

斯塔克调制-电旋转激光光谱技术及其应用*

陈金海 陈扬 ** 蔡佩佩 夏长平 杨晓华 王 辉 王祖赓

(华东师范大学物理系, 中国科学院上海光学精密机械研究所,

华东师范大学量子光学联合开放实验室, 上海 200062)

摘 要 采用斯塔克调制电旋转激光光谱技术(SM-ERS)将由偶然简并能级跃迁产生的电旋转信号从非简并能级跃迁中分离出来, 因而简化了转动量子态的跃迁谱线, 减少了谱线重叠现象, 反映了分子能级受偶然简并斯塔克相互作用以及电四极相互作用的特性, 非常适合那些转动谱线密集、微扰严重的多原子分子的光谱测量与分析。本文既给出了这种光谱技术的半经典理论模型, 又运用微扰理论解释了用该技术所测的 NO_2 分子的转动光谱的形成原因和它们的主要特征。

关键词 场调制, 电旋光, 偶然简并。

1 引 言

高灵敏度和高信噪比的光谱测量技术中常运用分子的磁旋光效应^[1, 2]。由于在外场中分子塞曼子能级对光吸收的差异导致分子具有各向异性的光学特性, 因此这种光谱技术非常适用于具有塞曼效应的顺磁性分子的光谱研究。基于分子斯塔克效应的电旋光现象, 也可以应用于光谱测量技术中, 本文将报道斯塔克调制-电旋转激光光谱技术, 并选择 NO_2 分子作为检测对象。

NO_2 分子不仅是大气污染研究的重要对象, 而且其基电子态的高位振动态与激发电子态之间的相互重叠和微扰, 使它在可见光区的光谱结构变得非常复杂, 因而它的光谱分析工作一直吸引着国际上许多研究小组。 NO_2 分子在可见光区域的振动光谱结构直到 90 年代初采用了分子束方法才作了比较全面的分析研究^[3], 而转动结构的研究仅局限于少数子带。本文采用斯塔克调制-电旋转激光光谱技术将由偶然简并能级跃迁产生的电旋转信号从非简并能级跃迁中分离了出来, 从而使极为复杂的分子转动谱线得到很好的简化, 有助于多原子分子光谱结构的分析。同时, 本文还建立了该光谱技术的半经典理论模型并且利用微扰理论解释了运用这种技术测得的部分 NO_2 分子的转动光谱及其形成原因和线型特征。

* 国家自然科学基金和波谱与原子分子物理国家重点开放实验室资助课题。

** 通讯联系人。

收稿日期: 1996 年 4 月 9 日; 收到修改稿日期: 1996 年 8 月 12 日

2 实 验

实验中要求有较强的光功率(约大于 150 mW)和较强的电场强度(约大于 20 kV/cm)。

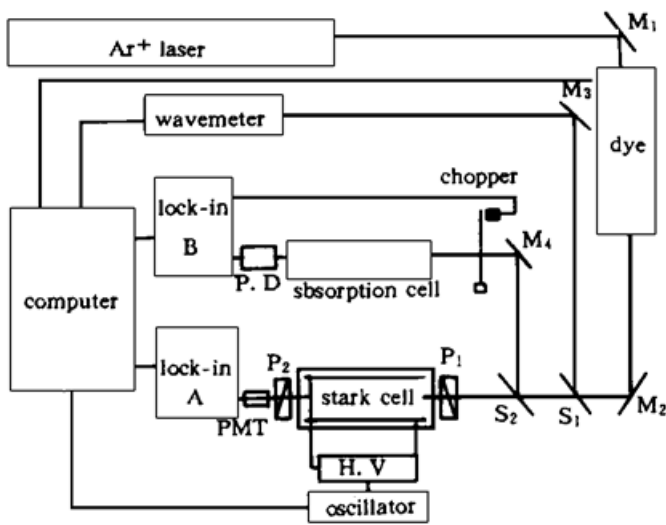


Fig. 1 Experimental setup

实验方框图如图 1 所示, 用 Ar^+ 激光泵浦染料激光器(coherent 899-21), 获得 593 nm 附近功率为 200 mW、线宽为 1 MHz 的单频线偏振光输出, 作为 NO_2 分子的激励光源。激光状态由扫描法布里-珀罗干涉仪监测。 NO_2 气体的斯塔克吸收池由一对宽为 35 mm、长为 400 mm 的平行平板电极组成, 极板间距为 0.1 mm, 极板与峰值为 833 V/4.7 kHz 的交流电源相接, 在极板间隙处可产生峰值约为 40 kV/cm 的交流电场强度, 作为调制电场。吸收池内气压约为 70 Pa。激光束由 0.9 m 的长焦距透镜聚焦后, 进入两平行板的间隙, 焦点控制在平行板间隙的中心, 仔细微调吸收池支架的高低, 使通过

斯塔克样品池后的衍射斑纹呈对称分布, 采用光阑取最亮的零级衍射光作为信号光。在吸收池的两端放置一对偏振面近正交的格兰棱镜 P_1 和 P_2 , 其消光比优于 1×10^{-5} 。电场方向与透过 P_1 后的入射激光的偏振面成 45° , 透射光强由光电倍增管接收。在交流电场的驱动下, 由于分子的电旋光效应, 使透射光强产生交替的变化, 经锁相放大器同步相检后送入计算机处理, 以获得斯塔克调制电旋转光谱信号。

为了实现波长绝对值的准确记录, 由分束片分出两束光, 一束进入 Burleigh4500 型波长计进行波长的实时测量, 精度为 0.01 cm^{-1} 。另一束进入 NO_2 分子吸收池, 同时记录零场 NO_2 分子吸收谱, 作为绝对波长值的记录, 其数值可由文献[4]进行核对, 测量误差为 $\pm 0.005 \text{ cm}^{-1}$ 。

激光波长在 $16838 \text{ cm}^{-1} \sim 16860 \text{ cm}^{-1}$ 范围内进行调谐, 与 NO_2 分子的 $X^2A_1 - A^2B_2$ 电子态跃迁的第 99 号振动带产生共振吸收。图 2 是当锁相放大器参考频率为 $1\omega_m = 4.7 \text{ kHz}$ 时所记录的部分斯塔克调制电旋转谱线。从测量结果可以看到, 与 NO_2 分子零场吸收谱相比^[4], 谱带结构得到明显简化; 零场吸收谱中的拥挤和重叠状况已不复存在, 谱线线型部分以一次微分吸收线型为主, 部分以吸收线型为主, 但并不完全对称。

将 NO_2 分子的斯塔克调制电旋转光谱与已标识的吸收谱^[5]相比较即可发现, 较强的斯塔克调制电旋转谱线都涉及到近偶然简并能级跃迁: 例如电子基态的 N_{K_a, K_c}'' 为 7_{17} 和 8_{08} 二能级的间距为 0.5 cm^{-1} , 且满足近偶然简并斯塔克相互作用的选择定则 $\Delta N = 0, \pm 1$; $\Delta K_a = \pm 1$; $\Delta K_c = \pm 1$ 。在电场足够大的情况下, 由这两个能级跃迁产生的吸收谱线都能由斯塔克调制电旋转光谱技术选择性地检测到(见图 2、图 3 和表 1)。表 1 是本实验测到的能标识的 24 条斯塔克调制电旋转谱线, 它们与基电子态的三对近偶然简并态有关。利用斯塔克调制电旋转光谱方法的这一特点, 可以非常有效地辅助分析一些能级结构较复杂和光谱密度较高的分子光谱, 解决分子光谱在指认方面的一些疑点。

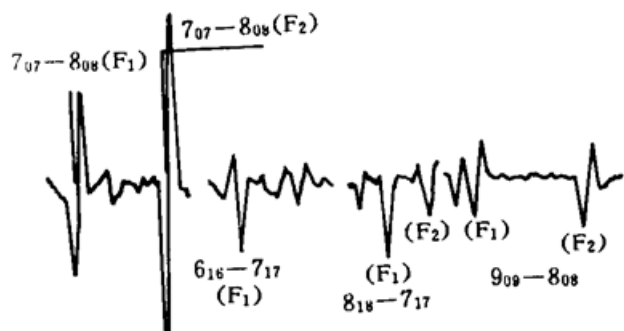


Fig. 2 Some observed SM-ERS spectra

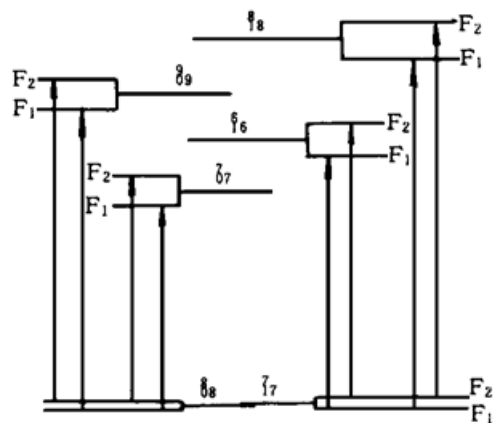


Fig. 3 Transition energy level

Table 1. Experimental results

$N'_{K'_a K'_c}$	$N''_{K''_a K''_c}$	F	main line-shape	$\nu_{SM} (\text{cm}^{-1})$	$\nu_{abs} (\text{cm}^{-1})$	$N'_{K'_a K'_c}$	$N''_{K''_a K''_c}$	F	main line-shape	$\nu_{SM} (\text{cm}^{-1})$	$\nu_{abs} (\text{cm}^{-1})$
7 ₀₇	8 ₀₈	F_1	D	16842.44	16842.44	8 ₁₈	9 ₁₉	F_1	D	16840.99	16840.98
7 ₀₇	8 ₀₈	F_2	D	16842.79	16842.79	8 ₁₈	9 ₁₉	F_2	D	16841.14	16841.14
9 ₀₉	8 ₀₈	F_1	D	16856.48	16856.47	10 _{1, 10}	9 ₁₉	F_1	D	16856.48	16856.47
9 ₀₉	8 ₀₈	F_2	D	16856.91	16856.96	10 _{1, 10}	9 ₁₉	F_2	D	16856.68	16856.67
6 ₁₆	7 ₁₇	F_1	A	16843.33	16843.31	5 ₀₅	6 ₀₆	F_1	A	16844.27	16844.29
6 ₁₆	7 ₁₇	F_2	A	16843.13	16843.13	5 ₀₅	6 ₀₆	F_2	A	16844.49	16844.53
8 ₁₈	7 ₁₇	F_1	A	16855.12	16855.10	7 ₀₇	6 ₀₆	F_1	A	16855.12	16855.10
8 ₁₈	7 ₁₇	F_2	A	16855.32	16855.31	7 ₀₇	6 ₀₆	F_2	D	16855.45	16855.45
9 ₀₉	10 _{0, 10}	F_1	A	16840.43	16840.44	4 ₁₄	5 ₁₅	F_1	D	16845.18	16845.18
9 ₀₉	10 _{0, 10}	F_2	A	16840.88	16840.88	4 ₁₄	5 ₁₅	F_2	A	16845.09	16845.08
11 _{0, 11}	10 _{0, 10}	F_1	A	16857.63	16857.62	6 ₁₆	5 ₁₅	F_1	A	16854.22	16854.22
11 _{0, 11}	10 _{0, 10}	F_2	A	16858.20	16858.21	6 ₁₆	5 ₁₅	F_2	D	16854.06	16854.06

D: the first order differential absorption line-shape; A: the absorption line-shape

3 理论与分析

3.1 电旋转信号与气体分子吸收系数的关系

选择 Z 轴为激光传播方向, X 轴为外电场方向, 起偏器 P_1 的偏振面与电场方向的夹角为 45° , 检偏器 P_2 与起偏器 P_1 偏离正交的角度为 ϕ , ϕ 是一个非常小的角度。在低气压小吸收的情况下, 透过检偏器 P_2 的光强为^[6]:

$$I_1 = I_0[\Phi - \Phi(\kappa_x + \kappa_y)k_0L - \Phi(\kappa_x - \kappa_y)k_0L] \quad (1)$$

式中 I_0 为入射光强, k_0 为传播系数, L 为斯塔克吸收池的程长, κ_x 、 κ_y 分别为平行于电场方向和垂直于电场方向的气体分子吸收系数, (1) 式中的第一项代表激光背景噪音, 第二项代表由检偏器漏过来的吸收信号, 它与 Φ 成正比。第三项代表由垂直和平行于电场方向的吸收差异而引起的电旋转信号, 它与 ϕ 成正比。

3.2 分子吸收系数与外加电场的依赖关系

NO_2 分子是三原子不对称陀螺分子, 转动能为具有 K 双分裂的非简并能级, 通常在外电场的作下, 只产生二级斯塔克效应, 因此其能量表达式仅与外加电场 ϵ 的偶次方有关^[7]。

由于 NO_2 分子转动能级比较密集, 近偶然简并情况时有发生。所谓近偶然简并是指两个相互微扰能级的间距 $|E(N_{K_a K_c}, M) - E(N'_{K_a K_c}, M)|$ 能与斯塔克相互作用量 $\langle N_{K_a K_c}, K_a K_c, M | \epsilon H^S | N'_{K_a K_c}, K'_a K'_c, M \rangle$ 相比拟, 并满足选择定则 $\Delta N = 0, \pm 1, \Delta K_a = \pm 1, \Delta K_c = \pm 1$ 。

对于核自旋 $I \geq 1$ 的近对称陀螺分子来说, 当一对近偶然转动能级的间隔、斯塔克哈密顿量 ϵH^S 和一阶核电四极的哈密顿量 H^Q 三者的数值大小可比拟时, ϵH^S 和 H^Q 的非对角元与近偶然简并转动态的耦合就必须予以考虑。此时, 一对近偶然简并态(上态 i 和下态 j) 的转动能量可以近似地表示如下^[7]:

$$\begin{aligned} E(N_{K_a K_c}, M)_{i(j)} &= E_{i(j)}^0 + (\epsilon^2/2) H_{ij}^S(M) H_{ji}^S(M) / (E_{i(j)}^0 - E_{j(i)}^0) \\ &+ \epsilon \sum_{M_l} [H_{ij}^S(M, M_l) H_{ji}^Q(M, M_l) \\ &+ H_{ij}^Q(M, M_l) H_{ji}^S(M, M_l)] / [2(E_{i(j)}^0 - E_{j(i)}^0)] \end{aligned} \quad (2)$$

式中

$$\begin{aligned} \epsilon H_{ij}^S(M) &= \langle N_{K_a K_c}, K_a K_c, M | \epsilon H^S | N'_{K_a K_c}, K'_a K'_c, M \rangle, \\ H_{ij}^S(-M) &= H_{ij}^S(M), \quad \epsilon H^S = -\epsilon \mu_b \Phi_{Zb} \\ H^Q &= eQ \left\langle \frac{\partial^2 V}{\partial Z^2} \right\rangle_{AV} \frac{[3(IN)^2 + 3(IN)/2 - I^2 N^2]}{2(2I-1)N(2N-1)}, \\ H_{ij}^Q(-M) &= H_{ij}^Q(M), \end{aligned}$$

E_i^0 和 E_j^0 分别为零场时两个近偶然简并态的转动能量, M_l 为核自旋的磁量子数。由(2)式可以看出, 由于核电四极矩的引入, 处于外加电场中的近偶然简并态, 其转动能量不仅与外加电场的二次方有关, 而且与外加电场的一次方有关。

当圆频率为 ω 的激光在无外场时将分子样品由基态 a 泵浦至激发态 b 后, 其单位长度的线性吸收系数为^[8]:

$$\kappa(\omega) = \frac{4}{\hbar \bar{v}} \pi^{1/2} \mu_{ab}^2 N_a^0 \exp \left\{ - [(\omega - \omega_{ab}) / \Delta\nu_D]^2 \right\} \quad (3)$$

(3)式中的 \bar{v} 为分子热运动的平均速度, $\Delta\nu_D$ 为多普勒线宽, μ_{ab} 为激发态与基态之间的跃迁偶极矩, ω_{ab} 等于激发态与基态之间的能级间隔 $(E_b - E_a)/\hbar$, N_a^0 为基态的粒子数密度。

当分子样品置于外电场中之后, 其电子基态和电子激发态的转动能级就会发生斯塔克分裂或展宽, 转动能级的跃迁就转化为它们各自斯塔克子能级之间的跃迁之和, 当电场方向与激光的传播方向互相垂直时, 由文献[9]可知, 平行于电场方向的吸收由满足选择定则 $\Delta M = 0$ 的斯塔克子能级之间的跃迁确定, 垂直于电场方向的吸收由满足 $\Delta M = \pm 1$ 的斯塔克子能级之间的跃迁确定。另外, 可将各吸收能级之间的间隔 ω_{ab} 分为两个部分, 一部分为与外电场无关的 ω_{ab}^0 , 另一部分则与外电场有关。由此可将(3)式中代表线型的指数部分分解为与外电场无关的线型部分和与外电场有关的变化部分, 同时将与电场有关的变化部分进行泰勒展开并取其一级近似, 最后对所有的子能级进行求和。当吸收跃迁的上能级为非简并能级, 下能级为一对近偶然简并态的上能级时, NO_2 分子的吸收系数为,

$$\begin{aligned} \kappa_x(\omega, \epsilon) &= \frac{4}{\hbar \bar{v}} \pi^{1/2} \mu_{ab}^2 N_a^0 \exp \left\{ - [(\omega - \omega_{ab}^0) / \Delta\nu_D]^2 \right\} \left(1 + \{ [2(\omega - \omega_{ab}^0) A_1 \epsilon - 2A_1 A_2 \epsilon^3] \right. \\ &\quad \left. - [A_1^2 + 2A_1(\omega - \omega_{ab}^0) \epsilon^2 - A_2^2 \epsilon^4] / \Delta\nu_D^2 \right) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\kappa_y(\omega, \epsilon) = \frac{4}{\hbar \bar{v}} \pi^{1/2} \mu_{ab}^2 N_a^0 \exp \left\{ - [(\omega - \omega_{ab}^0) / \Delta\nu_D]^2 \right\} \left(1 + \{ [(\omega - \omega_{ab}^0) (A_1' + A_1'') \epsilon \right.$$

$$- (A_1' + A_1'')A_2\epsilon^2] - [(A_1'^2 + A_1''^2)/2 + (A_1' + A_1'')(\omega - \omega_{ab}^0)]\epsilon^2 - A_2^2\epsilon^4/\Delta\nu_D^2) \quad (5)$$

(4)、(5) 二式为斯塔克调制电旋转光谱技术的理论基础, 其中:

$$A_1 = - \sum_{M_j} [H_{ij}^S(M)H_{ij}^Q(M, M_j) + H_{ij}^Q(M, M_j)H_{ji}^S(M)]/(E_i^0 - E_j^0)\hbar,$$

$$A_1' = - \sum_{M_j} [H_{ij}^S(M+1)H_{ji}^Q(M+1, M_j) + H_{ij}^Q(M+1, M_j)H_{ji}^S(M+1)]/(E_i^0 - E_j^0)\hbar,$$

$$A_1'' = - \sum_{M_j} [H_{ij}^S(M-1)H_{ji}^Q(M-1, M_j) + H_{ij}^Q(M-1, M_j)H_{ji}^S(M-1)]/(E_i^0 - E_j^0)\hbar,$$

$$A_2 = 2\mu_b^2[A_{N_{\kappa_a\kappa_c}} + B_{N_{\kappa_a\kappa_c}}M^2]/[(A+C)\hbar] - H_{ij}^S(M)H_{ji}^S(M)/2(E_i^0 - E_j^0)\hbar,$$

$A_{N_{\kappa_a\kappa_c}}$ 、 $B_{N_{\kappa_a\kappa_c}}$ 为约化斯塔克系数^[7]。

如果吸收跃迁的上能级为偶然简并能级, 下能级为非简并能级, 则 κ_x 、 κ_y 的表达式与 (4)、(5) 二式类同, 即既含有 ϵ 的偶次方项, 又含有 ϵ 的奇次方项。

如果跃迁的基态和激发态均为非简并态, 那么 κ_x 、 κ_y 均为 ϵ^2 的函数, 与 ϵ 的奇次方无关。此时, (1) 式所示的透射信号中只含有 ϵ 的偶次方项。

将(4)、(5) 二式代入(1) 式即可得到由近偶然简并跃迁产生的透射信号, 在该信号中, 无论是代表吸收信号的第二项, 还是代表电旋转信号的第三项均既含有 ϵ 的偶次方项, 又含有 ϵ 的奇次方项, 如果将其中的奇次方项检测出来, 即可得到斯塔克调制电旋转光谱信号。

3.3 分析与讨论

因为 NO_2 分子的不对称系数 $\alpha = -0.997$, 核自旋 $I = 1$, 它属于核自旋 $I \geq 1$ 的近对称陀螺分子, 所以在外加电场中, 由它的近偶然简并吸收跃迁确定的吸收系数 $\kappa(\omega, \epsilon)$ 中必然含有外加电场 ϵ 的奇次方项。

实验中采用场调制技术, 所加的交流调制电场为, $\epsilon = \epsilon_0 \sin \omega_m t$ 。

如果跃迁中的二个态均不涉及近偶然简并能级, 锁相放大器所检测到的信号中只含有 ϵ 的偶次方项, 所以在 $1\omega_m$ 相检情况下不能得到任何信号, 即 $I_{SM} = 0$ 。如果吸收跃迁的上能级为非简并能级, 下能级为一对近偶然简并态中的上能级, 由(4)、(5) 和(1) 式可知, 在 $1\omega_m$ 相检的情况下, 得到的信号强度为,

$$I_{SM} = - I_0 G B_1 [\epsilon_0(\omega - \omega_{ab}^0) - 3A_2\epsilon_0^3/4] \exp \{- [(\omega - \omega_{ab}^0)/\Delta\nu_D]^2\} \quad (6)$$

式中

$$G = \frac{4}{\hbar \nu} k_0 L \pi^{1/2} \mu_{ab}^2 N_a^0 / \Delta\nu_D^2,$$

$$B_1 = [\Phi(2A_1 + A_1' + A_1'') - \Phi(2A_1 - A_1' - A_1'')]/\Delta\nu_D^2$$

B_1 表达式中的第一项与 Φ 成正比, 它由受调制的吸收信号决定, 第二项由受调制的电旋光信号决定。因此, 采用斯塔克调制电旋转光谱技术测得的信号是斯塔克调制信号与斯塔克电旋转信号的组合, 并且它们均由近偶然简并跃迁产生。

由以上分析可知, 由近偶然简并能级跃迁产生的斯塔克调制电旋转光谱信号能够被斯塔克调制电旋转光谱技术从非简并能级跃迁产生的信号中选择性地检测出来, 同时还可以消除与场强无关的激光吸收本底以及二阶斯塔克调制电旋转光谱信号, 所以测得的谱带结构应该得到极大地简化。

由(6) 式可知, 斯塔克调制电旋转光谱信号的线型为一次微分吸收线型和吸收线型的线性组合。

对照表1的测量结果可知,基电子态的 7_{17} 和 8_{08} 、 10_{010} 与 9_{19} 、 5_{15} 与 6_{06} 为近偶然简并能级。显然,这三对能级均满足斯塔克相互作用的选择定则: $\Delta N = 0, \pm 1$ 、 $\Delta K_a = \pm 1$ 、 $\Delta K_c = \pm 1$ 。同时,由文献[5]可知,零场时这三对能级的间隔分别为 0.5 cm^{-1} 、 1.35 cm^{-1} 、 2.26 cm^{-1} ,由本文给出的理论可算出它们均能与其所对应的斯塔克相互作用量以及一阶核电四极矩的哈密顿量相比拟。所以,由这三对能级所产生的吸收跃迁都能产生斯塔克调制电旋转光谱信号。

由于 NO_2 分子具有一个未配对电子(自旋角动量 $S = 1/2$),在洪特情况(b)中,自旋角动量 S 与转动角动量 N 耦合形成角动量 J ,即 $S + N = J$,所以对每一个确定的 N 态都有两个自旋双分裂成份 $F_1(J = N + 1/2)$ 与 $F_2(J = N - 1/2)$ 。但由于基电子态转动能级的两个自旋双分裂成份的能级间隔很小,它们将共同参与近偶然简并 N 态之间的耦合相互作用。因此,由以上三对近偶然简并能级向各自对应的激发态转动能级跃迁共可产生12条 P 支斯塔克调制电旋转谱线和12条 R 支斯塔克调制电旋转谱线,这24条谱线均已为本文实验选择性地检测到(见表1)。

结 论 本文提出了斯塔克调制电旋转光谱方法,在 $1\omega_m$ 相检情况下,可以有效地将由偶然简并能级跃迁产生的电旋光信号从激光本底和由非简并能级跃迁产生的电旋光信号中分离出来。利用斯塔克调制电旋转光谱方法的这一特点,可以非常有效地辅助分析一些能级结构较复杂和光谱密度较高的分子光谱,解决分子光谱在指认方面的一些疑点;同时,给出了斯塔克调制电旋转技术的理论模型,并利用该模型对所测谱线进行了分析与讨论,可帮助对分子谱线的近偶然简并态进行确定。

感谢中国科学院武汉物理所波谱与原子分子物理国家重点开放实验室的李津蕊、王嘉珉、李奉延、龚顺生等同志在实验上的大力支持与帮助。

参 考 文 献

- [1] G. Litfin, C. R. Pollock, R. F. Curl *et al.*, Sensitivity enhancement of laser absorption spectroscopy by magnetic rotation effect. *J. Chem. Phys.*, 1980, **72**(12): 6602~ 6605
- [2] M. C. McCarthy, R. W. Field, The use of magnetic rotation spectroscopy to simplify and presort spectra: An application to NiH and CeF. *J. Chem. Phys.*, 1992, **96**(10): 7237~ 7244
- [3] A. Delon, R. Jost, Laser induced dispersed fluorescence spectra of jet cooled NO_2 : The complete set of vibrational levels up to 10000 cm^{-1} and the onset of the $\tilde{X}^2A_1 - \tilde{A}^2B_2$ vibronic interaction. *J. Chem. Phys.*, 1991, **95**(8): 5686~ 5700
- [4] K. Uehara, H. Sasada, *High Resolution Spectral Atlas of Nitrogen Dioxide 559 - 597 nm*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 1984: 51~ 53
- [5] C. G. Stevens, R. N. Zare, Rotational analysis of the 5933 \AA band of NO_2 . *J. Mol. Spectrosc.*, 1975, **56**(2): 167~ 187
- [6] A. Hinz, J. Pfeiffer, W. Bohle *et al.*, Mid-infrared laser magnetic resonance using the Faraday and Voigt effects for sensitive detection. *Mol. Phys.*, 1982, **45**(6): 1131~ 1139
- [7] W. Gordy, R. L. Cook, *Microwave Molecular Spectra(3rd Edition)*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1984: 30~ 35
- [8] 夏慧荣, 王祖庚, 分子光谱学与激光光谱学导论. 上海, 华东师大出版社, 1989: 318~ 319
- [9] J. J. Kankare, R. Stephens, A unified theory of magneto-optic phenomena in analytical atomic spectroscopy. *Spectrochimica Acta*, 1980, **35B**(6): 849~ 864

Stark Modulation Electric Rotation Laser Spectroscopy and Its Application

Chen Jinhai Chen Yangqin Cai Peipei Xia Changping

Yang Xiaohua Wang Hui Wang Zugeng

*(Joint Laboratory for Quantum Optics, Shanghai Institute of Optics & Fine Mechanics,
The Chinese Academy of Sciences and East China, Normal University,
Department of Physics, East China Normal University, Shanghai 200062)*

(Received 9 April 1996; revised 12 August 1996)

Abstract Stark modulation electric rotation laser spectroscopy (SM-ERS) was used to separate the electric rotation signal produced by the accidental degenerate transitions from the nondegenerate transitions. It can simplify complex and congested electric spectra and is very valuable for measuring perturbed polyatomic molecular spectrum. In this paper the semi-classical theoretical model of this technique is presented. As an example, the NO₂ SM-ERS spectrum and their main character was analysed by perturbation theory.

Key words stark modulation, electric rotation, accidental degenerate.