

# 可见激光的直接频率测量：重新定义米长度

R. E. Drullinger, D. A. Jennings, F. R. Peterson, C. R. Pollock,

K. M. Evenson, J. S. Wells, J. L. Hall and H. P. Layer.

(美国国家标准局绝对物理量中心)

如果人们能在可精确测量波长的光谱区域测量频率，就可实现统一的长度、时间标准。本文首次描述了在可见光参数点( $I_2$ 在 576nm 和 633nm 的跃迁)的高精度频率测量。

重新定义米长度的顾问委员会 (CCDM) 提议，米应该以秒的形式来定义：“米是在  $1/299972458$  秒的时间内光在真空中行进的路程长度”，根据这个新的定义，米可以用稳定在频率已知很窄的原子或分子吸收线的任何激光波长来得到。为此，需要测量可见光谱区域一定吸收线的绝对频率。在本文中我们报导了  $^{127}I_2$  17-1P(62) 在可见光 520 THz (576 nm) 跃迁频率的 o 超精细分量和  $^{127}I_2$  11-5 R(127) 在 473 THz (633 nm) 跃迁频率的 i 超精细分量的合成和测量结果，测量精确到  $1.6 \times 10^{-10}$ 。频率测量分三步，首先，以甲烷稳定的 He-Ne 激光 88 THz ( $3.39 \mu\text{m}$ ) 为参考点测量两条分立的  $\text{CO}_2$  激光线，甲烷稳定的 He-Ne 激光是我们目前知道的最精确激光波长。其后，用这两条  $\text{CO}_2$  激光线分别测量  $I_2$  520 THz 和 473 THz 跃迁。

在测量 520 THz 时，用 26 THz  $\text{CO}_2$  激光辐射的五次谐波与 130 THz 色心激光在一个金属-绝缘-金属 (MIM) 点触型二极管中差频产生一个可计数的差拍。色心激光经过倍频锁定到 260 THz ( $1.15 \mu\text{m}$ ) He-Ne 激光上，He-Ne 激光也依次地倍频并锁定到 520 THz 连续染料激光上，染料激光已锁定到  $I_2$  跃迁。利用  $\nu(\text{CH}_4) = 88376181.61 \text{ MHz}$  给出 o 超精细结构的  $\nu(I_2) = 520206808.547 \pm 0.081 \text{ MHz}$ ，测量误差  $1-\sigma$  的值为  $1.6 \times 10^{-10}$ 。

用各种方法实现红色 He-Ne 激光频率合成是 V. M. Kementyev 等首次提出的，他们指出与 633 nm 跃迁相关的能级也与一系列跃迁  $3.39 \mu\text{m}$ ， $2.39 \mu\text{m}$ ，和  $1.15 \mu\text{m}$  相关。这就可以把 He-Ne 等离子体作为一个共振增强四波混频介质，使这三个低频可以相加合成为所希望的红光。在我们的实验中，三个低频是这样得到的：(a) 甲烷稳定的 He-Ne 激光  $3.39 \mu\text{m}$ 。(b) 如前述相对  $\text{CO}_2$  激光测得的色心激光  $2.39 \mu\text{m}$  (c) He-Ne 激光  $1.15 \mu\text{m}$ ，它的倍频参照以前测得的  $I_2$  共振线 520 THz。对于  $^{127}I_2$  11-5 R(127) 跃迁，i 超精细结构的测量结果是  $\nu = 473612214.789 \text{ MHz}$ ，误差  $1-\sigma$  为  $1.6 \times 10^{-10}$ 。

近来，利用 MIM 二极管作为可见激光超宽带外差探测器的实验表明，可以探测在可见激光之间 30 THz 的差拍。这就允许我们能从  $I_2$  的 520 THz 谐振向上跨到光泵汞激光 546.1 nm 的谐振，又可向下降到  $I_2$  稳定的 514.5 nm  $\text{Ar}^+$  激光。我们还打算测量  $\text{H}_2$  1S-2S 在 121.5 nm 处跃迁的频率。