

乙醇和水分子形成配合物与荧光光谱特性研究^{*}

刘莹^{1,2)} 彭长德²⁾ 兰秀凤¹⁾ 骆晓森¹⁾ 沈中华¹⁾ 陆建¹⁾ 倪晓武^{1,2)†}

¹⁾ 南京理工大学理学院, 江苏南京 210094)

²⁾ 徐州师范大学物理系, 江苏徐州 221009)

(2005 年 3 月 4 日收到, 2005 年 4 月 6 日收到修改稿)

讨论了紫外光照射乙醇和水混合溶液的荧光光谱及其对应的激发光谱, 认为乙醇和水分子混合时会发生团簇形成新的分子从而成为能辐射荧光的物质. 采用不同波长的紫外光照射乙醇水溶液, 计算了不同入射光的荧光量子产率, 进而选取具有最高荧光效率的激励光照射不同混合比率溶液, 通过探测混合物所发射的荧光光子数目随乙醇和水混合比率的变化规律, 研究了团簇分子的可能类型, 并利用荧光强度和吸收率的加和性计算了混合物的总吸收率和总荧光光子数目, 从而解释了乙醇水溶液的荧光光谱特征峰. 结果可为乙醇和水分子形成的新团簇分子研究提供实验和理论依据.

关键词: 乙醇-水配合物, 荧光光谱, 分子团簇, 激发光谱

PACC: 7855, 3640

1. 引言

近年来许多学者一直致力于研究液态醇类分子及其与水形成混合溶液的分子结构特点, 但至今仍未有定论. 即使是最简单的液态甲醇分子, 在相同的实验技术条件下对其结构的阐述也大相径庭^[1,2]. 一般认为甲醇和水混合形成溶液后, 甲醇的分子结构发生变化并且与水通过水合作用形成了新的分子结构^[3], 进而认为是一种由团簇作用形成的类似冰晶或窗格形的分子结构, 但新的分子结构仍具有不确定性^[4,5]. 对更复杂的醇类分子, 如乙醇分子, 首先对固相结构的乙醇分子进行了研究, 认为固态下乙醇分子会形成稳定的 U 形直链状结构^[6], 但当乙醇被凝固时, 因冷凝温度和速度的不同最终形成的分子结构类型会发生改变, 可以形成稳定的晶体状结构, 无固定取向的玻璃状结构, 或玻璃晶体状结构等^[7-9]. 液态的乙醇分子的结构比液态甲醇结构更为复杂, 因为液态乙醇分子中含有 6 个相对独立的原子和 21 个易受影响的局部结构因素, 通过氢键相连可形成环状的团簇分子^[10,11], 或开放的链式结

构^[12]. 当乙醇和水分子形成混合溶液时, 其结构更具有不确定性^[13], 因而可能形成的分子结构尚待研究.

在分子结构分析和团簇分子形成的新分子结构的研究中^[14,15], 荧光光谱分析因其具有较高的灵敏度而被广泛应用^[16-18]. 众所周知, 乙醇分子和水分子作为常用有机溶剂^[19]均为非荧光物质, 其紫外和可见光区最小透光波长为 180nm 和 210nm^[20]. 但在我们研究中发现乙醇和水形成的混合溶液却可以吸收波长明显长于其最小透光波长的光, 即对波长为 220—300nm 的光波均产生吸收, 且在吸收光后还向外发射荧光^[21]. 根据紫外吸收理论可知, 乙醇分子和水分子一定形成了新的分子结构, 使其最小透光波长明显变长. 本文根据荧光分析法和分光光度法, 讨论了乙醇分子和水分子混合发生团簇时形成的分子结构类型, 并利用吸收入射光和发射荧光强度的加和性原理, 计算了不同团簇分子的荧光量子产率和吸收率并进而计算了混合溶液的总吸收率和荧光量子产率. 该研究内容将能为乙醇分子和水分子混合形成的分子结构理论研究提供了基础.

^{*} 江苏省教委科研项目(批准号 03KJ140211)、江苏省研究生创新培养计划(批准号 2004)和国家教育部青年高校教师奖励计划(批准号: 2003-2008)资助的课题

[†] E-mail: nxw@mail.njust.edu.cn, liuying70@126.com

2. 实验装置和仪器

2.1. 实验装置和仪器

英国 Edinburgh Instruments 公司生产的 FLS900 型稳态和时间分辨荧光光谱仪,其中光源为波长连续可调的氙灯,激发光波长取 220—250nm,发射光谱扫描区间为 280—400nm.

2.2. 实验样品及配备

实验样品为 99.7% 的乙醇分析纯和三次蒸馏水.

2.3. 实验方法

乙醇和水的混合溶液采用体积比变化进行配制,而总体积保持 3ml 不变,乙醇和水的体积比为: 9:1, 8:2, 7:3, ..., 1:9. 为详细了解乙醇和水分子混合形成分子的结构模型,实验中采用上述仪器分别测试混合溶液的激发光谱和荧光光谱. 激发光谱,选取某种荧光光子的中心波长扫描其激发谱,寻求最佳的激励光波长,荧光光谱,用荧光效率最高的激励光照射不同浓度的乙醇-水混合溶液,测定荧光强度和溶液配比浓度间的关系.

3. 实验结果

3.1. 乙醇水溶液的激发光谱

为了获得乙醇水溶液的最佳荧光光谱,首先了解该溶液对光的吸收情形,即测定该溶液的激发光谱(谱形类似吸收光谱). 在我们以往的实验研究工作中已经知道乙醇水溶液将吸收波长在 250nm 左右的紫外光并有荧光发射^[22, 23],故实验中采用波长为 240nm 的光照射适当浓度的乙醇水溶液,其对应的发射谱如图 1 所示. 由图 1 中可见乙醇-水溶液的辐射光谱中有四个谱峰位置: *a*-290nm, *b*-305nm, *c*-330nm 和 *d*-350nm. 进一步通过实验发现,前三个峰值位置不随激励光波长的改变而变化,而 350nm 附近的峰峰值位置却随激励光波长而产生变化,所以只有前三个谱峰可能是乙醇-水溶液的荧光峰,因而在今后扫描不同发射峰所对应的激发谱时,只考虑前三个谱峰.

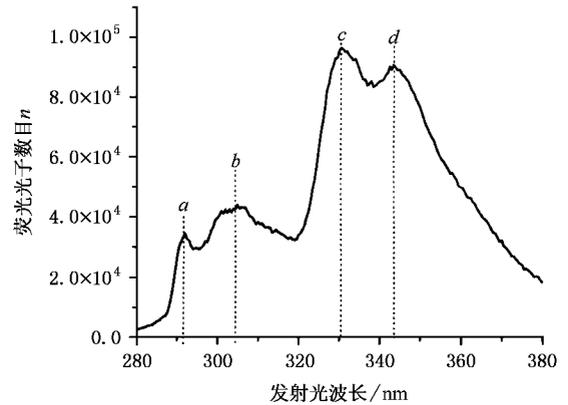


图 1 240nm 光照射乙醇水溶液的发射光谱图

各荧光峰(峰位置分别为 290nm, 305nm, 330nm)所对应的激发谱如图 2 所示. 330nm 荧光峰的激发谱于图 2(a)所示,该波段的荧光发射主要是由于乙醇水溶液吸收了波长为 230nm 左右的激励光所致,溶液吸收 236nm 左右的激励光发射 330nm 的荧光光子效率最高. 当激励光波长明显长于 230nm 时,乙醇水溶液会吸收波长范围为 265—280nm 光,且也会向外发射该波段的光子,其荧光效率低于对 236nm 的吸收,发射强度大约为吸收 236nm 光波的发射强度的 30%.

由图 2(b)可以看出,290nm 处的荧光发射是由于乙醇水溶液吸收了波长为 265nm 左右的激励光所致. 换句话说,溶液吸收 265nm 的紫外光所发射 290nm 的荧光光子的效率是最高的. 而对于波长短于 260nm 的光照射乙醇水溶液则不会引起该波段荧光光子的发射.

305nm 荧光峰的激发谱在图 2(c)中给出,该波段的荧光发射是由于乙醇水溶液吸收了波长为 280nm 左右的激励光所致. 从激发光谱图可以看出,该溶液吸收 280nm 的紫外光发射 305nm 的荧光峰效率最高. 而当波长短于 260nm 的光照射乙醇水溶液时,溶液会吸收波长为 230nm 的紫外光并且可以引起该波段荧光光子的发射,只不过发射概率很小,发射强度约为吸收 280nm 光发射强度的 30%.

3.2. 乙醇水溶液的荧光光谱

3.2.1. 不同波长激励光照射乙醇水溶液的荧光光谱图

当采用波长在 220—250nm 范围内的光激励同一浓度的乙醇水溶液时,荧光强度将随激励光波长

的变化而变化,其二维、三维曲线如图 3 所示,三维图中 X 方向为发射光波长, Y 方向为激发光波长, Z 方向为发射的荧光光子数目.由图可见,荧光谱峰位于 330nm 处的荧光光子数目随着激励光波长改变而变化,先是随波长的增大而荧光光子数目增多,随后

又随激励光波长的增大而减少;其中当激励光波长约为 236nm 时,荧光光子数目最多.由乙醇溶液的激发光谱可知,波长为 236nm 的激励光接近溶液发射 330nm 的荧光光子的最佳吸收波长,故荧光效率最高.

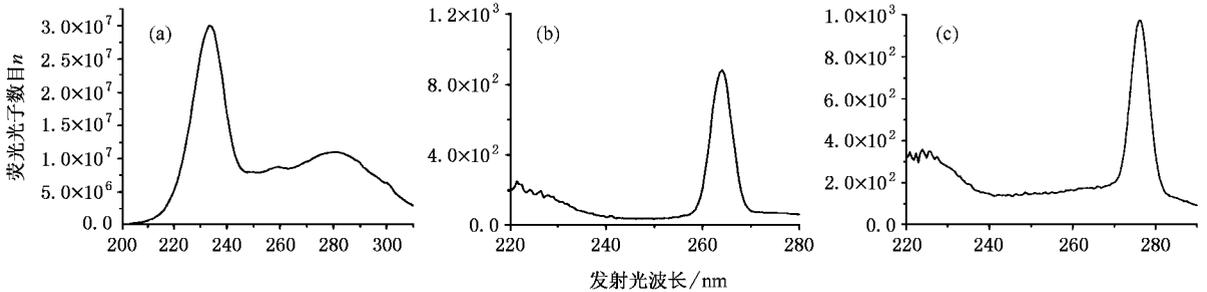


图 2 不同荧光峰所对应的激发光谱图

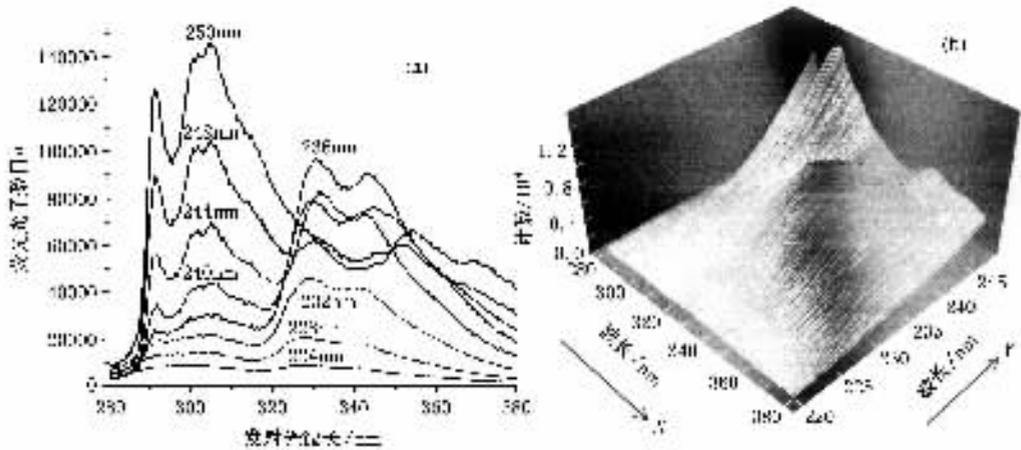


图 3 不同波长的光激励同一浓度溶液的荧光光谱二维 (a)、三维 (b) 图

为了详细研究乙醇分子和水分子混合后产生荧光的机理,以下我们将采用荧光效率最高的激励光(波长为 236nm)照射不同浓度的乙醇水溶液,进而观察荧光发射强度随溶液浓度的变化情形.

3.2.2. 236nm 的光照射不同浓度的乙醇水溶液荧光光谱

实验中采用 236nm 的光照射,并考察辐射荧光光子的中心波长为 330nm 处的荧光光子数目随溶液浓度的变化规律.乙醇和水的混合溶液中乙醇占总溶液体积的百分比在 90% 至 10% 间变化(对应乙醇和水的体积比为 9:1 至 1:9),所得到的发射光波长、荧光光子数目和乙醇水溶液浓度的二维和三维曲线如图 4 所示.而将纯净的水和空比色皿也采用

该激励光照射则没有谱峰出现.从实验结果可以看出,当溶液的浓度变化时,体积百分比为 60% 左右的乙醇水溶液的荧光发射强度最大,当体积百分比小于 60% 时,荧光光子数目减少,但在体积比为 40% 左右,荧光光子数目出现锐减,明显少于体积比为 30% 的溶液所发射的荧光光子数目,即此时出现了荧光猝灭的现象;同样当溶液中乙醇的体积百分比大于 60% 时,溶液所发射的荧光光子数目总体趋势减少,但在体积比为 70%—80% 时荧光光子数目锐减,其数目少于体积比为 90% 的溶液所发射的荧光光子数目,即当溶液中乙醇溶液的体积比为 70%—80% 时也出现了荧光猝灭现象.

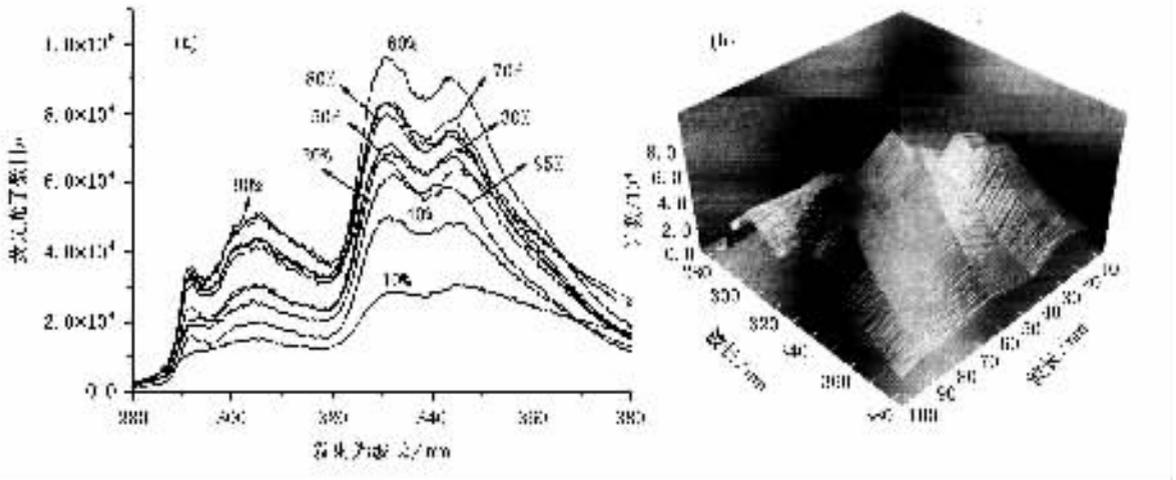


图4 236nm的入射光激励不同浓度溶液的荧光光谱两维(a)三维(b)图

4. 讨 论

4.1. 利用激发光谱及光吸收度的加和性讨论三种可能的配合物

由于乙醇和水混合后,对较长波长的紫外光产生吸收并向外辐射荧光,显然溶液中一定含有新的物质,它是由乙醇和水分子缔合形成的配合物.此时溶液中含有多种物质:乙醇,水,乙醇和水分子的配合物等.根据吸收光强度的加和性可知,在多组分体系中,假设各种吸光物质间没有相互作用,体系的总吸收度等于各组分吸光度之和,即满足吸光度的加和性^[9]:

$$A_{\text{总}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n = \epsilon_1 bc_1 + \epsilon_2 bc_2 + \dots + \epsilon_n bc_n, \quad (1)$$

式中 A 是溶液的总吸光度, A_i 为溶液中各组分的吸光度, ϵ_i 为各组分的摩尔吸光系数, b 为液池的长度, c_i 为溶液中各组分的浓度.

而当各组分的吸收曲线相互重叠时,则吸光度的加和性需要解多元方程或利用矩阵形式表示.因为实验中乙醇水溶液发射的荧光含有三个谱峰,可以假设由于体积百分比的不同乙醇分子和水分子形成了不同结合常数的配合物,对应荧光发射中心波长不同,结合常数分别记为 n_1, n_2, n_3 ,对应的三个最佳吸收波长记为 $\lambda_1 = 236\text{nm}, \lambda_2 = 265\text{nm}, \lambda_3 = 280\text{nm}$ 三个荧光发射中心波长分别为 $330\text{nm}, 290\text{nm}, 305\text{nm}$,以下将用 $\epsilon_{i\lambda_j}$ 表示不同结合常数的团簇分子吸收不同波长 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 的入射光的吸收强

度,则当入射光照射乙醇水混合溶液时,溶液对不同波长的入射光的总吸收度可以计算如下:

$$\begin{pmatrix} A_{\lambda_1} \\ A_{\lambda_2} \\ A_{\lambda_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{1\lambda_1} & \epsilon_{2\lambda_1} & \epsilon_{3\lambda_1} \\ \epsilon_{1\lambda_2} & \epsilon_{2\lambda_2} & \epsilon_{3\lambda_2} \\ \epsilon_{1\lambda_3} & \epsilon_{2\lambda_3} & \epsilon_{3\lambda_3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

式中 $A_{\lambda_1}, A_{\lambda_2}, A_{\lambda_3}$ 分别表示溶液对入射光 $\lambda_1 = 236\text{nm}, \lambda_2 = 265\text{nm}, \lambda_3 = 280\text{nm}$ 的总吸收度.

根据实验结果可得 $\epsilon_{2\lambda_1} = 0, \epsilon_{2\lambda_3} = 0, \epsilon_{3\lambda_2} = 0$.

因而(2)式为

$$\begin{pmatrix} A_{\lambda_1} \\ A_{\lambda_2} \\ A_{\lambda_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{1\lambda_1} & 0 & \epsilon_{3\lambda_1} \\ \epsilon_{1\lambda_2} & \epsilon_{2\lambda_2} & 0 \\ \epsilon_{1\lambda_3} & 0 & \epsilon_{3\lambda_3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

乙醇分子和水分子形成的配合物有三种可能情形.第一种可能的配合物发射荧光的中心波长为 330nm ,该物质对 236nm 处的光吸收度最大,其次吸收 $265\text{nm}, 280\text{nm}$ 的光波也会引起该波段的荧光光子的发射,吸收度较小.第二种可能的配合物发射的荧光光子的中心波长为 290nm ,只吸收 265nm 的光波才能引起荧光发射.第三种可能的配合物发射的荧光光子的中心波长为 305nm ,当吸收 280nm 的入射光时其荧光效率最大,吸收波长为 236nm 的激励光也可以产生荧光发射,不过发射概率较小.

4.2. 利用荧光强度的加和性讨论三种可能的配合物

荧光的量子产率是荧光物质的重要发光参数,在光谱分析中具有重要的意义.溶液型的发光物质

的荧光强度 F 除了和物质的荧光量子产率 Y_F 有关外,还和溶液的浓度 c 、物质的摩尔吸光系数 ϵ 有关^[24] 即

$$F = 2.3 Y_F I_0 \epsilon bc. \quad (4)$$

利用荧光光子强度的加和性,可以计算每种荧光谱峰的总强度,即每种荧光光子的总数目.由于激发光谱反映了不同波长激发光发射荧光的相对效率,所以从三种激发光谱可以大致计算各种配合物的相对荧光效率.

第一种配合物的荧光光子的中心波长为 330nm,主要由吸收 236nm 的入射光所致,对应的荧光效率最高,也有一部分是由于吸收了波长为 265nm 和 280nm 的入射光引起,从谱峰的相对强度可以看出,它们的荧光效率大约为吸收 230nm 光的 30%. 以下用 $Y_{F_{\lambda_1}}^1$, $Y_{F_{\lambda_2}}^1$ 和 $Y_{F_{\lambda_3}}^1$ 分别表示吸收 236nm, 265nm, 280nm 入射光产生 330nm 荧光光子的量子产率. 即有

$$\begin{aligned} F_{330\text{nm}} &= 2.3 I_0 \epsilon \begin{pmatrix} Y_{F_{\lambda_1}}^1 & Y_{F_{\lambda_2}}^1 & Y_{F_{\lambda_3}}^1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix} \\ &= 2.3 I_0 \epsilon \begin{pmatrix} Y_{F_{\lambda_1}}^1 & \frac{1}{3} Y_{F_{\lambda_1}}^1 & \frac{1}{3} Y_{F_{\lambda_1}}^1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix} \\ &= \frac{2.3 I_0 \epsilon Y_{F_{\lambda_1}}^1}{3} \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix}. \quad (5) \end{aligned}$$

同样,根据第二种和第三种配合物产生的荧光光子在其中心波长处的荧光强度也可以通过计算得到.用 $Y_{F_{\lambda_1}}^2$, $Y_{F_{\lambda_2}}^2$, $Y_{F_{\lambda_3}}^2$ 分别表示吸收 236nm, 265nm, 280nm 入射光产生 290nm 荧光光子的量子产率; $Y_{F_{\lambda_1}}^3$, $Y_{F_{\lambda_2}}^3$, $Y_{F_{\lambda_3}}^3$ 表示吸收 236nm, 265nm, 280nm 入射光产生 305nm 荧光光子的量子产率,则有

$$\begin{aligned} F_{290\text{nm}} &= 2.3 I_0 \epsilon \begin{pmatrix} Y_{F_{\lambda_1}}^2 & Y_{F_{\lambda_2}}^2 & Y_{F_{\lambda_3}}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix} \\ &= 2.3 I_0 \epsilon Y_{F_{\lambda_2}}^2 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix}, \quad (6) \\ F_{305\text{nm}} &= 2.3 I_0 \epsilon \begin{pmatrix} Y_{F_{\lambda_1}}^3 & Y_{F_{\lambda_2}}^3 & Y_{F_{\lambda_3}}^3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$= \frac{2.3 I_0 \epsilon Y_{F_{\lambda_3}}^3}{3} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} bc_1 \\ bc_2 \\ bc_3 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

从以上的结果可以看出,波长为 330nm 处的荧光光子的数目由三部分组成,其中吸收 236nm 的光所发射的荧光光子数占比重较大,对应的荧光效率最高.

而根据波长为 236nm 的光激励不同浓度的乙醇水溶液所获得的荧光光谱图可以得出结论:60% 左右的乙醇水溶液大约对应形成第一种配合物的最好浓度,而当浓度达到 70%—80% 时恰好对应形成另外一种配合物的最佳浓度.而此时该配合物所吸收 236nm 的光明显减少,且其发射荧光光子的中心波长也不在 330nm 处,使得波长为 330nm 的荧光光子数目大幅度减少,即出现了荧光猝灭现象.我们认为猝灭的原因是由于生成另外一种荧光物质且发射荧光光子的波长偏离 330nm 所致.浓度为 40% 的乙醇混合溶液是形成又一种配合物的最好浓度,与前述原因相同,在浓度为 40% 处的荧光强度减少,出现荧光猝灭.

当用同一波长的激励光照射不同浓度的乙醇混合溶液时,不同的配合物均吸收该波段的光,当 236nm 的光照射时,产生不同的吸收和不同波长的荧光光子,产生波长为 330nm 的荧光光子的强度为

$$\begin{aligned} F_{330\text{nm}} &= 2.3 Y_{F_{\lambda_1}}^1 I_0 \epsilon_{1\lambda_1} bc_1 \\ &\quad + 2.3 Y_{F_{\lambda_1}}^2 I_0 \epsilon_{2\lambda_1} bc_2 \\ &\quad + 2.3 Y_{F_{\lambda_1}}^3 I_0 \epsilon_{3\lambda_1} bc_3, \quad (8) \end{aligned}$$

$Y_{F_{\lambda_1}}^1$, $Y_{F_{\lambda_1}}^2$ 和 $Y_{F_{\lambda_1}}^3$ 分别表示三种可能的配合物吸收波长为 $\lambda_1 = 236\text{nm}$ 入射光而发射荧光波长为 330nm, 290nm 和 305nm 的荧光量子产率.当 236nm 的光照射浓度为 60% 的混合溶液时, $Y_{F_{\lambda_1}}^1$ 和 $\epsilon_{1\lambda_1}$ 均达到最大,此时 330nm 处的荧光光子数目最多;当浓度变为 70% 时,第一种配合物因偏离其最佳形成浓度而使得溶液中 c_1 变小,因而 $\epsilon_{1\lambda_1}$ 变小,而 $\epsilon_{2\lambda_1} = 0$, $\epsilon_{3\lambda_1}$ 也非常小,且其发射荧光的中心波长不在 330nm 处,所以此时 330nm 的荧光光子数目减少;当浓度变为 40% 时, $\epsilon_{2\lambda_1} = 0$, $\epsilon_{3\lambda_1}$ 因远离形成第三种配合物的最佳浓度而变得更小, $\epsilon_{1\lambda_1}$ 同样原因也变小使得 330nm 的荧光光子数目减少,出现荧光猝灭现象.

5. 结 论

通过乙醇和水混合溶液的荧光光谱和激发光谱的实验结果、数学计算和理论分析可以得出以下的结论：

1. 乙醇分子和水分子混合后其最短透光波长发生明显改变,以及两种非荧光物质混合后能产生荧光的特性,均说明了乙醇分子和水分子在液态下发生团簇形成新的分子结构；

2. 乙醇分子和水分子混合溶液能吸收较长波长的紫外光并向外发射不同荧光谱峰的原因是由于在不同的混合浓度下乙醇和水分子团簇时形成了能发射荧光的不同分子结构；

3. 当采用同一种波长的紫外光照射混合溶液时,荧光发射的中心波长分别为 290nm,305nm 和 330nm,根据每种荧光光子的中心波长扫描其对应的激发光谱,说明辐射荧光的原因是由于吸收不同波长的激励光所致,这也间接地证明乙醇和水分子团簇形成的分子结构种类不止一种；

4. 选取荧光光子中心波长为 330nm 而对应荧光发射效率最高的激励光(波长为 236nm)照射不同浓度的乙醇混合溶液,根据激发光波长、发射光波长和荧光光子数目三者之间的三维图可以得到结论：三种配合物对应乙醇和水溶液的体积混合比大约为 7:3,6:4,4:6. 并从荧光猝灭的观点出发解释了曲线的成因.当然,以上理论还不够圆满,其微观过程尚待进一步研究.

-
- [1] Sarkar S and Joarder R N 1993 *J. Chem. Phys.* **99** 2032
- [2] Svishtchev I M and Kusalik P G 1994 *J. Chem. Phys.* **100** 5165
- [3] Soper A K 1993 *Physical Review Letters* **71** 4346
- [4] Dixit S and Grain J *et al* 2002 *Letters to nature* **416** 829
- [5] Guo J H and Luo Y *et al* 2003 *Physical Review Letters* **91** 157401
- [6] Sarkar S and Joarder R N 1994 *J. Chem. Phys.* **100** 5118
- [7] Talon C, Ramos M A and Vieira S 2002 *Physical Review B* **66** 112201
- [8] Matic A and Masciovecchio C *et al* 2004 *Physical Review Letters* **93** 145502
- [9] Surovtsev N V and Adichtchev S V *et al* 2003 *J. Chem. Phys.* **119** 12399
- [10] Chris J B and Yen L L 2002 *J. Chem. Phys.* **112** 5877
- [11] Ramona S T and Rosseanne L S 2003 *J. Chem. Phys.* **119** 12569
- [12] Laenen R and Rauscher C 1997 *J. Chem. Phys.* **106** 8974
- [13] Takaaki S and Akio C 1999 *J. Chem. Phys.* **110** 2508
- [14] Luo C L and Zhou Y H 1999 *Chin. Phys.* **8** 820
- [15] Lei A L and Li Z *et al* 2000 *Chin. Phys.* **9** 432
- [16] Gao Y L and Lv Y J *et al* 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 174 (in Chinese) 高玉琳、吕毅军等 2002 物理学报 **51** 174]
- [17] Peng H S and Song H W *et al* 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2875 (in Chinese) 彭洪尚、宋宏伟等 2002 物理学报 **51** 2875]
- [18] Duan S Q and Tan N *et al* 2005 *Chin. Phys.* **14** 615
- [19] Dong Y F and Li Q S 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 1645 (in Chinese) [董艳锋、李清山 2002 物理学报 **51** 1645]
- [20] The centre of analysis and test of Sichuan University 2001 *Analytical Chemistry* (Beijing : Science Press) p229 (in Chinese) [四川大学分析测试中心 2001 分析化学(北京 科学出版社)第 229 页]
- [21] Lan X F and Liu Y *et al* 2003 *Acta Photonica Sinica* **32** 1371
- [22] Liu Y and Lan X F *et al* 2003 *SPIE* **5254** 526
- [23] Liu Y and Lan X F *et al* 2003 *SPIE* **5254** 234
- [24] Chen G Z and Huang X Z 1990 *Fluorescence Analysis* (Second Edition) (Beijing : Science Press) p26 (in Chinese) [陈国珍、黄贤智 1990 荧光分析法(第二版)(北京 科学出版社) p26]

Fluorescence spectrum characteristics of ethanol-water clusters^{*}

Liu Ying^{1,2)} Peng Chang-De²⁾ Lan Xiu-Feng¹⁾ Luo Xiao-Sen¹⁾ Shen Zhong-Hua¹⁾ Lu Jian¹⁾ Ni Xiao-Wu^{1,2)†}

¹⁾(Science School of Nanjing University of Science & Technology , Nanjing 210094 , China)

²⁾(Department of Physics , Xuzhou Normal University , Xuzhou 221009 , China)

(Received 4 March 2005 ; revised manuscript received 6 April 2005)

Abstract

The fluorescence spectra of the ethanol – water mixture excited by ultraviolet light and the excitation spectra corresponding to the fluorescence peaks are investigated respectively. It is found that the mixtures emit fluorescence photons , which is different from pure ethanol and water. One can conclude that new molecule clusters are created by mixing of the ethanol and water molecules. The incident light of different wavelengths irradiates the solution and the fluorescence quantum yield at each wavelength is calculated firstly , and then the excited light with the maximum quantum yield is selected to irradiate the mixture. By the experimental results of fluorescence spectra of solution with different concentrations , the possible structures of these new molecule clusters are discussed. The general absorptivity and fluorescence counts are calculated basing on the additive property of absorptivity and fluorescence intensity , elucidating the fluorescence spectra characteristic of ethanol – water mixture. The research may contribute to the study of the new molecule clusters of ethanol-water.

Keywords : ethanol-water mixture , fluorescence spectrum , molecular clusters , excitation spectrum

PACC : 7855 , 3640

^{*} Project supported by the Natural Science Foundation of Jiangsu Province Educational Committee(03KJD 140211) and the Project of Cultivating Innovation on Graduate Student of Jiangsu Province(2004) , Teaching and Research Award Program for Outstanding Young Professor in Higher Education Institute (2003-2008).

[†]E-mail : nxw@mail.njust.edu.cn , liuying70@126.com