

基于微流控芯片的电解质溶液太赫兹吸收特性研究

武亚雄, 苏波*, 何敬锁, 张存林

首都师范大学物理系, 太赫兹光电子学教育部重点实验室, 太赫兹波谱与成像北京市重点实验室,
北京成像技术高精尖创新中心, 北京 100048

摘要 由于许多生物分子的振动和转动能级均在太赫兹波段, 且太赫兹波具有电子能量低(约 4 meV), 不会破坏待测样品的特性, 因此可以采用太赫兹光谱技术检测生物样品。然而许多生物分子在液体环境中才能保持其生物活性, 需要在盐溶液中来探究酸碱环境对其的影响, 以及在盐类缓冲液中研究其生物特性。但水作为极性液体对太赫兹波有强烈的吸收, 因此, 探究如何减少水对太赫兹吸收的方法非常必要。水对太赫兹的吸收主要因水分子间氢键造成, 现阶段最常见的方法是减少水与太赫兹波的作用距离以及破坏水分子间的氢键。利用夹心式微流控芯片在太赫兹时域光谱系统下通过观察光谱强度变化来探究电解质对水分子间氢键的影响, 既减少了水和太赫兹波的作用距离, 又探究了电解质对水分子间氢键的作用。在微流控芯片中分别加入不同种类以及不同浓度的电解质, 通过观察其在 0.1~1.0 THz 范围内的光谱强度变化来分析不同电解质对水分子间氢键的影响。部分电解质促进氢键的缔合, 而另一部分则破坏氢键的形成, 在太赫兹光谱范围内表现为光谱强度的变化。若促进氢键的缔合则对太赫兹吸收变大, 光谱强度减弱; 若破坏氢键的缔合则对太赫兹吸收减弱, 光谱强度增加。研究结果发现: 在水中加入 KCl 和 KBr 时, 太赫兹光谱强度增加, 表明二者对氢键有破坏作用, 使得光谱强度变大; 然而当加入 $MgCl_2$ 和 $CaCl_2$ 时, 太赫兹光谱强度减弱, 表明二者对氢键有缔合作用, 从而使光谱强度变小。利用太赫兹技术在 0.1~1.0 THz 范围内研究 KCl, KBr, $MgCl_2$ 和 $CaCl_2$ 这四种不同浓度的电解质溶液特性, 发现它们只会对光谱强度造成一定影响, 不会引入新的特征吸收峰以及对待测样品造成干扰。这对于研究诸如大肠杆菌、枯草芽孢杆菌等在 0.1~1.0 THz 范围内有特征吸收谱的生物分子具有一定的实用价值。在溶液中加入所需的电解质并借助微流控芯片不仅可以识别待测样品、研究待测样品的光谱信息、探究其生物特性, 而且为进一步推动太赫兹技术在生化方面的应用研究提供了先决条件。

关键词 太赫兹; 微流控; 芯片; 电解质; 氢键

中图分类号: O433.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)08-2348-06

引言

太赫兹波(Terahertz, THz)又称太赫兹射线, 通常是指频率在 0.1~10 THz(波长 3 mm~30 μm)范围内的电磁波。由于许多生物分子的振动和转动能级都在太赫兹频段范围内, 因此可以利用太赫兹波对生物分子进行检测^[1-4]。不同于传统的光学方法(如, 可见光, 紫外光, 红外光), 太赫兹波的光子能量很低, 约为 4 meV, 不会使待测样品电离。目前, 利用太赫兹波对生物学中的光谱和成像的研究正处于一个飞速发展的时期。杨静琪等^[5]利用 THz-TDS 技术对 L-天

冬酰胺及其一水化合物进行了对比并实时检测了其受热脱水的动态变化过程; Gloubus^[6]利用 THz-TDS 技术对部分细菌进行无标记、无污染检测, 推动了细菌鉴别的发展; 杨晨等^[7]利用太赫兹技术在 0.95 和 1.93 THz 发现络氨酸有特征吸收。

然而在处理水溶液样品时, 这种能力受到极大的限制, 主要是由于太赫兹辐射与涉及氢键的低频分子间振动的强相互作用造成的。多数情况下, 液体环境诱导太赫兹吸收从而影响信号的探测, 使得识别和鉴定液体环境中所存在的目标分析物变得非常困难。

为了避免上述所提到的问题, Victoria^[8]等利用太赫兹

收稿日期: 2018-07-18, 修订日期: 2018-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(61575131, 61675138, 61575130)和北京市教育委员会科技计划一般项目(SQKM201810028004)资助

作者简介: 武亚雄, 1992年生, 首都师范大学物理系硕士研究生 e-mail: 2160602043@cnu.edu.cn

* 通讯联系人 e-mail: su-b@163.com

光学谐振器,对所研究样品进行高灵敏度和无创的折射率监测; Tang^[9]等控制温度利用微流控芯片对活细胞的太赫兹光谱进行测量,表明微流控芯片可以用于生物样品的运输、浓缩以及获得有效的太赫兹生物传感和光谱; Toshihiko 等开发了一种新型的太赫兹化学显微镜(TCM)并对液体通道中不同浓度的化学样品进行成像^[10]。因此,把太赫兹波与微流控技术相结合,将会进一步推动对液态样品的检测。

水对太赫兹吸收主要由内部的氢键引起^[11],在以前的研究中,通过对液体环境加热、加电场、加磁场、激光激励以及加入特定电解质等方法来改水分子间的氢键。本文利用夹心式太赫兹微流控芯片并在其中注入不同的电解质溶液来改变水分子间的氢键,不仅减小了太赫兹波与水溶液的作用距离,而且也研究了电解质对水溶液中氢键的影响。

1 实验部分

1.1 系统

实验系统如图 1 所示,该系统使用的是北京大学自主研发与定制自锁模光纤飞秒激光器(中心波长为 1 550 nm,脉冲宽度为 75 fs,脉冲重复频率为 100 MHz,脉冲功率为 130 mW);输出的激光经偏振分光棱镜被分为两束,一束作为泵浦路经机械平移台被耦合进光纤式光电导天线(BATOP 公司 bPCA-100-05-10-1550-c-f),用于产生太赫兹波;另一路作为探测路被耦合进光纤式光电导天线(BATOP 公司 bPCA-180-05-10-1550-c-f),用来探测太赫兹波。将制作好的夹心式微流控芯片置于两天线的中间^[12],太赫兹发射天线产生太赫兹波透过充满液体样品的芯片后携带样品信息由探测天线接收并输入锁相放大器放大,然后利用计算机进行数据采集和处理。

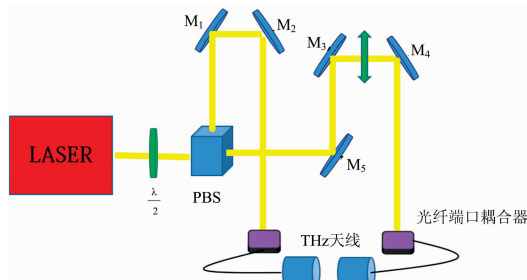


图 1 实验系统光路图
Fig. 1 Experiment system

1.2 在太赫兹微流控芯片中注入不同种类以及不同浓度的电解质

目前微流控技术已经被广泛应用于生物领域,并且不断地与太赫兹技术相结合。例如, George 等利用 Zeonor 1020r 设计制作出微流控芯片^[13],并利用其在 0.5~2.5 THz 频率范围内研究了牛血清白蛋白的透射光谱。中国科学院重庆绿色智能研究所则设计了一种由玻璃和硅分别作为基片和盖片的微流控芯片,并利用该芯片得到了 λ-DNA 分子的太赫兹透射谱。2017 年首都师范大学范宁等利用 Zeonor 1420r-PDMS-Zeonor 1420r 制作了夹心式微流控芯片,在 0.2~2.6

THz 范围内对不同浓度配比的 1,2-丙二醇的透过率进行研究,能够清晰地将不同浓度的 1,2-丙二醇分辨出来^[12]。

本文通过研究不同种类以及不同浓度的电解质溶液来探究电解质对水分子间氢键的影响,从而为减少水对太赫兹的吸收提供了有效的方法。实验中所采用的是夹心式太赫兹微流控芯片(Zeonor1420r-PDMS-Zeonor1420r),其中 Zeonor1420r 为环烯烃共聚物,它在太赫兹频率范围内无明显吸收且透过率达到 95% 以上,因此利用其作为基片和盖片;沟道夹层采用的是聚二甲硅氧烷(Polydimethylsiloxane, PDMS),通过控制 PDMS 膜的厚度来控制夹层的厚度,这样可以有效地减少水与太赫兹波的作用距离。另外,PDMS 膜具有较强的粘性,有助于芯片的键合。夹心式太赫兹微流控芯片的制作流程如图 2 所示。

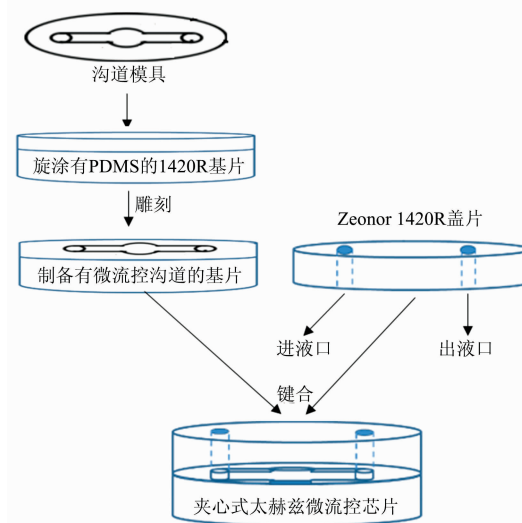


图 2 夹心式太赫兹微流控芯片制作流程图
Fig. 2 Sandwich terahertz microfluidic chip production flow chart

1.2.1 KCl 与 KBr 溶液的太赫兹光谱

为了探究电解质对水分子间氢键的破坏作用,分别选取了不同浓度的 KCl 和 KBr 溶液进行研究。首先在芯片中分别注入去离子水以及 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 和 4.0 mol · L⁻¹ 的 KCl 及 KBr 溶液,然后利用自主搭建的太赫兹时域光谱仪进行测试,得到其时域光谱,再经傅里叶变换得到其频谱信息,最后将各溶液的频谱信息与去离子水进行比较。实验结果分别如图 3 和图 4 所示,通过观察各自的频谱强度发现随着 KCl 和 KBr 溶液的浓度增加,频谱强度在逐渐增大,并且 KBr 溶液增加的幅度较 KCl 溶液要大。由于水对太赫兹的吸收主要是由于水分子间的氢键造成的,因此可以初步认为 KCl 及 KBr 溶液都会不同程度地对水分子间氢键造成一定的破坏,从而使得太赫兹频谱强度增加。

为了进一步探究 KCl 及 KBr 溶液对太赫兹频谱强度影响,分别比较了 1.0, 2.0, 3.0 和 4.0 mol · L⁻¹ 的 KCl 及 KBr 溶液的频谱强度,如图 5 所示,从图中发现,在相同浓度下 KBr 溶于水分子间氢键的破坏作用大于 KCl。并且随着浓度增加这种破坏效果呈上升趋势。由于 KCl 和 KBr 只阴离

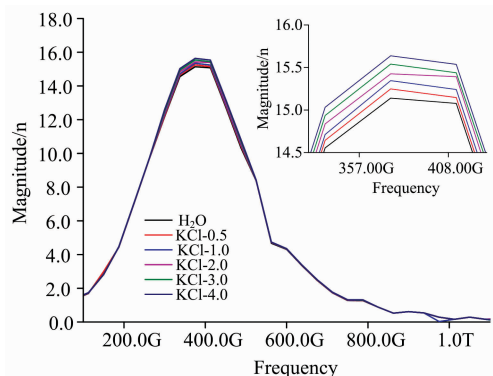


图 3 不同摩尔浓度的 KCl 溶液的频谱图

Fig. 3 Spectrogram of potassium chloride solution with different concentrations

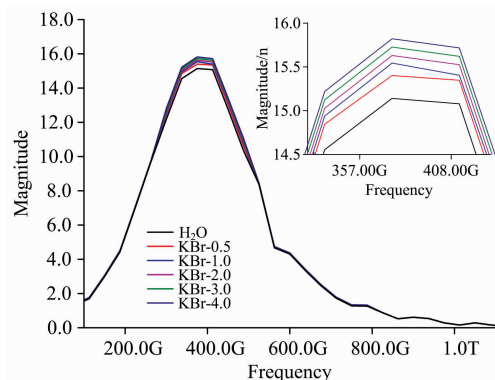


图 4 不同摩尔浓度的 KBr 溶液的频谱图

Fig. 4 Spectrogram of potassium bromide solution with different concentrations

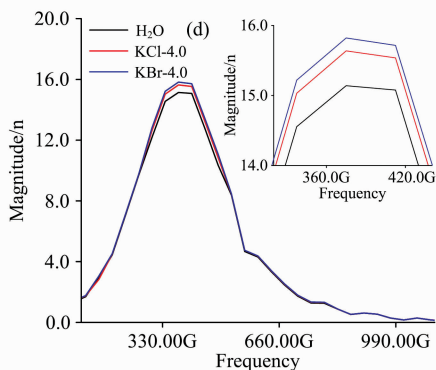
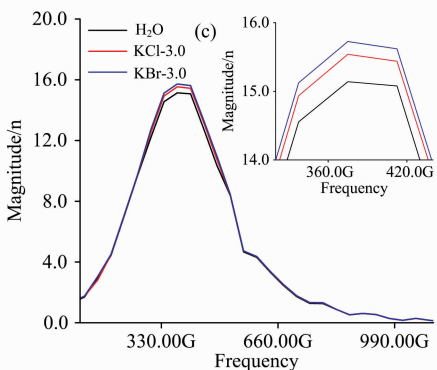
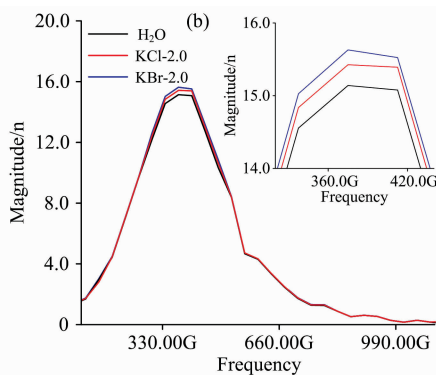
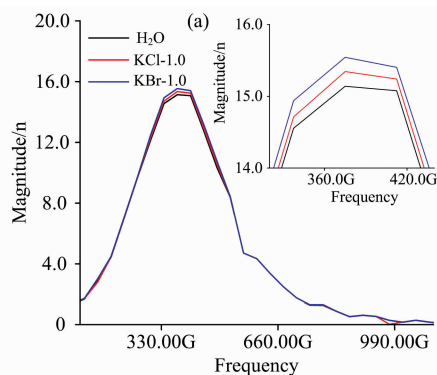


图 5 相同浓度 KCl 与 KBr 溶液频谱图

(a), (b), (c), (d) 分别为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mol · L⁻¹ 的 KCl 和 KBr 溶液频谱图

Fig. 5 Spectrogram of potassium chloride and potassium bromide solution with same concentrations

(a), (b), (c) and (d) show 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mol · L⁻¹ spectrogram of potassium chloride and potassium bromide solution

子不同, 因此可以初步判断 Br⁻ 对水分子间氢键的破坏作用大于 Cl⁻。

1.2.2 MgCl₂ 与 CaCl₂ 溶液的太赫兹光谱

为了进一步探究电解质对水分子间氢键的缔合作用, 在芯片中分别加入不同浓度的 MgCl₂ 和 CaCl₂。得到了去离子水和 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 和 4.0 mol · L⁻¹ 的 MgCl₂ 和 CaCl₂ 溶液的太赫兹频域光谱, 如图 6 和图 7 所示, 从图中可以看到在 0.1~1.0 THz 频谱范围内, 随着二者溶液浓度的升高, 频谱强度逐渐下降, 可以初步认为随着 MgCl₂ 和 CaCl₂ 的加

入, 水分子间的氢键增强, 从而对太赫兹波的吸收增强。

另外, 进一步探究 MgCl₂ 及 CaCl₂ 溶液对太赫兹频谱强度影响大小, 分别比较了 1.0, 2.0, 3.0 和 4.0 mol · L⁻¹ 的 MgCl₂ 及 CaCl₂ 溶液的频谱强度, 如图 7 所示, 从图中可以发现, 在相同浓度下 CaCl₂ 对于水分子间氢键的缔合作用大于 MgCl₂。并且随着浓度增加这种缔合效果会呈上升趋势。由于 MgCl₂ 及 CaCl₂ 具有相同的阴离子, 因此对于水分子间氢键的缔合效果取决于所对应的金属阳离子。由于 CaCl₂ 的缔合效果大于 MgCl₂, 则可以认为 Ca²⁺ 对水分子间氢键的缔合

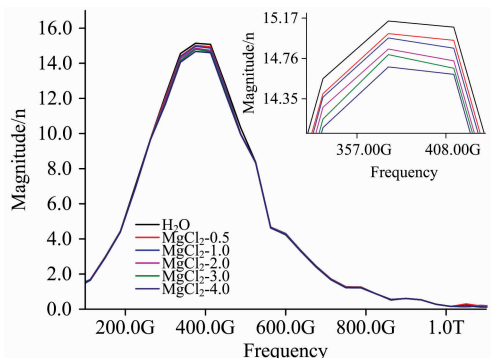


图 6 不同浓度 MgCl₂ 溶液的频谱图

Fig. 6 Spectrogram of magnesium chloride solution with different concentrations

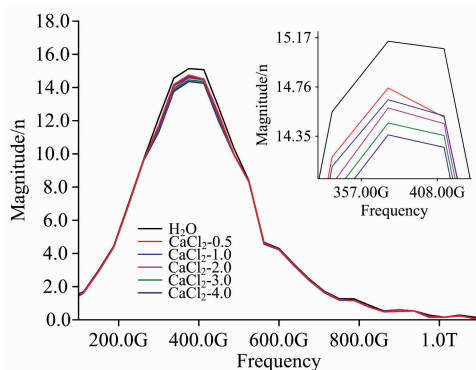


图 7 不同浓度 CaCl₂ 溶液频谱图

Fig. 7 Spectrogram of calcium chloride solution with different concentrations

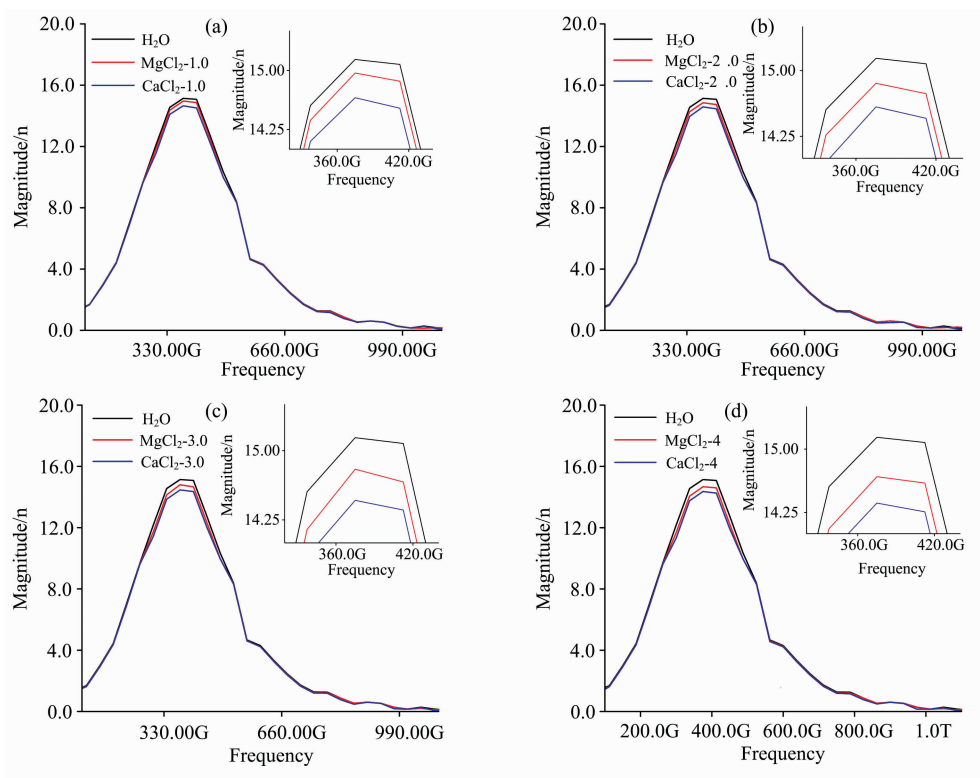


图 8 相同浓度 MgCl₂ 和 CaCl₂ 溶液的频谱图

(a), (b), (c), (d) 分别为 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mol · L⁻¹ 的 CaCl₂ 和 MgCl₂ 溶液的大赫兹频谱图

Fig. 8 Spectrogram of magnesium chloride and calcium chloride solution with same concentrations

(a), (b), (c) and (d) show 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mol · L⁻¹ spectrogram of magnesium chloride and calcium chloride solution

效果大于 Mg²⁺。

2 结果与讨论

水是自然界的生命之源，对于水分子结构的研究一直是各个领域研究者所关注的重点。由于水分子间氢键的作用，它可以形成不同团簇的水结构。如：独立存在的自由水分子、带一个到四个氢键的水分子等。研究者发现温度、压力、水中的溶解物是影响水分子间氢键的常见因素。例如，升高

温度，水分子间氢键会遭到破坏；在水中加入某些电解质也会水分子结构产生影响。

Kitadai^[14] 等根据离子对水结构的影响，将离子分为两类，一类促进水分子团簇，一类破坏水分子团簇。并且将离子对水结构的影响与离子粘度系数 B_η 联系起来

$$\eta/\eta_0 = 1 + Ac^{1/2} + B_\eta c + Dc^2$$

其中 η 和 η_0 分别为电解质溶液与纯水的粘度， c 是溶液的浓度， A 为溶液中溶质间相互作用因子，因此相互作用较弱， A 值很小可忽略。 B_η 为电解质的粘度系数。 D 值与溶液中溶

质与溶质、溶质与溶剂相关,可忽略。因此可以通过测定溶液与纯水的粘度来计算电解质的粘度系数。通常情况下破坏水分子缔合的电解质粘度系数小于 0,促进水分子缔合的粘度系数大于 0^[15]。

表 1 中通过离子粘度系数比较可以得到 K⁺, Cl⁻ 和 Br⁻ 粘度系数小于零,而 Mg²⁺ 和 Ca²⁺ 粘度系数大于零,从而分析得到 KCl 和 KBr 对水分子缔合有破坏作用,而 MgCl₂ 和 CaCl₂ 对水分子有缔合作用。在太赫兹光谱上表现为吸收减弱或增强。

表 1 部分离子在室温下的粘度系数 B_η 和核磁共振系数 B_{NMR} 值^[16]

Table 1 Viscosity coefficient B_η and nuclear magnetic resonance coefficient B_{NMR} of partial ions at room temperature

离子	半径/pm	B_η	¹ H B_{NMR}	¹⁷ O B_{NMR}	K/C
Li ⁺	69	0.146	0.14	0.120	K
Na ⁺	102	0.085	0.06	0.053	K/C
K ⁺	138	-0.009	-0.01	-0.017	C
Mg ²⁺	72	0.284	0.50		K
Ca ²⁺	100	0.385	0.27		K
Fe ²⁺	78	0.412			K
Ba ²⁺	136	0.216	0.18		K
Cu ²⁺	73	0.376		0.052	K
Zn ²⁺	75	0.369		0.064	K
Al ³⁺	53	0.744		0.098	K
F ⁻	133	0.107	0.14	0.129	K
Cl ⁻	181	-0.005	-0.01	-0.017	K/C
Br ⁻	196	-0.033	-0.04	-0.026	C
I ⁻	220	-0.073	-0.08	-0.005	C
NO ₃ ⁻	179	-0.043	-0.05		C
ClO ₄ ⁻	250	-0.058	-0.085		C
CN ⁻	191	-0.024	-0.04		C

注: K 表示离子促进水分子间氢键的缔合, C 表示离子对水分子间氢键有破坏作用,而 K/C 表示离子对水分子间氢键影响较小。

由于 KCl 和 KBr 溶液中金属阳离子相同,则它们对于水分子团簇的影响主要是由于阴离子作用。蔡然^[17]等研究卤素离子对水分子间氢键拉曼光谱的影响大小依次得出 F⁻ < Cl⁻ < Br⁻ < I⁻, 与其离子半径大小相一致。因此可以得到对于卤素离子,离子半径越大对水分子间氢键影响越大。离子半径越大,原子核对核外电子的束缚能力越差,导致离子

易于水分子结合,从而破坏水分子间的缔合。Mähler^[18]在研究离子与水分子的相互作用后发现 K⁺, Cl⁻ 和 Br⁻ 具有负水合效应,主要表现为它们对水分子间的氢键具有破坏作用。这进一步证明氯化钾和溴化钾可以破坏水分子间氢键。

对于 MgCl₂ 和 CaCl₂ 溶液,其中既有破坏水分子缔合的 Cl⁻,又有促进水分子缔合的 Mg²⁺ 和 Ca²⁺。由于 Cl⁻ 粘度系数比 Mg²⁺ 和 Ca²⁺ 的粘度系数小,因此对外表现为促进水分子缔合。由于二者具有相同的阴离子,因此,对于水分子间氢键的影响主要是由于金属阳离子的作用。并且 Ca²⁺ 的粘度系数大于 Mg²⁺ 的粘度系数,则可以得到 Ca²⁺ 对水分子的缔合作用大于 Mg²⁺。与实验上利用太赫兹频谱得到结果相吻合。

电解质溶液对水分子间氢键的影响还可以用核磁共振系数表征,通过利用核磁共振研究水中常见离子对水缔合结构的影响。发现随着 MgCl₂ 和 CaCl₂ 在溶液中浓度的增加,可以使水的核磁共振位移增大,即二者均会促进水分子的缔合,但 CaCl₂ 的影响幅度要大于 MgCl₂。溶于水的 MgCl₂ 和 CaCl₂ 在溶液中以离子形态存在,其中 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 会与水分子结合形成水合离子,改变原有的水分子结构,使得原有独立存在的水分子或者氢键较少的水分子形成更多的氢键,从而促进水分子缔合。由于 Ca²⁺ 对水分子的缔合作用大于 Mg²⁺,且二者属于同一主族,最外层电子数相同,有着相似的化学性质,对于水分子缔合作用影响大小,取决于二者的离子半径。因此可以初步认为,离子半径越大对水缔合的促进作用越大。

3 结 论

在 0.1~1.0 THz 范围内通过测试得到去离子水、KCl、KBr、MgCl₂ 以及 CaCl₂ 溶液的太赫兹光谱,并观察其光谱强度差异,发现 KCl 和 KBr 对水分子间氢键有破坏作用,且 KBr 对水分子间氢键的破坏作用大于 KCl。而 MgCl₂ 和 CaCl₂ 则对水分子间氢键的缔合有促进作用,并且 CaCl₂ 的促进作用大于 MgCl₂。

通过在水中加入不同电解质的太赫兹光谱研究,得到了减少水对太赫兹吸收的方法,并且大多数蛋白质以及 DNA 样品需要在缓冲液中研究其样品特性,而绝大多数缓冲液为盐溶液,因此利用太赫兹光谱研究电解质对水分子结构的影响变得尤为重要。本研究为未来用太赫兹波在生化领域的进一步应用打下良好的基础。

References

- [1] Gallerano G P, Doria A, Giovenale E, et al. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 2014, 35(1): 17.
- [2] WU Ying, SU Bo, FAN Ning, et al(吴英,苏波,范宁,等). Acta Photonica Sinica(光子学报), 2016, 45(7): 0730003.
- [3] Bennett D B, Taylor P, Tewari P, et al. Journal of Biomedical Optics, 2012, 17(9): 97008.
- [4] Shiraga K, Ogawa Y, Kondo N, et al. Food Chem., 2013, 140(1-2): 315.
- [5] YANG Jing-qi, LI Shao-xian, ZHAO Hong-wei, et al(杨静琪,李绍限,赵红卫,等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2014, 63(13): 1332031.
- [6] Globus T, Aaron Moyer, Gelmont B, et al. Proc. SPIE, 2013, 8716: 87160.
- [7] YANG Chen, TIAN Lu, ZHAO Kun(杨晨,田璐,赵昆). Acta Photonica Sinica(光子学报), 2012, 41(5): 627.

- [8] Victoria A, Kimberly S, Reichel, et al. *Applied Physics Letters*, 2012, 100(23): 154104.
- [9] Tang Q, Liang M, Lu Y, et al. *Sensors*, 2016, 16(4): 476.
- [10] Toshihiko K, Shohei O, Junichi K, et al. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2007, 46(44): L1052.
- [11] Cox J A, Fritz B S, Nusseibeh F. *United States Patent*, 2015, US8981, 296B2.
- [12] FAN Ning, SU Bo, WU Ya-xiong, et al(范 宁, 苏 波, 武亚雄, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2018, 38(5): 1362.
- [13] George P A, Hui W, Rana F, et al. *Optics Express*, 2008, 16(3): 1577.
- [14] Kitadai N, Sawai T, Tonoue R, et al. *Journal of Solution Chemistry*, 2014, 43(6): 1055.
- [15] Jayamadhuri N, Glory J, Naidu P S, et al. *Research Journal of Pharmaceutical Biological & Chemical Sciences*, 2012, 3(2): 861.
- [16] WANG Wen-hua, ZHAO Lin, YAN Bo(王文华, 赵 林, 阎 波). *Chemistry Bulletin(化学通报)*, 2010, 73(6): 491.
- [17] CAI Ran, YANG Hong-wei, HE Jin-song, et al(蔡 然, 杨宏伟, 和劲松, 等). *Environmental Protection of Chemical Industry(化工环保)*, 2010, 30(6): 492.
- [18] Mähler J, Persson I. *Inorganic Chemistry*, 2012, 51(1): 425.

Terahertz Absorption Properties of Electrolyte Solutions Based on Microfluidic Chip

WU Ya-xiong, SU Bo*, HE Jing-suo, ZHANG Cun-lin

Key Laboratory of Terahertz Optoelectronics, Ministry of Education; Beijing Key Laboratory for Terahertz Spectroscopy and Imaging; Beijing Advanced Innovation Center for Imaging Technology, Department of Physics, Capital Normal University, Beijing 100048, China

Abstract As the vibration and rotational energy levels of many biological molecules fall in the terahertz band, which has the characteristics of low electron energy (about 4meV) and not destroying the samples, terahertz wave can be used to detect biological samples. Many biological molecules need to keep their bioactivity in the liquid environment, to explore the influences of acid and alkali environment in the salt solution, and to study their biological characteristics in the salt buffer solution. However, water as a polar liquid has strong absorption of terahertz wave, so it is necessary to explore how to reduce the absorption of terahertz wave by water, which is mainly caused by hydrogen bonds between water molecules. At present, the most common method is to reduce the distance between water and the terahertz wave and to destroy the hydrogen bonds between the water molecules. In this paper, by the aid of the terahertz time-domain spectroscopy system, the influences of different kinds and different concentrations of electrolyte on the hydrogen bond between water molecules are investigated by observing the change of spectral intensity in the range of 0.1~1.0 THz by using a sandwich microfluidic chip, which can not only reduce the distance between water and the terahertz wave, but also explore the influences of electrolyte on hydrogen bonds between water molecules. The specific performances are that some electrolytes can promote the association of hydrogen bonds, while the other destroy the formation of hydrogen bonds between water molecules, and this can be shown by the intensity of the spectra. If the association of hydrogen bonds between water molecules is promoted, terahertz absorption will increase and spectral intensity will decrease, and if the association is destroyed, terahertz absorption will decrease and spectral intensity will increase. The research results show that the strength of the terahertz spectrum increases when potassium chloride and potassium bromide are injected into the water, which indicates that they can destroy the hydrogen bonds and make the spectral intensity become larger. However, when magnesium chloride and calcium chloride are injected, the intensity of the terahertz spectrum is weakened. This indicates that they have an associative effect on hydrogen bonds, which makes the spectral intensity smaller. By using terahertz technology in the range of 0.1 to 1.0 THz to study the characteristics of potassium chloride, potassium bromide, magnesium chloride and calcium chloride-electrolyte solutions with different concentration, it is found that these electrolytes can only affect the spectral intensity, and do not introduce new characteristic absorption peaks and cause interference to the sample. This has some practical value for the study of biological molecules such as *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* etc., which have characteristic absorption spectra in the range of 0.1~1.0 THz. With the help of microfluidic chip, injecting the required electrolyte in the solution can not only identify the samples to be measured, study the spectral information of the samples, and explore its biological characteristics, but also provide a prerequisite for further promoting the application of the terahertz technology in biochemistry.

Keywords Terahertz; Microfluidics; Chip; Electrolyte; Hydrogen bond

* Corresponding author