

Applied Infrared
& Optoelectronics



應用紅外與光電子學

自由載流子紅外吸收法測量硅單晶中自由載流子濃度徑向分布

大功率燈型紅外加熱器的研製

紅外分光光度計的商品市場述評

光纖通訊用的光探測器

在取暖散熱器上應用遠紅外塗料探討

遠紅外輻射器紅外轉換效率的最佳值研究

紅外熱像儀測定新生兒皮膚溫度

紅外水份儀及其在工業上的應用

軍用光電子技術的應用

5

上海科學技術文獻出版社

應用紅外與光電子學

第 5 輯

Applied Infrared & Optoelectronics

1988 年 8 月出版

目 录

自由载流子红外吸收法测量硅单晶中自由载流子

子浓度径向分布 赵有源等 (1)

大功率灯型远红外加热器的研制

..... 胡仲震等 (3)

• 商品市场 •

红外分光光度计的商品市场述评 叶青登 (15)

光纤通讯用的光探测器 贡林行 (17)

• 红外加热应用 •

在取暖散热器上应用远红外涂料探讨

..... 李国政等 (21)

远红外辐射器红外转换效率的最佳值研究

..... 吴 玮 (22)

• 医学应用 •

红外热像仪测定新生儿皮肤温度

..... 郭伟美等 (24)

HW-1型红外体表测温仪测定气功态人体温度

..... 王崇行等 (27)

红外辐射治疗非化脓性耳廓软骨膜炎

..... 赵志峰 (28)

红外辐射治疗冻疮的临床观察 陈仲铭 (29)

TDP 治疗慢性腹泻 32 例临床观察

..... 何桂德等 (31)

• 传感器应用 •

红外水份仪及其在工业上的应用

..... 王金山等 (32)

• 综 述 •

军用光电子技术的应用 王功伯 (35)

• 机构介绍 •

黑龙江省红外产品质量监督检验站 吴玮 (28)

• 短 讯 •

新型 InP 光电材料 张桂成 (34)

利用 CO₂ 波导激光去除屈弓异物 金顺娟 (39)

调试 CO₂ 激光治疗仪 王秉时 (40)

• 文献资料 •

红外加热文献索引(五) 王素儒等 (39)

• 技术讲座 •

红外技术应用基础 (40)

第四讲 黑体辐射的总功率 糜正瑜

Spotlight in this issue

The radial concentration distribution of free carriers in crystalline silicon determined with infrared absorption of free carriers at wavelength 10.6μm.

Study on paraboloidal reflector heater of cylindrical source.

本期责任编辑: 陈嗣良

编 辑 《应用红外与光电子学》

编辑委员会

(上海中山北一路 420 号)

出 版 上海科学技术文献出版社

印 刷 江苏昆山亭林印刷厂印刷

经 销 全国各地新华书店

ISBN 7-80513-317-4/T·112

科技新书目: 183-282 定价 1.40 元

自由载流子红外吸收法测量硅单晶中 自由载流子浓度径向分布

赵有源 吴仲墀 高如芳 钱佑华
(复旦大学)

摘 要 本文报道了自由载流子红外吸收法测量硅单晶中自由载流子浓度径向分布,并用扩展电阻法和 IFS113V 型红外傅里叶光谱仪测量作了检验对照,得出基本一致的结果。本方法的优点是对测试样品的无接触,非破坏,测量重复性好,能连续地检测出硅单晶径向微区杂质浓度(或电阻率)的分布。可用于有关半导体器件厂生产前对单晶质量作抽样检测和筛选,提高器件的质量和成品率。

**The radial concentration distribution of free carriers in
crystalline silicon determined with infrared absorption
of free carriers at wavelength 10.6 μ m.**

Zhao Youyuan, Wu Zhongchi, Gao Rufang, Qian Youhua
(Fudan University)

Abstract A measurement for radial distribution of free carriers in crystalline silicon with infrared absorption method is reported. The results are in good agreement with that obtained by both the IFS 1133V Infrared Fourier Spectrometer and spreading resistance method. The advantages of the present method are contactless, non-destructive, good repetition and continuous measuring of the radial impurity distribution. It would be good for inspecting and sifting the silicon wafers before the semiconductor devices being produced.

一、引 言

目前在制造晶体管和集成电路的电子工业中,硅单晶是使用最广泛的电子材料。硅单晶的质量直接与硅器件质量紧密相关。高成品率的优质器件的设计不仅要求硅单晶片的平均杂质(指浅能级杂质)浓度要符合要求,而且径向杂质浓度分布也必须控制在一定范围内。室温下杂质全电离,自由载流子浓度的测量就可以代替杂质浓度的检测。红外吸收法测量是基于红外波段的自由载流子吸收,其吸收系数正比于自由载流子浓度。红外吸收法的优点是用光探针代替电学测量法的金属探针,它可对硅单晶片平均自由载流子浓度作无接触无损伤的检测,而且也能作径向或面上无接触连续扫描,对硅片微区自由载流子浓度分布进行研究。并且在器件生产前对单晶作抽样检测和筛选,这对于有关器件厂家节约硅单晶材料,提高器件质量和成品率以及经济效益都具有积极意义。

二、原 理

理论分析指出,在正入射和不存在干涉的情况下,透射率 T 和吸收系数 α 有如下关系

$$T = \frac{(1-R)^2 e^{-\alpha z}}{1-R^2 e^{-2\alpha z}} \quad (1)$$

当探测光束波长 $\lambda = 10.6\mu\text{m}$ 时, 硅晶体吸收处于自由载流子吸收区而其他吸收中心的作用可以忽略不计; 在 $\lambda = 10.6\mu\text{m}$, 在一定的载流子浓度范围 ($N\text{-Si}$ 中, $n = 10^{15} - 10^{18}\text{cm}^{-3}$; $P\text{-Si}$ 中, $p = 10^{15} - 2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$) 内, 反射率 R 是个常数, $R = 0.29^{[1]}$ 。因为 $10.6\mu\text{m}$ 硅吸收系数 α 的测量是基于体内自由载流子吸收, 所以样品厚度 Z 要有一定的要求, 一般要满足 $\alpha Z > 1$, 而且样品两表面要切成平行平面并抛光成镜面。当样品厚度 Z 已知时, 测量样品的透射率 T , 从(1)式可求得吸收系数 α , 从定标曲线 $\alpha - N$ 可查得硅样品的自由载流子浓度 N 。

定标曲线 $\alpha - N$ 是这样绘制的。采用四探针法精确测量一组不同电阻率样品的电阻率 ρ , 通过 Irvin 经验曲线把电阻率 ρ 变换成净掺杂浓度并作这样近似: 室温上自由载流子浓度近似等于净掺杂浓度, 这一组样品进而制备成符合上述分析要求的标样, 分别测量各自的吸收系数 α , 然后把这组 (α, N) 数据绘制成定标曲线 $\alpha - N$ 。实验结果与文献[1]报导基本上相符合。

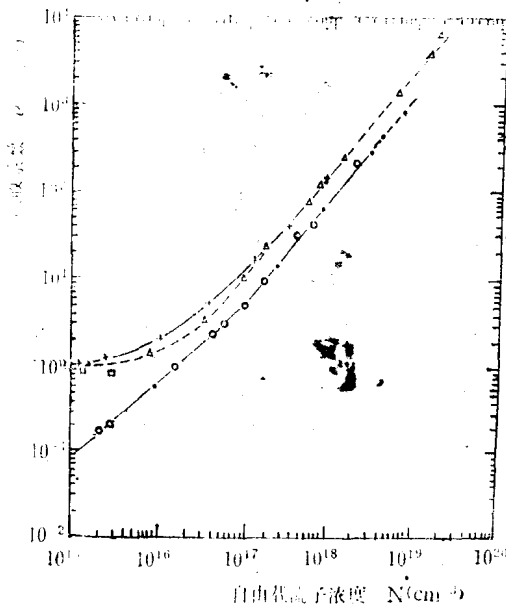


图1 硅 $10.6\mu\text{m}$ 吸收系数 α 与自由载流子浓度 N (或净掺杂浓度) 的关系

- + 本文的 $P\text{-Si}$ 实验数据
- 本文的 $N\text{-Si}$ 实验数据
- △ L. Jastrzebski 等人 $P\text{-Si}$ 数据
- L. Jastrzebski 等人 $N\text{-Si}$ 数据
- 光学上薄样品 ($Z = 2\text{mm}$) $N\text{-Si}$ 实验数据

三、测量装置

CO_2 激光器是按特殊要求而设计的, 输出功率约为 2W , 其相对波动小于 2% 。斩波器的作用是对光束进行调制。光束调节系统是用于按实验需要调节光束的平行度和在样品上激光光斑直径。样品台驱动系统能自动驱动样品移动, 以便测量自由载流子浓度径向分布。 M_1 和 M_2 为反射镜。通过样品的透射光讯号, 聚焦后被探测器接收, 经锁相放大器放大后用记录仪记录。

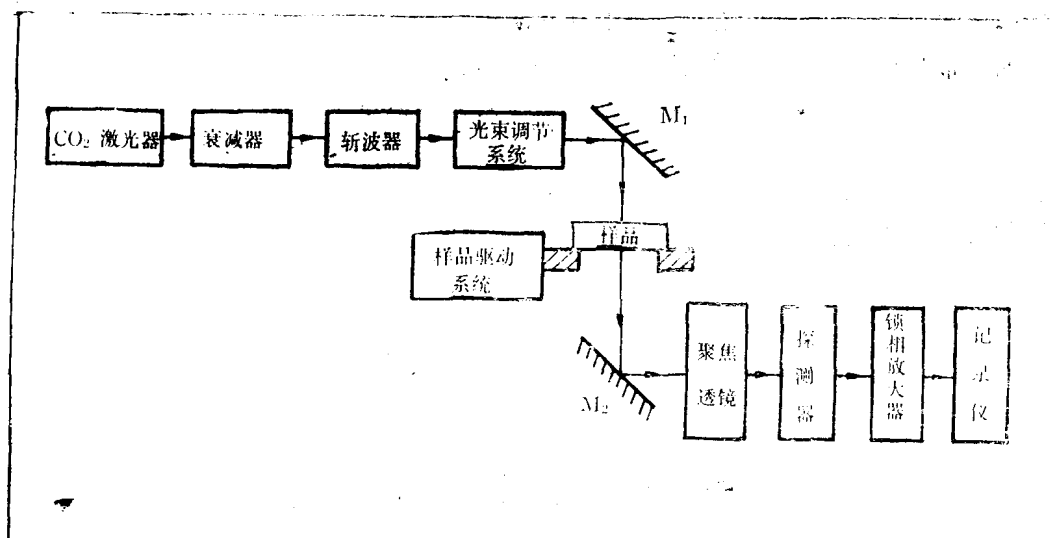


图2 吸收系数测量装置示意图

四、实验结果与讨论

1. 方法验证

为了验证红外吸收法测量结果,我们用扩展电阻法测量了 $N'-8$ 样品的径向电阻率分布,

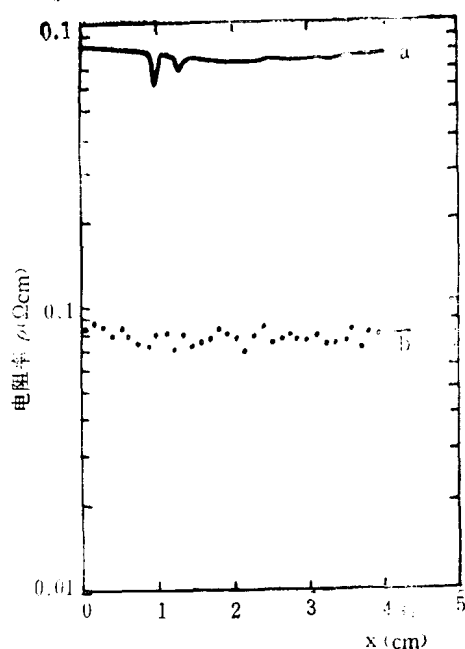


图3 $N'-8$ 样品 ($N-Si, \rho = 0.07 \sim 0.09 \Omega cm$)

电阻率 ρ 沿直径方向的分布

- a 红外吸收法测量结果
- b 扩展电阻法测量结果

如图3所示,图3曲线a和曲线b分别为红外吸收法和扩展电阻法测得的径向电阻率分布。从图3可见,红外吸收法测量结果与扩展电阻法基本一致。尤其令人注目的是扩展电阻法测得的结果是沿着径向的逐点不连续的电阻率分布,而红外吸收法测得的结果是沿径向连续的电阻率分布,空间分辨率比较高,红外吸收法也能检测出一些如图3上面曲线a上的二个尖锐吸收峰那样微小区域内电阻率变化。这就是它明显优于一般常规测量的地方。

这里值得指出的是,在红外透射测量中对电阻率较高而厚度较薄的样品往往会出现透射干涉现象。为了防止这种干涉现象的出现,应该这样制备样品:除了要求样品两表面要相互平行并抛光成镜面之外,还要求样品的吸收系数 α 和厚度 Z 的乘积 $\alpha Z \geq 1$, 或者样品上镀上一层低反射率的物质如硫化锌等^[2]。

2. 硅单晶片自由载流子浓度(或电阻率)面分布检测

用红外吸收法对一块质量较差的 $PP-1$ 样品

(P-Si, $\rho \approx 10\Omega\text{cm}$, $Z \approx 1\text{cm}$) 作部分面上自由载流子浓度扫描分析, 其结果如图 4a 所示, 其等浓度面分布地形图 (示意图) 如图 4b 所示。从图 4a、b 可见在 PP-1 样品的左下区 (反常区) 中自由载流子浓度分布极不均匀, 用 IFS113V 型红外傅里叶光谱仪测量了 PP-1 样品反常区和正常区的 $400\text{--}4000\text{cm}^{-1}$ 红外透射谱, 如图 5a、b 所示, 从图中可以看到 PP-1 样品反常区中自由载流子吸收比正常区强, 透射谱中除了存在晶格振动吸收外还存在其他一些吸收中心的吸收, 说明这块样品质量较差, 这与图 4 的测量结果是一致的。

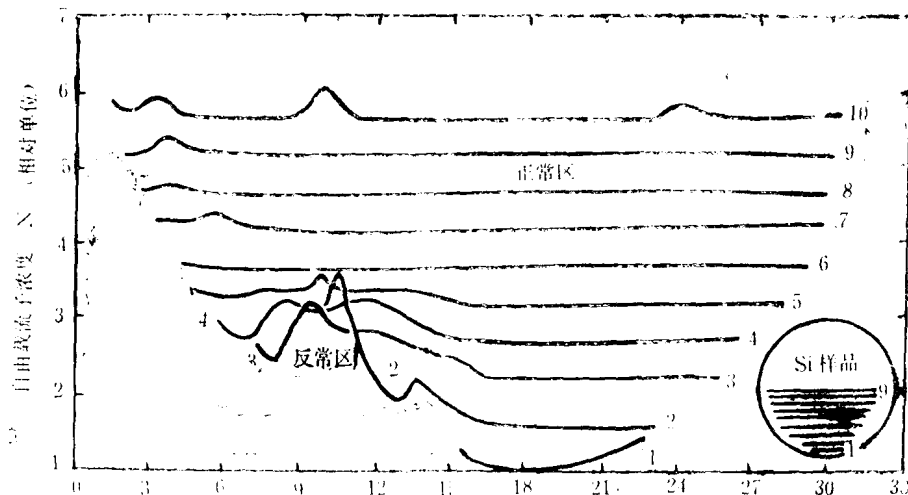


图4(a) PP-1 样品 ($P\text{-Si}$ $\rho \approx 10\Omega\text{cm}$ $Z \approx 1\text{cm}$) 自由载流子浓度面上分布
纵坐标是对曲线 1 标定的, 曲线 2 纵坐标相对曲线 1 向上平移 5 毫米, 曲线 3 纵坐标标度相对曲线 2 向上平移 5 毫米, 其余以此类推。

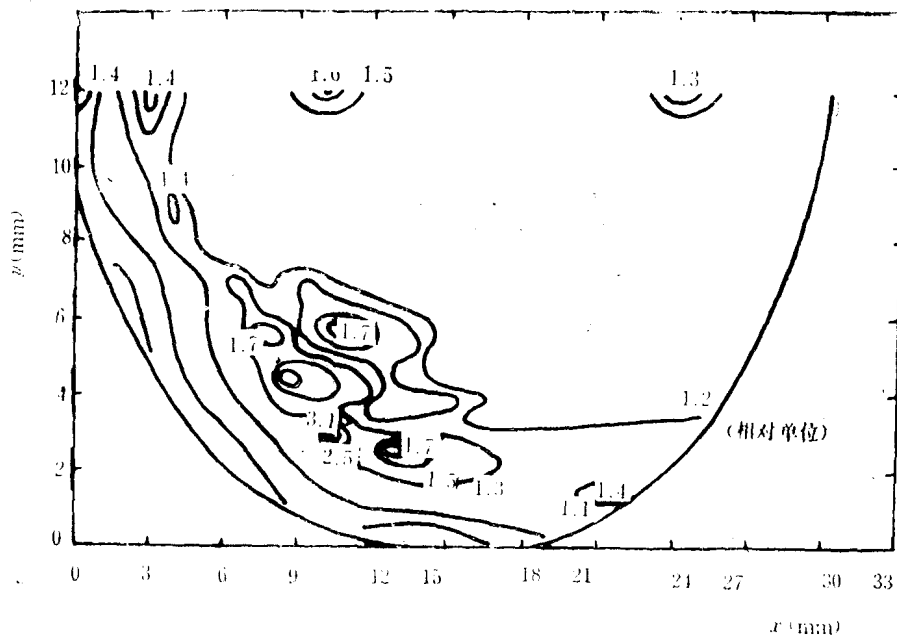


图4(b) PP-1 样品 ($P\text{-Si}$ $\rho \approx 10\Omega\text{cm}$ $Z \approx 1\text{cm}$) 自由载流子浓度 N 面上分布地形图 (示意图)

图 6 所示的是一块质量较好的 N-6 样品 ($N\text{-Si}$, $\rho \approx 0.2\Omega\text{cm}$) 的面上自由载流子浓度分布。从图 6 可见样品只存在极其少数的杂质浓度微区峰 (如图 6 曲线 10 上的 2 个杂质浓度

峰),一般杂质浓度分布都比较均匀,只是样品中部的杂质浓度比边缘高一些,其径向杂质浓度涨落大约不超过30%。

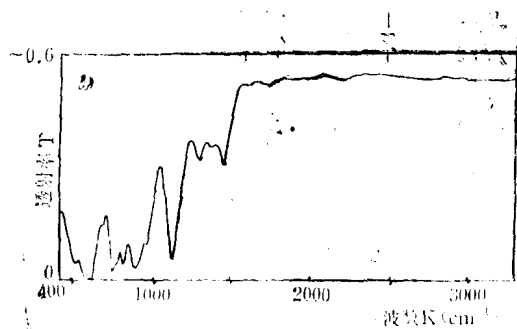


图 5(a) PP-1 样品正常区中的透射光谱

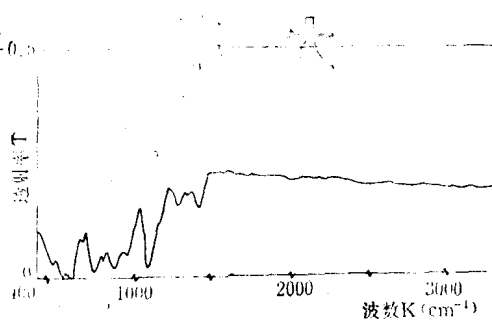


图 5(b) PP-1 样品反常区中的透射光谱

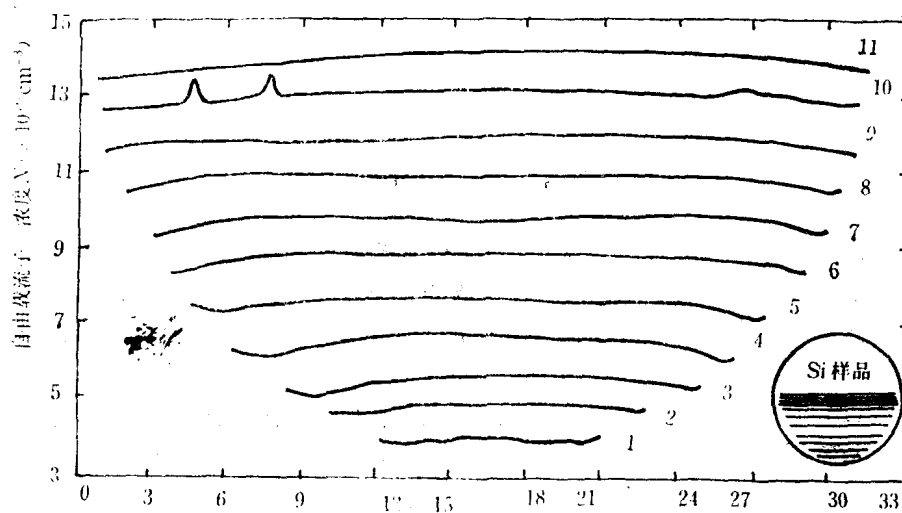


图 6 N-6 样品 ($N\text{-Si } \rho \approx 0.2 \Omega\text{cm}$) 自由载流子浓度面上分布

纵坐标是对曲线 1 标定的, 曲线 2 纵坐标是相对曲线 1 向上平移 5 毫米, 曲线 3 纵坐标标度相对曲线 2 向上平移 5 毫米, 其余以此类推

10.6 μm 硅吸收系数测量结果表明本技术对电阻率 $\rho \leq 1 \Omega\text{cm}$ 双面抛光的硅样品 (αZ) 1) 测量结果比较满意。对较高电阻率硅样品的测量, 对样品的厚度、上下表面平行度和光洁度的要求更加严格, 否则会导致吸收系数测量值偏高, 离散性变大。应再强调的是用聚焦光束对较高电阻率的光学上薄的硅样品进行测量时往往会出现干涉现象, 这必须采取一些措施加以消除。

余敏同志在光谱测量中给予帮助, 张敬海同志在扩展电阻法测量方面给予帮助, 我们在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] L. Jastrzebski, J. Lagowski, and H. C. Gatos, J. Electrochem. Soc. vol. 126, 260 (1979).
- [2] A. Ohsawa, K. Honda, S. Ohkawa, and R. Ueda, Appl. phys. Lett. vol. 36 No. 2, 147 (1980).

大功率灯型远红外加热器的研制

胡仲寅 夏继余 王正深 陈文通

(中国科学院上海硅酸盐研究所)

摘要 本加热器广泛应用于工业产品的加热与干燥。辐射涂层的发射率达 0.89。加热器的电能转换成热辐射能的效率大于 74%。

Study on paraboloidal reflector heater of cylindrical source

Hu Zhongying Xia jiyu Huang Zhengsen Chen Wentong

(Shanghai Institute of Ceramics, Academia Sinica)

Abstract—A heater with a special coating of high emissivity of 0.89 and a high electric-radiant heat conversion efficiency(>74%) is reported.

一、前言

我所是国内最早自行设计研制成功灯型远红外加热器的单位。1980年起又开始立题研究大功率灯型加热器,由于科学地确定设计参数和合理选材,保证了加热器性能优良。几年来,已逐年扩大批量生产。经我所和有关兄弟单位的对比测定表明,各项性能指标属国内领先,其价格只有国内同类仿美产品的三分之一左右,主要性能参数已达到或超过美国荻毕威氏公司(The Devilbiss Company)的同类产品。特点是转换效率高,使用寿命长。由于辐射场呈立体分布,故特别适宜加热形状复杂的大型物体,如应用于自行车、电冰箱、洗衣机、电风扇以及大型客车等表面装饰层的热固或热塑,均获得成功且节电效果显著。实践证明,应用灯型加热器能使烘道内的红外辐照保持均匀、合理,因而提高了产品质量,由于能定向辐射,使被加热物有较大的温度可调范围,工件最高测得温度达 258℃。本加热器完全可以替代进口灯型加热器,为国家节约大量的外汇。

二、结构、设计和性能

1. 结构

灯型加热器主要由反射罩、发热体和金属框架、保温层和接线柱等附件所组成。见图 1。

2. 设计和性能

(1) 反射罩

a. 反射罩的几何形状设计

红外辐射的反射、透射、吸收等方面均显示出与可见光相同的性质。对灯型加热器来讲,设计合理的反射罩曲面是十分重要的。横断面呈抛物线型的反射罩,辐射效果为最好,见表 1。本设计涉及的反射罩断面符合下列抛物线标准方程式;

$$Y^2 = 2PX \text{ 或 } X^2 = 2PY \text{ 焦点 } \left(\frac{p}{2}, 0\right) \quad (1)$$

根据上式, 选定焦点, 把所需的抛物线描绘出来, 所得的抛物线绕其坐标轴旋转, 就可得到旋转抛物面。若绕 Y 轴旋转, 则其方程式应为:

$$Y = \frac{X^2}{a^2} + \frac{Z^2}{a^2} \quad (2)$$

式中: a 为半径。

实际发热体是个圆柱体, 而不是点。为要制得具有高效率的反射罩, 我们独创地把反射罩的抛物面进行了组合、位移等复杂处理, 焦点取在 2~4 厘米之间, 目的是使本加热器辐射出的红外辐射强度分布更为均匀, 并使实际应用效果更为理想。

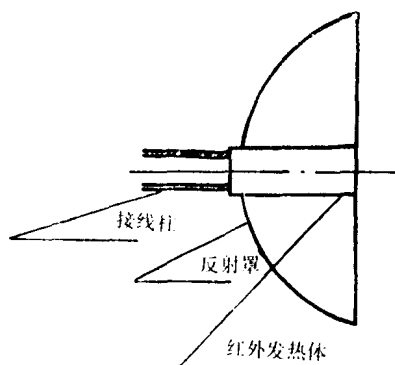


图 1

表 1 各反射罩距电热丝 100 毫米处的辐射能密度

反 射 罩 形 状	辐射能密度 (卡/厘米 ²)
无反射罩	3
抛物面	10
球面	.7
双曲面	8
平面	4

b. 反射罩材料的选择

金属具有高的红外反射率。镜面状的金属反射本领则更大。当电磁波垂直射到非常光洁的金属表面时, 其反射率近似地为:

$$\rho_{\lambda} = 1 - 2\sqrt{\frac{\nu}{\sigma}} \quad (8)$$

式中: ν 为光的频率, σ 为电导率。为计算方便, 上式化为:

$$\rho_{\lambda} = 1 - 0.365\sqrt{\frac{\gamma}{\lambda}} \quad (4)$$

式中: γ 为金属的电阻率, 欧姆/毫米²/米;

λ 为波长, 微米。

由此可见, 金属的电阻率越小, 红外入射波长越长, 金属材料的红外反射率则越大。图 2 是一些金属面的单色反射率。从图 2 可知金、银、铝等金属镜式表面, 对可见光和红外辐射均具有高的反射率, 应该指出, 同一材料, 因为不同的表面处理, 会造成其单色反射率的很大差异。

选择反射罩材料, 除要求有高的反射率外, 还应从耐热、耐腐蚀、表面稳定性和机械强度

良好、经济性等几方面综合考虑。由于金属铝在整个红外区域均具有很高的反射率,且具有成本低、易加工、质轻和耐用等优点,因此,本加热器选用金属铝作为反射罩材料。

c. 反射罩表面处理

经过抛光的铝,其表面会在大气中氧化而很快失去光泽。为获得耐热、耐腐蚀、表面性能稳定的表面而又不降低反射率,对反射罩表面进行光亮阳极氧化处理。实验证明,只要氧化膜层厚度小于3微米,对可见光和红外辐射基本透明,对反射性能的影响就较少。图3是用PERKIN-ELMER 577 红外光谱仪测得的、不同阳极氧化处理时间的本反射罩样品在2~50微米区间的铝平面镜的反射比。

用中国计量科学研究院实验工厂生产的LW-1型激光功率计对不同表面处理的反射罩进行了红外辐射性能的测定(本报告所有热辐射强度测定都由该仪器完成,凡分波段所测定的辐射强度,均为直接读数,未经校正)。LW-I型激光功率计是一种绝对功率的测量仪器。它的光谱灵敏度的平坦范围在0.3~

5微米之间。重复精度为0.5%。并分别用石英、氟化镁、硫化锌作为红外分波段滤光材

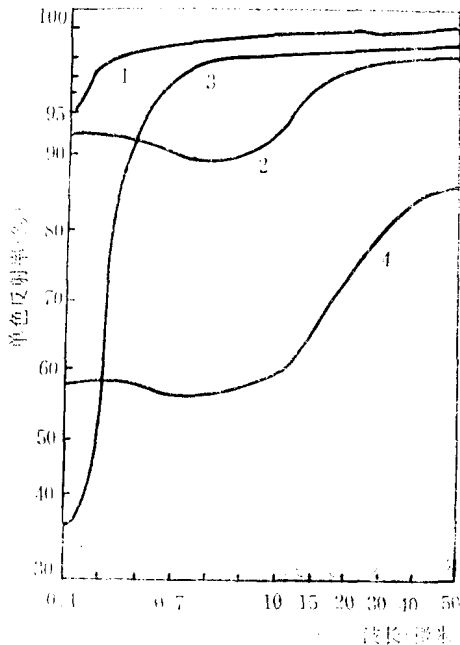


图2 金属面的单色反射率

1. 银(真空镀银); 2. 铝(真空镀铝);
3. 金(真空镀金); 4. 电镀铬。

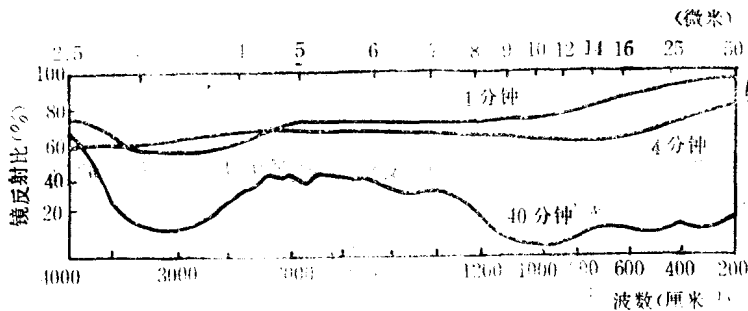


图3

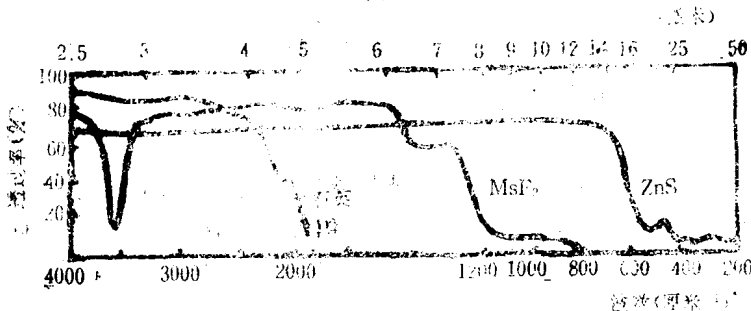


图4

料。它们的单色透过率测定结果见图 4。对不同表面处理的反射罩进行热辐射测定,以鉴定其反射效果的优劣,结果见表 2。

表 2 经各种不同表面处理的反射罩反射效果对比表

反射罩表面处理	测量条件 辐射强度	发热体功率: 80 瓦, 辐射源与功率计头距离 $X = 100$ 厘米, 角度: $X = 100$ 厘米, $Y = 0$, $Z = 0$			
		分波段辐射强度(毫瓦)			
		全 辐 射	石英 1~4(微米)	MgF_2 1~8(微米)	ZnS 1~14(微米)
拉伸后直接阳极氧化		5.50	1.95	3.52	3.90
拉伸后机械抛光		7.82	3.02	4.75	6.05
经机抛、电抛及阳极氧化 1 分钟		8.38	2.80	5.30	5.85
经机抛、电抛及阳极氧化 6 分钟		8.02	2.78	5.05	5.65

从表 2 可知,以反射罩表面经机械抛光、电抛光及阳极氧化处理的为最好。图 5 表明铝的阳极氧化膜较其它金属膜具有更好的热稳定性。

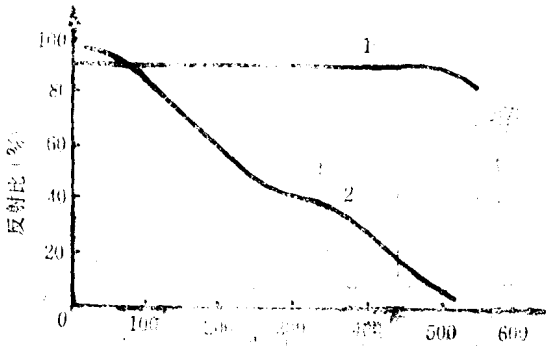


图 5 金属表面反射比与加热温度关系
1. 99.99% 电抛光及阳极氧化铝。2. 镀银。

反射罩的生产工艺流程是：拉伸成型——机械抛光，使其表面光洁度达▽。左右。——电解抛光，使其表面光洁度更进一步提高。——光亮阳极氧化，在铝的表面生成一层薄薄的主要由氧化铝所组成的氧化膜，它具有好的耐磨耐蚀性能，以保持铝的持久光亮度。——封闭处理，使反射罩性能更稳定。本加热器反射罩阳极氧化时间控制在五分钟。将反射罩放入 400℃ 马弗炉内，加热 4 小时后取出，用肉眼观察其表面，未发现

有变化。灯型加热器贮存一年以上(包括不连续使用)，再测定其辐射强度，测定数据表明，其辐射强度保持不变。累计使用 300 小时以上，其辐射强度也保持不变。当反射面受到灰尘等污染后，加热器的辐射强度有影响，但擦清后，其辐射强度即可恢复到原始值，见表 3。

表 3 表面对辐射强度的影响

累计使用时间	反射面状况	辐射强度变化率(%)
217	蒙上一层灰尘	-6%
217	用棉花沾丙酮擦清	0

(2) 发热体

发热体由高铝质陶瓷坯体，电热材料和高温电绝缘高辐射率远红外涂层所组成。它和反

射罩同是灯型辐射器的核心部分。发热体的结构设计是否合理, 会直接影响到灯型加热器电能转换成热辐射能效率、热辐射能随波长分布状况、热响应特性和工作寿命等项性能。发热体的结构设计程序为:

a. 参照反射罩的设计参数, 确定发热体的设计尺寸。

b. 合理选择发热体的表面温度范围。为研究光谱选择性涂层的辐射性质, 常需要知道在其光谱范围内的辐射密度。

本发热体表面温度范围的确定, 是应用了普朗克函数, 计算了所需各波段的辐射密度各占总辐射密度的百分比例, 并参照分析了实际被干燥加热对象, 如: 含水物质及含 OH、NH 基的物质象粮食及其制品、木材、纺织品、氨基类漆、各种电泳漆、各种热塑性和热固性粉末涂料(环氧树脂、聚酯树脂和丙烯酸树脂粉末涂料)等, 它们在 2.5~16 微米波段均有较强吸收带, 以及充分考虑到发热体在不同温度下的辐射密度后而确定, 见表 4。目的是为了达到高转换效率和辐射光谱与被加热体的吸收光谱的匹配。

表 4 黑体在不同温度下的辐射功率密度

温 度		辐射功率密度 (W/cm ²)	温 度		辐射功率密度 (W/cm ²)
T(K)	T(°C)		T(K)	T(°C)	
473	200	0.28	973	700	5.08
573	300	0.61	1073	800	7.51
673	500	1.16	1173	900	10.73
773	500	2.02	1273	1000	14.89
873	600	3.29	1373	1100	20.15

从结果可见, 当温度从 400°C 到 700°C 时, 在 2.5~16 微米波段, 百分比率在 90% 到 82% 之间。从表 4 可知, 700°C 时的黑体辐射功率密度是 200°C 时的 18 倍, 300°C 时的 8 倍。综上所述, 根据不同的加热对象, 本发热体温度设计范围在 400°C~700°C 之间。

c. 当发热体尺寸和表面温度确定后, 可计算求得电热体的功率和其表面负荷, 并选择电热材料。根据电热材料的电阻率、电阻温度系数等参数, 算出电热材料在工作温度下的电阻率, 截面积和长度。

d. 为使灯型辐射器能高效发射出远红外辐射, 发热体表面加涂了远红外辐射涂层。涂层应具有尽可能高的 ϵ 值和适当的 ϵ_λ 值, 与基体的良好结合和本身的机械强度、光学稳定性等项指标。本发热体所用的远红外涂层除上所叙外, 并兼备有高温电绝缘特性。

中国科学院上海技术物理研究所红外物理室用美国 P-E 公司生产的 983 型红外分光光度计和 3600 型微处理机等测试设备为本加热器的红外光谱性能、分波段发射率和辐射能谱分布等主要参数进行了测试和计算。结果表明: 最高单色发射率达到 $\epsilon_{\lambda\max} = 0.95$, 见图 6。

表 5 是分波段法向发射率数据。

红外辐射光谱发射率和分波段发射率均超过国标的要求。

高温显微镜观察结果表明, 所用涂料在本发热体设计温度范围内性能稳定。对本所独创设计的直热式发热体和国内兄弟单位仿美的埋入式发热体的冷热态绝缘电阻进行了测定。测

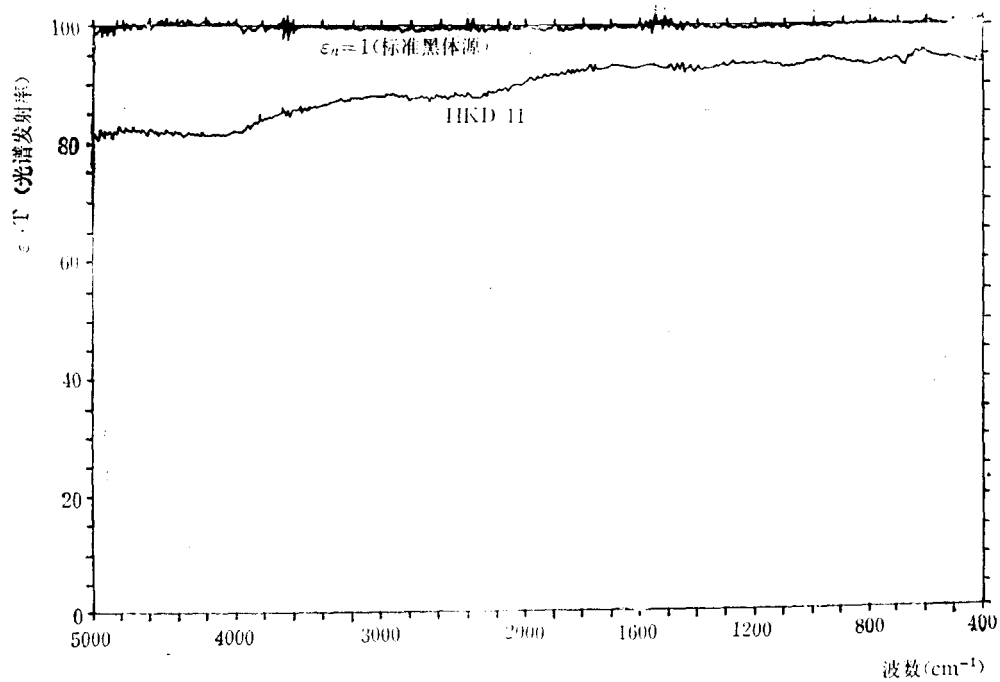


图 6a

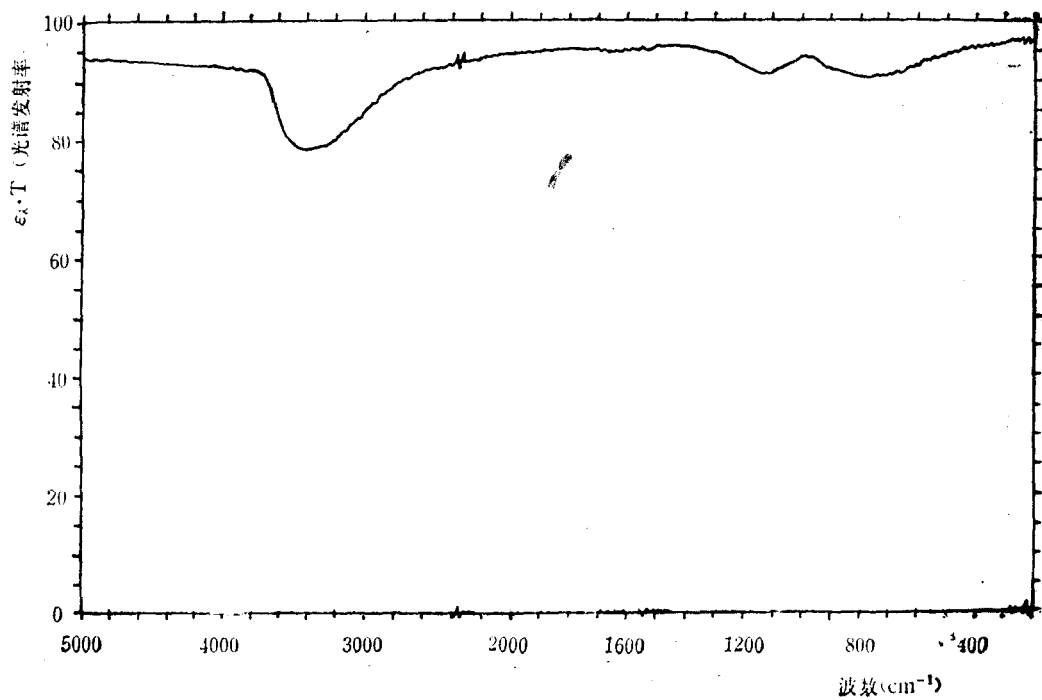


图 6b

表 5 分波段法向发射率(60°C)

波 段 (微 米)	ϵ_n
2~20	0.89
4~20	0.92
5~20	0.93

表 6 涂层的热膨胀系数

试验温度(°C)	16~100	200	300	400	500	600	700	800	900
热膨胀系数 $\alpha(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	3.83	4.29	5.68	7.73	9.58	12.82	12, 15	10, 37	7, 36

表 7

类 别	测定电压(V)	汽热态绝缘电阻值(M Ω)	
		冷 态	热 态
本所研制 发热体	500	∞	≥ 50
	1000	∞	≥ 2
某兄弟厂仿美 埋入式发热体	500	∞	≥ 2
	1000	≥ 200	≥ 2

定方法是:用 ZO42-8 型兆欧表,一端与发热体引出线接通,另一端在发热体涂层表面不断往来移动接触,以读得的最小值作为测得值。结果见表 7。

用测电笔接触在使用中的本发热体表面,指示不带电,而所测埋入式发热体表面则明显带电。

(3) 加热器的性能

图 7 表明灯型加热器在通电大致 5 分钟后,辐射强度已达到平衡;而碳化硅板加热器一般需要半小时左右。上海能源研究所测定了美国制造的 95V $\times$ 750W 灯型加热器的热响应时间为 8.5 分钟。图 8 是某商品碳化硅板加热器在三种垂直面上(分别为 20 厘米、30 厘米和

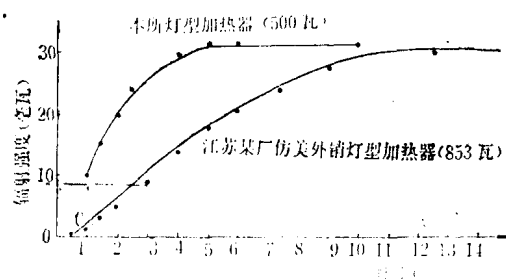


图 7

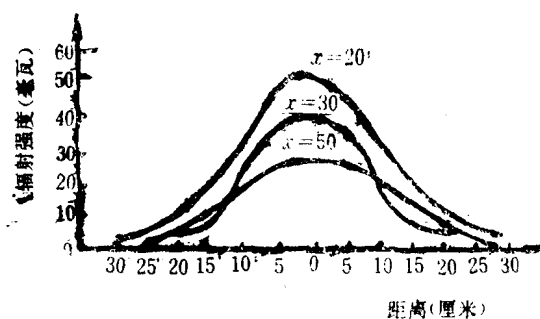


图 8

50 厘米) 的照射强度分布曲线。可见一般碳化硅板的热辐射强度分布不够均匀。图 9 是本所研制的灯型加热器在两种垂直面上的照射强度分布曲线, 说明灯型加热器的能量分布较为均匀。

对本所研制, 由上海生产的灯型加热器和江苏某商品仿美灯型加热器的冷热态绝缘电阻进行了测定。测定方法是用 ZC42-3 型兆欧表, 一端与发热体引出线接通, 另一端与加热器的外壳接触, 以读得的最小值作为测得值。结果见表 8。上海能源研究所测定了美国制造的 95 V×750 W 灯型加热器的冷态绝缘电阻为 17MΩ, 热态绝缘电阻为 500MΩ。

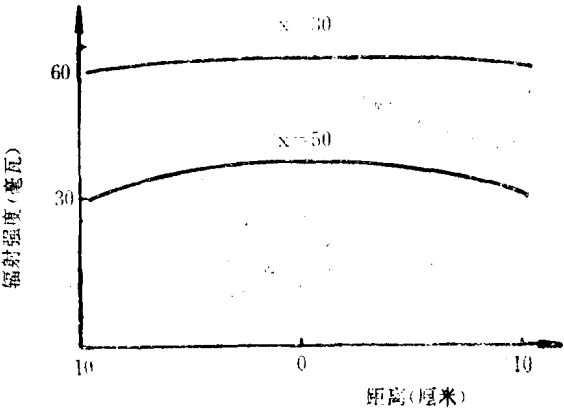


图 9

表 8

厂 家	测定电压 (V)	冷热态绝缘电阻值(MΩ)	
		冷 态	热 态
上海某厂	500	≥50	∞
	1000	≥30	∞
江苏某厂	500	≥100	≥0.5
	1000	≥50	≥0.5

对我所研制的灯型加热器的电能转换成热辐射能的效率进行了测定。为了数据对比, 分别取仿美型的浙江某商品灯型加热器和江苏外销商品灯型加热器各一只, 用同一方法进行了测定比较。如图 10 所示, 以 50 厘米为半径作一半圆。并分成 16 等分。使灯型加热器的中心点置于圆心。并与激光功率计的计头中心处于同一水平面的一条直线上。激光功率计的光栅直径为 10 毫米, 接受孔直径为 6 毫米。每一只加热器分别如图所示, 测得 17 个点上的热辐射强度。然后分别算出一个球冠, 七个球带的面积。以三个测量点算术平均热辐射强度值乘球冠面积算出球冠热辐射强度值。七个球带的热辐射强度值均各按四个测量点的算术平均热辐射强度值乘球带的各自面积而算出。它们的和为整个半球面上的辐射强度。其与输入电功率之比即为电能转换成热辐射能效率。结果见表 9。可见我所研制的灯型加热器具有较高的电热转换效率。

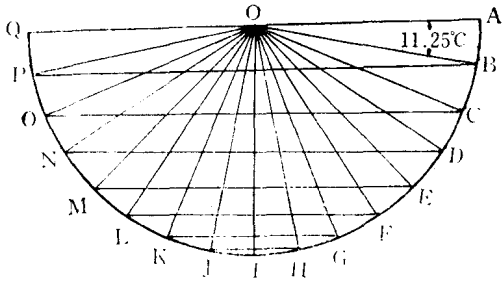


图 10

度。其与输入电功率之比即为电能转换成热辐射能效率。结果见表 9。可见我所研制的灯型加热器具有较高的电热转换效率。

表 9

厂 家 及 型 号	电热能换效率(%)
本所研制上海生产	74
浙江某厂商品	48
江苏宜兴某厂商品	46

三、应用和分析

1. 应用举例

在自行车大型烘道上的应用

浙江某自行车厂原有烘道使用碳化硅板状加热器,从长期运行实践发觉不理想,缺点是烘道升温慢,预热时间需要 30~40 分钟;加热器寿命短,维修复杂等。该厂原有 26 米长使用碳化硅板状加热器的面漆烘道,装接容量为 351 瓦,线速度仅为 1.8 米/分,因此存在装接功率大,效率低,电能浪费大等缺点。84 年初该厂筹建 Ω 静电喷漆自动线,应用本文介绍的灯型加热器,于 85 年 6 月安装完毕,已成功地运行至今,取得比原碳化硅板加热器节电 30% 左右的效果。

2. 分 析

我所研制由上海生产的灯型加热器在应用中能节电,是由于:

(1) 碳化硅板状加热器在烘道内的放置一般是间断排列和多置于烘道底部二侧,因此,其辐照方式一般表现为间歇式;且被加热工件辐照不均匀,工件的上部往往靠对流加热。而灯型加热器在烘道内的布置是密布型的,其红外辐照方式为连续式。从辐照的均匀性、提高烘烤质量和效率等考虑,应用灯型加热器比碳化硅板状加热器优越。

(2) 灯型加热器定向辐射性能优良,能把绝大部分能量辐照到被加热工件上,故辐射能的利用效率要比碳化硅加热器高。

(3) 灯型加热器的功率可从 150 瓦到 750 瓦之间任意选择、排列,并能任意调节方向、距离和位置,故能较精确地控制被加热工件的受热温度和烘道内的上下各部温度及各段温度。

(4) 本所研制的灯型加热器重量轻,接装维修十分方便,且自身带有反射罩,故可简化烘道结构,减轻烘道重量,从而减少了烘道的热损。

参 考 文 献

- [1] 夏继余等,红外研究,8(1985),243。
- [2] 胡仲寅等,灯—II 系列立体远红外辐射源的研制报告,1979,9 中科院上海硅酸盐所内部资料
- [3] 胡仲寅等,能源技术,1981, No. 4. P31-36.
- [4] 胡仲寅等,新型无机材料,1981 年第 2 期第 9 卷, 47-54。
- [5] 胡仲寅等,红外辐射加热,上海市红外与遥感学会,第三章,第七章,1984, 1。

红外分光光度计的商品市场评述

叶 菁 登

(上海市仪表局)

摘要——本文综述近十年来,关于红外分光光度计技术发展趋势,分别叙述色散型和傅里叶变换型红外分光光度计的国际和国内市场情况,为广大红外用户提供技术动态市场信息。

一、红外分光光度计技术发展形势

近十年来,各种类型的仪器仪表随着工业技术的迅速发展而不断增长,同时也促使实验室的设备快速更新。实验室的技术操作计算机化,也促进了红外分光光度计的革新,要求在原有基础上改进仪器,使之与计算机联用。根据有关行家推测,这方面的工作在往后的十年中不会有技术性的突破。今后,该领域工作的着眼点是在原有的基础上改善仪器的功能和效率,提高可靠性,提高自动化程度,提高灵敏度并力求降低成本,缩小体积,不断完善仪器的商品化。同时积极发展外部设备,接口装置和软件技术,继续发展联用仪器。这方面的工作,例如GC/FTIR的结合使用,已取得很成功的经验,并为进一步探索与其它多种类型的仪器联用作了尝试,不仅激发了科学家的兴趣,也促使仪器制造厂家有兴趣承担较为昂贵的配套仪器。

色散红外分光光度计和傅氏变换红外分光光度计是红外光谱学二大类型仪器,都是用来识别有机组份和某些无机物的主要技术。自六十年代以来,仪器性能不断改善,加上近年来数据处理能力的不断完善,它们的应用范围亦越来越大。

(一)色散红外分光光度计

在世界市场上,色散红外分光仪器原有市场和销售额一向比较稳定。近十几年来,世界各国特别是美国的制造厂家主要是靠更新仪器来获得销售量,正因为如此,色散红外分光仪器的销售量才免受经济衰退的冲击,维持市场的稳定销售达较长的时

间。目前,随着傅里叶变换红外分光光度计在设计上的不断成熟和性能的不断改善,使色散红外分光光度计销售额逐步下降。特别是较昂贵的色散红外分光仪器大都面临这种竞争威胁。

由于红外分光光度计对物质结构分析的特殊性和对样品的非破坏性,同时作为气相色谱仪和液相色谱仪的增补,这种仪器的应用范围还很大,市场需要量不会降得太快。特别是红外分光光度计用于质量控制方面是一种理想的仪器。色散分光光度计目前的价格比FTIR低,且原来应用技术比较成熟和普及,在第三世界国家中色散红外分光光度计的市场仍是可观的。特别是小型、低价、具有基本功能的色散红外分光光度计,工厂企业和低层次的科研单位还是具有一定的需要量。以美国分析仪器的销售额(百万美元)为例,比较色散红外分光光度计市场占有率情况:

1982年	1983年	1986年	平均增长率
占29%	28%	23%	-5%

世界市场销售额见图1曲线。

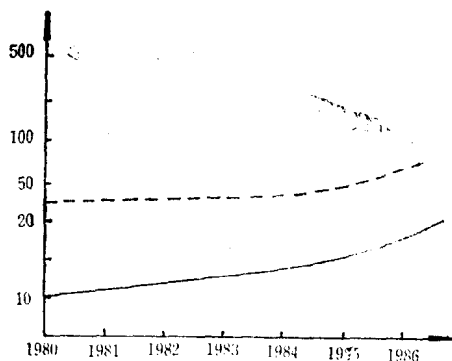


图1 色散红外分光光度计销售额统计