

# FIR CENTER SEMINAR

## “多重極限テラヘルツ ESR の開発と その応用”

講師：太田 仁

(神戸大学分子フォトサイエンス研  
究センター 名誉教授,  
福井大学遠赤外領域開発研究センタ  
ー 客員教授)

日時：2024年12月3日(火) 14:45-16:15

場所：遠赤外領域開発研究センター  
5階コロキウム室

### 講演概要：

物理では、磁性体を中心に、(1)のみならず、反強磁性秩序に伴う反強磁性ギャップや、 $S > 1/2$  の遷移金属イオンでゼロ磁場分裂をもつ共鳴も扱うので、化学系の EPR より広い意味合いで、ESR と呼ぶ。この反強磁性ギャップやゼロ磁場分裂の観測、磁気相転移を伴う磁性体の高磁場相の観測に、我々が開発した多重極限 多周波数強磁場 THz ESR 測定装置が力を発揮する[1]。また、他の測定による決定が困難な Dzyaloshinskii-Moriya (DM)相互作用の決定にも THz ESR は、力を発揮する[2]。

我々が開発した多重極限 THz ESR 測定装置は、0.04~1.2 THz を準連続的にガン発振器、逡倍器、後進行波管(BWO)で、その後 3 THz までを遠赤外レーザーでカバーする。基本的な透過測定には、He 冷却した InSb 検出器を用いる。磁場は、目的に応じて、15 T ミニパルス磁場、55 T パルス磁場、10 T と 15 T 超伝導

磁石を用いる。特に、15 T ミニパルス磁場は、10msec の計測時間で、5 分の冷却後、次の周波数の測定が可能なので、超伝導磁石に比べ、多周波数 THz ESR 測定の実効率が非常に高くなっている。この有機系への応用例では、(DI-TCNQ)<sub>2</sub>Ag の反強磁性共鳴(AFMR)の測定がある[3]。また、Fe<sup>3+</sup>イオンを持つ Hemin の 15 T ミニパルス磁場を用いた多周波数 THz ESR 測定による、400 GHz 分裂の決定は、その威力を存分に示している[4]。

ただ、Hemin のように大量の試料を透過測定に利用できる場合は、上記の測定でいいが、微量または微小試料の THz ESR 測定のために開発されたのが、機械検出 THz ESR 装置である。この開発は、2006 年から始まり、マイクロカンチレバーを用いて、1 THz 以上の ESR 測定に成功した[5]。その後、厚さ 100 nm のナノ膜に移行して X バンド ESR と同等の感度を達成し、8.8 mM, 10 μL ミオグロビン溶液の THz ESR 測定にも成功した[6]。

最後に、応用が期待される高圧 THz ESR 装置について触れたい。この開発は、1999 年からスタートしたが、現在定常磁場下で 2.5 GPa を発生できる透過型ハイブリット圧力セルを用いた高圧 THz ESR に到達している[7]。この圧力セルは、神戸の超伝導磁石はもとより、東北大金研強磁場の 25 T 無冷媒超電伝導磁石でも測定できる[8]。この圧力セルを用いた高圧 THz ESR の成果を紹介したい[1]。

#### 文献

- 1) Appl. Mag. Res. **52** (2021) 267, 283, 411, 523, in Special Topics "THz spectroscopy"
- 2) H. Ohta, J. Phys. Soc Jpn. **92** (2023) 081003, in Special Topics " DM Interaction"
- 3) T. Sakurai et al., J. Phys. Soc. Jpn. **70**(6) (2001) 1794
- 4) T. Okamoto et al., J. Phys. Soc. Jpn. **87** (2018) 013702
- 5) H. Takahashi et al., Appl. Phys. Lett. **107** (2015) 182405
- 6) T. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. **113** (2018) 223702
- 7) T. Sakurai et al., J. Mag. Res. **259** (2015) 108
- 8) T. Sakurai et al. J. Mag. Res. **296** (2018) 1

主催：遠赤外領域開発研究センター

世話教員：藤井 裕 (2720)  
光藤 誠太郎 (2727)