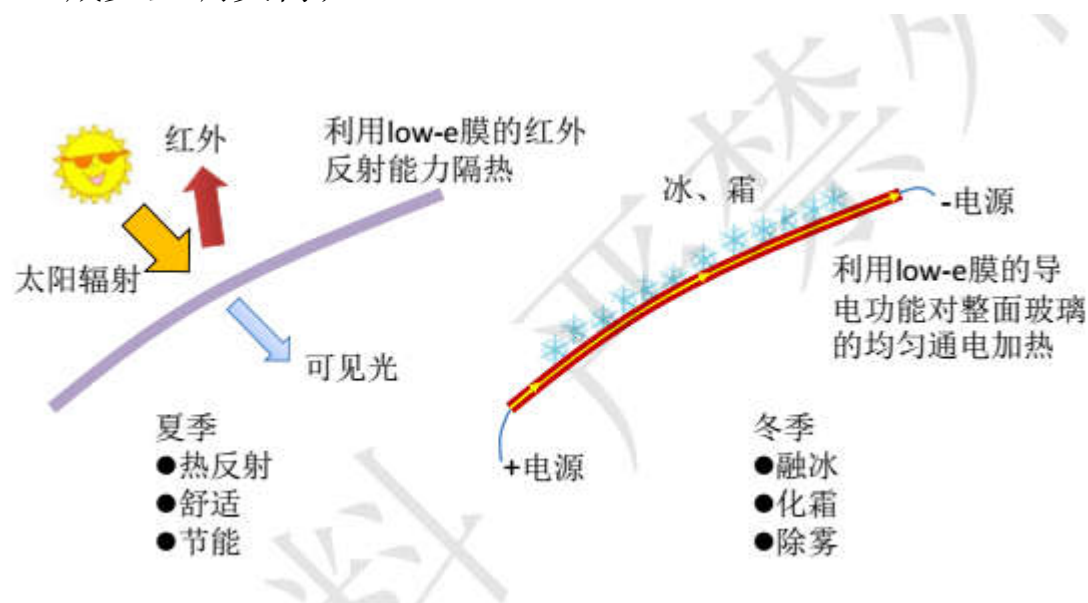


## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 6. low-e镀膜加热

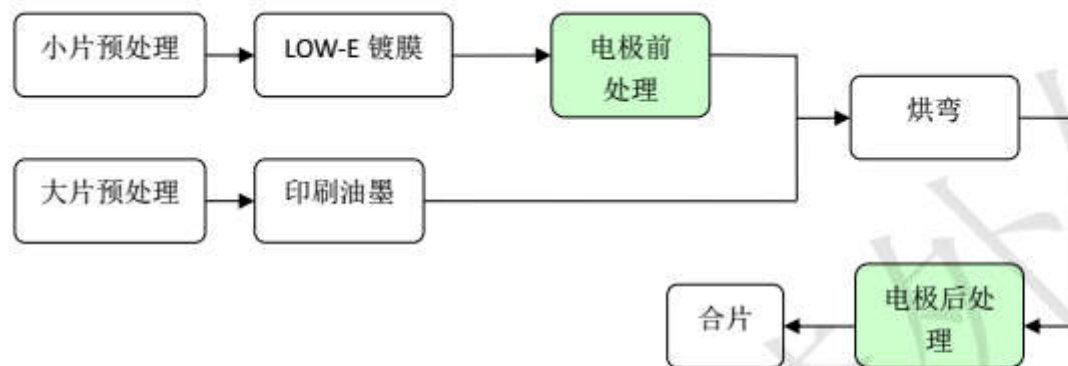
特点:

1. 实现low-e 功能，隔绝紫外与红外，实现冬暖夏凉的效果；
2. 融冰/化霜/除雾，为用户提供清晰视野，保证行车安全；
3. 减少空调负荷；



## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

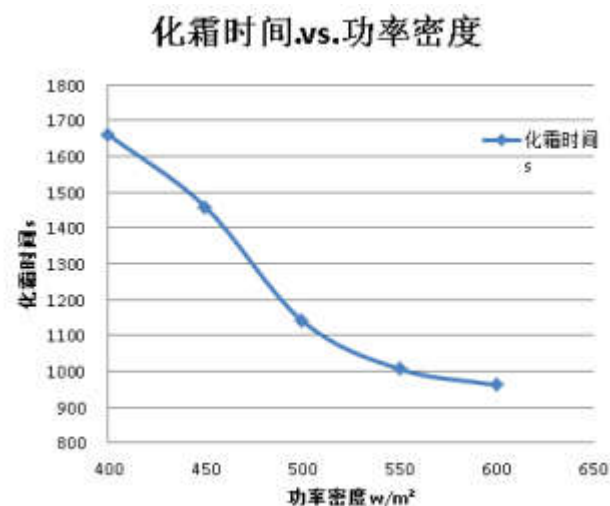
### 6. low-e镀膜加热



镀膜加热玻璃工艺流程

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 6. low-e镀膜加热



加热功率密度  $P$  是决定电加热能力的核心指标,  $P=600W/m^2$  (TL82445)

$$P = \frac{U^2}{R_s \cdot H^2}$$

$H$  母线间距 (m)

$U$  供电电压 (V)

$R_s$  low-e 膜方阻 ( $\Omega/\square$ )

2. 在确定加热功率密度  $600W/m^2$  情况下, 母线间距  $H$  和膜层方阻对加热电压的选择

Low-e 品种		三银			双银、单银				
方阻 $R_s$ ( $\Omega/\square$ )		0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
电 压 $U$ (V)	$H = 0.85$ m	18.6	20.8	25.5	29.4	32.9	36.1	39.0	41.6
	$H = 0.80$ m	17.5	19.6	24.0	27.7	31.0	33.9	36.7	39.2
	$H = 0.75$ m	16.4	18.4	22.5	26.0	29.1	31.8	34.4	36.7

## 二、夹层镀膜玻璃基本工艺流程

### 7. 关于方块电阻

$$R_s = \rho / d$$

其中;  $\rho$ 为电阻率, 单位 $\Omega \cdot m$ ;  
 $d$ 为膜层厚度, 单位为 $m$   
 $R_s$ 为方块电阻, 单位为 $\Omega/\square$

方块电阻可间接用于表征膜层红外辐射率:  
方块电阻越小,  
红外反射越高,  
隔热性能越好

方块电阻的意义:

从公式可以看出方块电阻与样片尺寸大小无关, 只与膜层本身电阻率与膜层厚度有关  
而不同于电阻值 $R = \rho * L / S$

### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 1. 膜层氧化



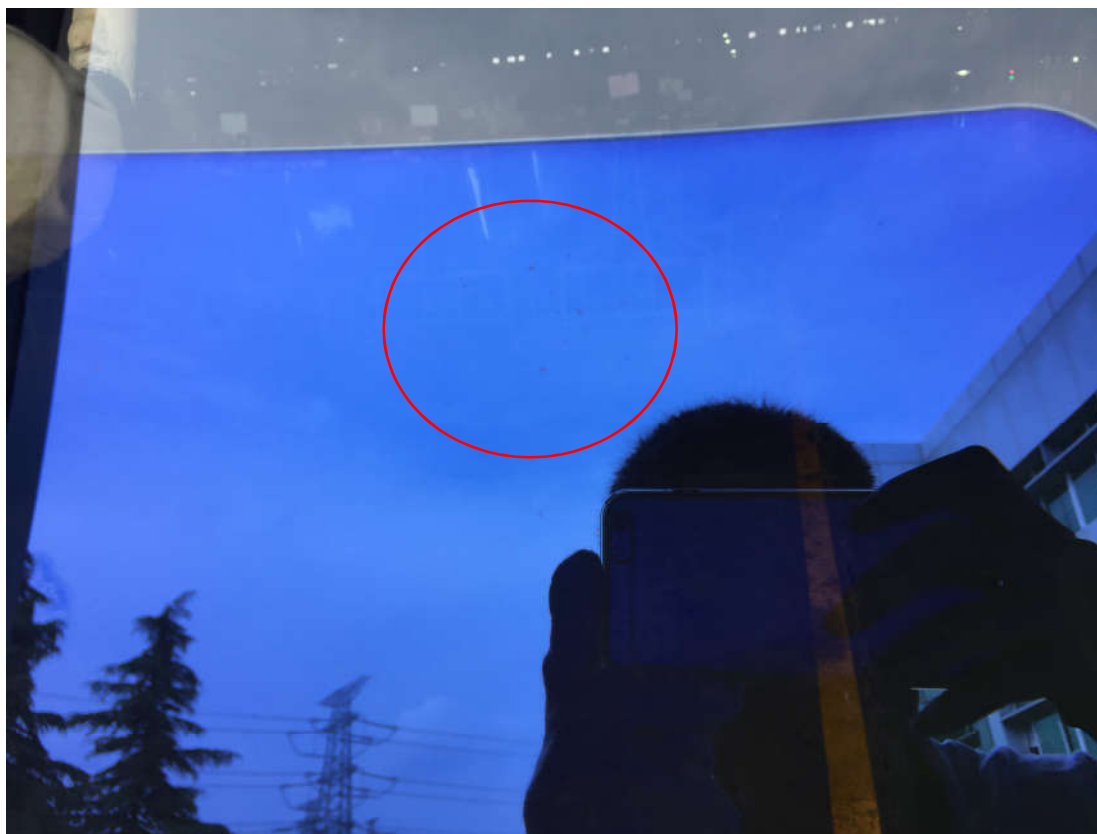
### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

## 2. 油点



### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 3. 靶材掉渣



### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 4. 膜层擦伤





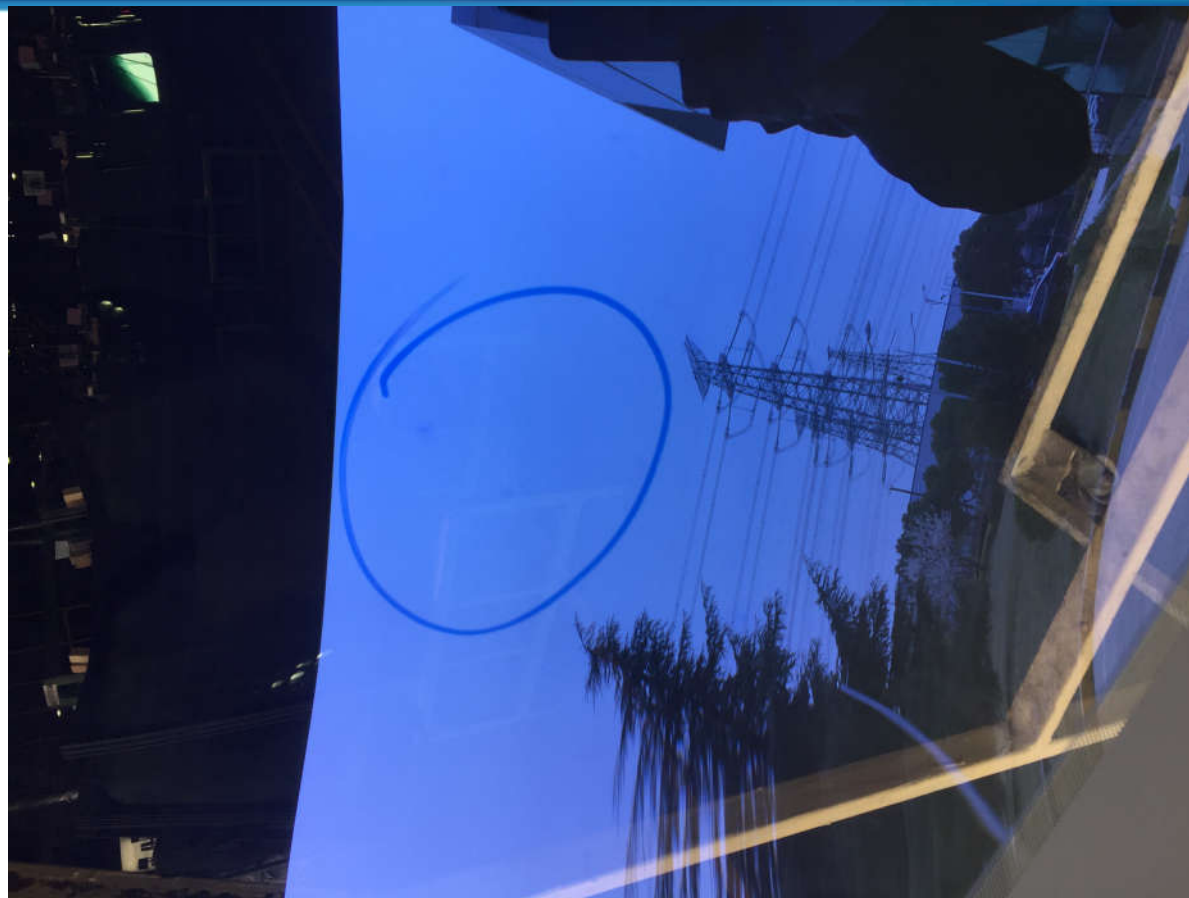
### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 4. 膜层擦伤



### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 5. 暗斑



### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷

#### 6. 杂质黑点



### 三、夹层镀膜玻璃常见缺陷



合片后银浆母线附近气泡

## 四、夹层镀膜玻璃性能试验



QFY

J0030-2016产品内



QFY

J0132-2014汽车玻

# THANKS!



[www.fuyaogroup.com](http://www.fuyaogroup.com)