

## 作为激光能量测量的锥形卡计的制作和工作

### 1. 导论

锥形卡计通常是用作激光输出能量的绝对测量。结构与应用的方法以及结果的解释有相当大的变化。曾用金属箔或石墨 (Li 和 Sims 1962) 悬挂在充空气的空腔或抽真空的空腔内 (Koozekanani 1962) 制作卡计。在知道锥体的全部热容量情况下, 采用热电偶或热电堆记录平均温度来推得绝对能量。在观察温度的时间变化基础上作冷却校正。

下面讨论金属锥形卡计的设计并提出制造技术。实验结果表明, 不能通过测量平均温度来推得总能量, 但提出另一个代替的方法, 它依靠记录温度的极大值来推求总能量。

### 2. 设计要求

为了达到精度高和灵敏度好, 激光卡计既要具有高的总吸收率又要具有低的热容量。因为考虑到时间常数和损伤问题, 高的热扩散率是必要的。一个具有全黑表面并且在正常入射情况下接收辐射的薄金属箔是理想的。不幸的是, 诸如银和铜具有合宜的扩散率(以高反射率表征), 但是它是被酶作用的物质, 并且由于表面处理所引起的稳定和损伤等问题是不能校正的。

锥体结构的优点在于发生多次反射, 因而使得从具有比较低的吸收系数的表面, 能够获得高的总吸收。给定孔径大小的一个锥体比等价的圆盘的热容量大; 顶角越小差别越大。

### 3. 能量和温度分布

一平行光束沿着理想锥体半角为  $\theta$  的轴入射, 假如满足如下关系式经几次反射后仍以平行束出射,

$$2n\theta = \pi$$

锥角  $\theta$  值的限制, 取决于表面吸收率。此外, 也受入射能量密度分布和轴向温度分布轮廓而定。

分析结果, 对于  $n=6$  如图 1 所示。其中镍对 1 微米, 吸收率为 35%, 对于这样结构的适当的表面物质至少 90% 的入射辐射被吸收。在顶端处, 能密度比光束的最大水平约大 4.4 倍, 而且其吸收比在非聚焦光束情况下的全黑圆盘大 50%。

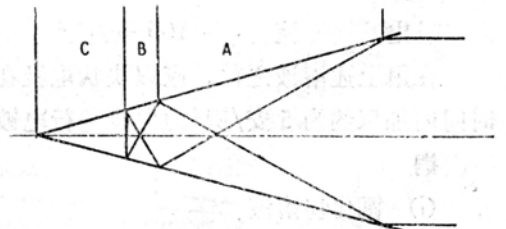


图 1 在  $30^\circ$  锥角的镍-铜锥体中的反射和能密度。

区域	反射	区域内被吸收的总入射能量(%)	入射能密度和光束密度之比
A	1,6	33.43	0.29
B	1,2,5,6	15.05	1.89
C	1,2,3,4,5,6	44.66	4.4

图2说明轴向温度分布。此结果忽略了能量的轴向扩散，是理想的情况，但预示在激光脉冲后，立即发生大的轴向梯度。

垂直于表面的温度分布的估计说明通过外壳扩散引起的延迟比热电偶或有效尺寸的热敏电阻的上升时间短；在结处一个好的热学结合是要紧的。

#### 4. 制作

普通的机械方法是不行的，困难在于内尖端的几何形状和外壳厚度的要求。虽然，镍很容易直接电镀到不锈钢电极上；但存在表面氧化物，阻碍其附着。这样制作的内表面，用二次电镀其电极表面，在这一应用中，要完成它必须有高质量。

适用于作镍和铜二者电镀槽的布置的详细情况，如图3所示。为了防止顶端处的物质的阻塞，以辅助铜线作阴极。注意接到电极的垂直导线的绝缘是很重要的。

合适的电镀溶液和条件详述如下。

#### 镍

氨基磺酸镍	500 克/公升
硼 酸	30 克/公升
氯化镍	10 克/公升
PH	4
温 度	60°C
电 流	100 安/呎 <sup>2</sup>

在用上述溶液之前，应以块状电极在短时间内加以约为 5 安/呎<sup>2</sup> 的电流进行电镀。

#### 铜

##### (i) 氰化物溶液

氰化铜	50 克/公升
氰化钾	100 克/公升
温 度	60°C
电 流	15~20 安/呎 <sup>2</sup>

##### (ii) 酸的溶液

硫酸铜	200 克/公升
-----	----------

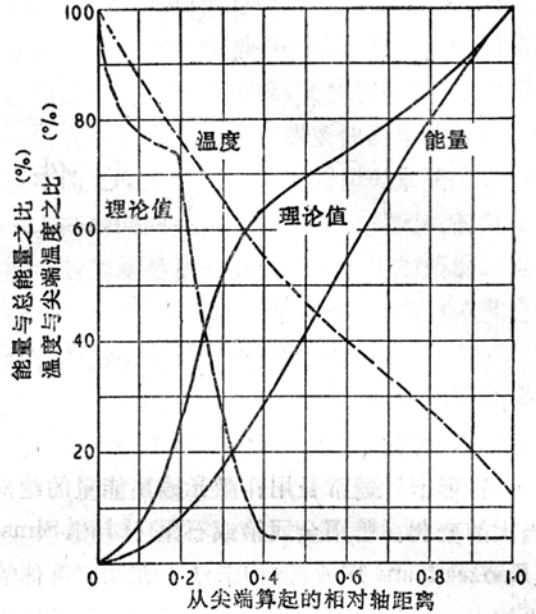


图2 在 30° 锥角的钢-镍锥体中的温度和能量分布。

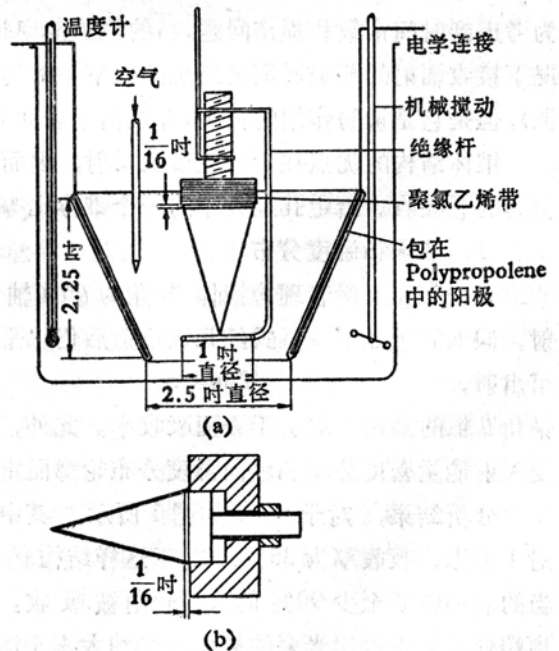


图3 (a) 对所有电镀液均合用的装置外形；(b) 锥体撤除方法。

硫酸(比重1.94) 50 克/公升

温 度 45°C

电 流 15 安/呎<sup>2</sup>

电镀的时间最好以观察其结果和根据欲涂的总质量来决定。制成一个孔径 5 吋的锥体, 重约 2 克, 采用下列时间表

镍	5 分钟	铜(酸)	55 分钟
铜(氰化物)	10 分钟	镍	5 分钟

用从氰化物溶液中沉淀中间铜膜的方法, 可以改进锥体的均匀性和强度。

实验中所用的锥体为  $8 \times 10^{-3}$  吋厚, 镍板约为  $2 \times 10^{-4}$  吋厚。铜-康铜热电偶焊接在锥的外表面上顶端处; 所有的装置安装在一个磨光的铝腔体内。

### 5. 实验结果

在校准过程中, 采用 1 毫秒内放射 10 焦耳的钨玻璃激光器。

锥体温度的轴向分布, 在激光脉冲后 0.2 秒钟记录的 (作为顶点耦合记录最大所需的时间) 数值标在图 2 的图解上。在它们没有定量地符合理论预计值时 (时间为零处是理想分布情况), 实验结果认为有大的轴向梯度存在。在固定轴的给定位置处的温度的时间变化如图 4 所示。对于在正面处上升的主要部分, 从顶端扩散是可靠的; 最大的面温度大致发生在输入脉冲后 1 秒钟。在时间为零处是锥体的温度常数。

显然, 总能量不能够由热电偶阵列的输出之和来推得。最大温度这样记录是不能接受的, 因为那时的质量是要修正的。脉冲后某些时间, 测量温度受到这种限制和损失的影响。在观察温度的时间变化时, 由于不仅受到损失, 而且受到不同热容量区域间扩散的影响, 所以冷却校正是不可能得到的。

困难还在于非均匀光束能量分布和排列所引起。

对于难以避免的脉冲能量变化, 方向变化影响的定量研究, 需用积分光度计校正。幸好, 只需要相对校正, 并且测量变化是很小的, 线性二极管的响应特性是可取的。

四个温度分布情况以绕锥体轴旋转  $90^\circ$  而分开的比较, 顶端到轴长  $1/3$  处, 最大温度变化为 10%。与全部实验的精度相比, 相应的顶端温度变化是不重要的。偏差产生了一些引人注目的影响; 具有  $5^\circ$  轴的振动, 最大分布情况的变化上升到 24%, 同时记录下的顶端变化为 5%。以激光作标准, 这是一种很大的准线误差; 它能推断出顶端温度, 关于激光光束锥体的方向变化是不灵敏的, 因而对于相对能量的测量将提供一种可靠的基础。

在恒定能量光束中校准采用中性光密度滤光片认为是可以的。所观察到的变化是稍有非线性, 大概是由于能量损失和热电偶的响应时间内扩散的不同所致。

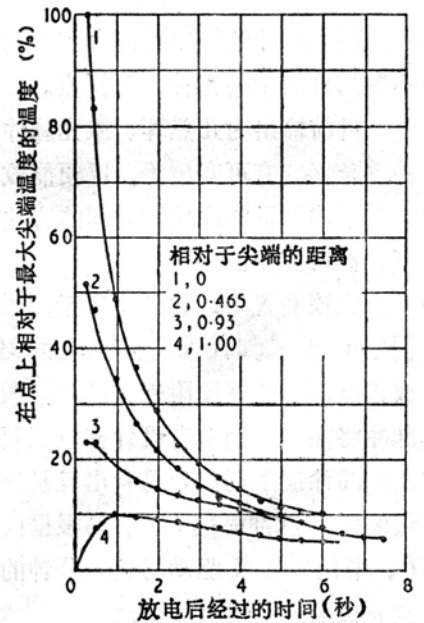


图 4 30°的铜镍锥上某一固定点上的温度与时间的关系。

假如质量和温度分布已知时，采用一种简单的积分程序来计算绝对能量。注意，从厚度测量来计算锥体的质量能够断定到 10% 以内。

采用这种计算，四种分布情况的积分提到的上述的全部不准确程度为 15%。附加的不准确度来自锥体的精确吸收率为未知值。实验设计的测量反射的辐射是不精确的。虽然，用液体吸收盒和锥形装置作比较实验，指出全部精度可以达到 15~25% 之间。

## 6. 结束语

用电镀技术容易制成的镍-铜锥形卡计具有很好的抗表面损伤和极好的几何形状。

当锥体是保持在空气腔内时，激光脉冲能量不能由热电偶列阵的输出总和来求得。

最大顶端温度相对于排列误差和光束能量分布不均匀是不灵敏的。顶端温度与能量之间的相互关系是好的，而且一种可靠的相对校准也是容易取得的。

绝对能量的测量是可以的，但校正程序是冗长的以及预计绝对误差是困难的。

30° 镍-铜锥体吸收入射辐射 90%。顶端处表面吸收 50%，大于在非聚焦光束中平面圆盘的吸收。

译自 Scott B. F., *J. Scient. Instrum.*, 1966, 43, № 10, 685~687

## 用圆盘装置测量激光脉冲长度的简单方法

激光脉冲的持续时间很容易用一个旋转圆盘装置测出。这种试验方法是廉价的，且只用不多几种简单的零件即可构成。

目前输出为几焦耳、激光脉冲持续时间为几微秒的各种红宝石激光器已有商品。许多此种激光器装有可变电感，以便能改变其脉冲持续时间而不致改变输出脉冲的总能量。

下述测量脉冲持续时间的办法，在不要求进行测量强度，或光度测量设备不适用的情况下，都可应用。

在该装置中，如图 1 所示，激光被聚焦到一面以已知速率转动的钢制或铝制圆盘的圆周附近，低功率激光脉冲将在工具制造者设计蓝（染料或漆）的涂层上刻出容易看出且易于测量的弧。脉冲时间  $t$  很容易根据弧长  $L$ 、半径  $r$  以及驱动马达每分钟的转数  $n$  由公式算出：

$$t = 30 L / \pi r n$$

例如，直径为 5 吋、旋转速度为 3,850 转/分的圆盘的边缘附近的点的线速度是 1 吋/毫秒左右。这样，所能进行的测量对许多目的来讲都足够准确。每次测量之后，只须简单的涂掉圆弧，圆盘就能重复使用。

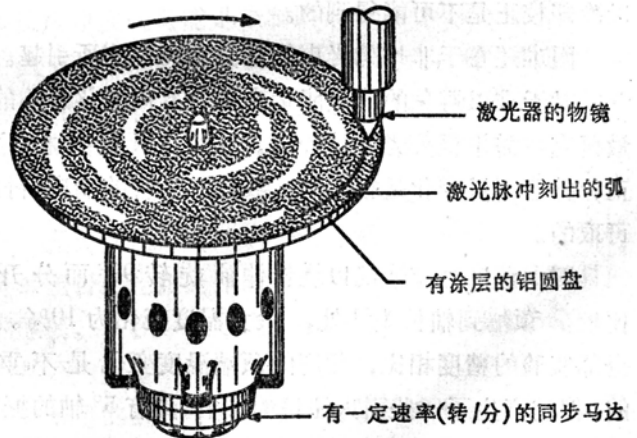


图 1 由马达驱动的圆盘装置用来测量激光脉冲的长度。激光在圆盘表面上刻出弧形；根据弧长确定脉冲的长度。

译自 *Electron. Design*, 1966, 14, № 21, 90