

位相光栅的移频效应理论和实验

韩光耀 黄宗华 吴志贤 易 明 杨选民

(南京大学物理系)

Theory and experiment of frequency-shift effect of phase gratings

Han Guangyao, Huang Zhonghua, Wu Zhixian, Yi Ming, Yang Xuanming

(Department of Physics, Nanjing University)

制作位相光栅时, 加强感光深度, 再加以漂白, 就可加大介电常数 ϵ_1 值, 从而可增多衍射光级数, 或选择第 l 级处强。

不同衍射级之间有不同的移频效应, 0 级光的光频不变, 而 l 级的移频为 $l\Omega$, 在 $\pm |l|$ 级之间频差为 2Ω 值。

移频的数值为 $\Omega = 2\pi n_0 v$, 正比于光栅移动速度及光栅条纹密度。

我们为了证实移动光栅的频移效应, 先采用了激光二次移频法, 即先把光频为 f_0 的激光通过声光移频器得到一次移频光频率为 $f_0 + f_A$, 再通过移动光栅的移频得二次移频光 $f_0 + f_A + f_D$, 把二次移频光 $f_0 + f_A + f_D$ 和频率为 f_0 的激光束平行叠加产生“光拍”, 并通过平方律检波器得到 $(f_0 + f_A + f_D) - f_0 = f_A + f_D$ 的拍频讯号。我们所用 $f_A = 30$ 兆赫, $f_D = 3.9 \times 10^3$ 赫, 这时用示波器可观察到 $f_A + f_D = 30$ 兆赫 + 3.9 千赫的稳定波形, 若光栅移动速度改变或停止, 则 $f_A + f_D$ 也变化或变成 30 兆赫的波形, 由于 $f_A + f_D \approx f_A$, 故很难观察到 f_D 的变化, 我们设法把 $f_A + f_D$ 和 f_A 的讯号在电路上叠加产生“电讯号拍”, 即可在示波器上观察到 $f_A + f_D - f_A = f_D$ 的 30 兆赫电讯号的振幅按 f_D 频率起伏的“拍”讯号, 从而可进行 f_D 值的测量。

当挡住任何一束光或停止移动光栅, 或断开一路电讯号, 都能在示波器上明显见到“拍”讯号消失, 从而证明此讯号系移频而非调幅所产生, 即为移频效应。

用江苏师院生产的衍射光栅 $n_0 = 100$ 条/毫米以 $v = (2\pi \times 1/1.6) \times 10$ (毫米/秒) 速度移动, 一次移频后拍频得 $f_0 + f_D - f_0 = f_D$, 计算得 $f_D = n_0 v = 3.9 \times 10^3$ 赫, 与示波器观察测量得 $f_D = 3.9 \times 10^3$ 赫相符。

后以 +1 级和 -1 级衍射光相拍得上得: $f_0 + f_D - (f_0 - f_D) = 2f_D$, 测得拍频 $2f = 2 \times 3.9 \times 10^3$ 赫。又以 +2 级与 -2 级衍射光相拍得 $f_0 + 2f_D - (f_0 - 2f_D) = 4f_D$, 实测得 $4f = 4 \times 3.9 \times 10^3$ 赫。

至此各级衍射光频移确与理论相符。

光栅移频与声光移频相比, 各有特色, 光栅移频在数十兆赫以下全能达到, 尤其能在低频范围实现超低频光频移频。由于光栅衍射光的衍射角不随移频值而变化, 且易于和 0 级光分开, 此为光栅移频的优点, 若在机械上达到一定精度, 则成本远比声光移频为低。