

## トラップ型気相移動度測定装置による グラフェン量子ドットの高分解能移動度測定

東邦大院理

○星野裕大, 内山史章, 菅井俊樹

### High-resolution mobility measurement on graphene quantum dots using ion trap ion mobility measurement system.

○Yudai Hoshino, Fumiaki Uchiyama, and Toshiki Sugai

Department of Chemistry, Toho University, Miyama 2-2-1 Funabashi, 274-8510, Japan

**【Abstract】** Graphene quantum dots (GQD) are nanometer-size graphene fragments, which have high potential to be applied in a wide range of fields with their unique photoluminescence (PL) properties and so on. However, even their structure has not been fully understood let alone the PL mechanism. We have been developing an ion trap ion mobility measurement system to study the structural and optical properties of nanomaterials such as GQD. However the resolution of the system is too low to clarify the structural detail of GQD and correlation between the structures and the optical properties. Here we present newly developed system to improve the resolution and to get more optical information.

**【序】** グラフェン量子ドット(GQD)は一層のグラフェンシート片で構成され、蛍光特性などの特異的な特性を持つ直径 20 nm 以下のナノ物質である。種々の特性から応用が期待される分野は多岐にわたるが、蛍光メカニズムどころか構造でさえ、未だ解明されていない。GQD は一般的なナノ物質と同様に構造均一性がなく、従来の電子顕微鏡等を用いた集団的測定では、その構造と特性の詳細な相関は解析不可能なためである。これまで本研究室ではトラップ型気相移動度測定装置を開発し、GQD の単一粒子測定を行ってきた[1]。しかし、装置の分解能の低さと、分光学的情報の少なさから構造と特性の相関を完全に解明するには至らなかった。今回、装置を改良し、分光学的情報を得ることと、イオン移動距離を増大することにより、これらの問題の解決を試みた。

**【方法】** Fig. 1 に今回開発した測定システムを示す。イオン化(YAG:266 nm)および観測用レーザー(半導体レーザー:405, 450, 532, 650 nm)、金属試料棒、レーザー窓、ガス導入導出管、試料をトラップする銅製の Stacked Ring Ion Guide (SRIG), 従来の 30 倍程度の長距離移動を可能にするス

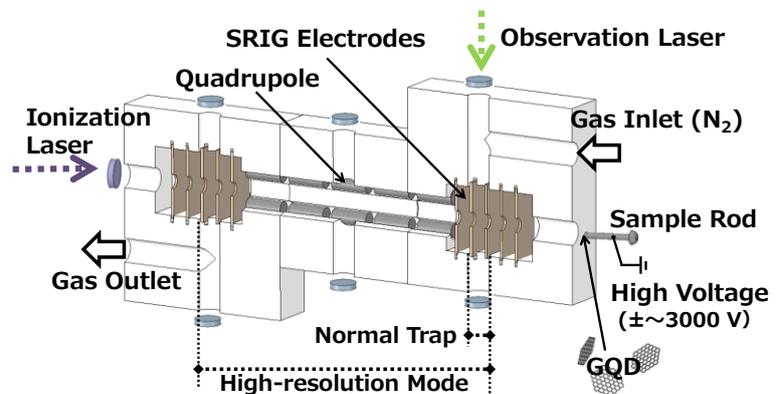


Fig. 1. Schematic View of High-resolution Ion Trap Ion Mobility with Optical Measurement System.

テンレス製四重極イオントラップ電極を内蔵するセルで構成される。なお、このセルは組み立て式となっており、移動距離は自在に変化させることが可能である。さらに分光情報を得るための、光学フィルター付き画像観測カメラおよび観測用レーザー移動システムも組み込まれている。このシステムの金属試料棒に本研究室で生成したGQDおよび蛍光色素を含む平均直径46 nmのポリスチレン粒子(F-X005:Estapor)を塗布し、大気圧中の窒素下で高電圧支援レーザー脱離イオン化(HALDI)法を用いてイオン化した。イオン化された試料はトラップ用高周波高電圧RF(1.6 kVpp, 50 kHz)と移動度用低周波低電圧LF(5 V, ~1.5 Hz)が印加されたSRIG電極に導入、3mmの電極間を往復運動させ移動度測定をカメラで記録した。さらなる高分解能測定は、RF(1.6 kVpp, 50 kHz)とLF(30 V, ~1.5 Hz)が印加された四重極に試料イオンを通過させ、両端のSRIG電極を行き来させることで長距離移動度測定を行った。

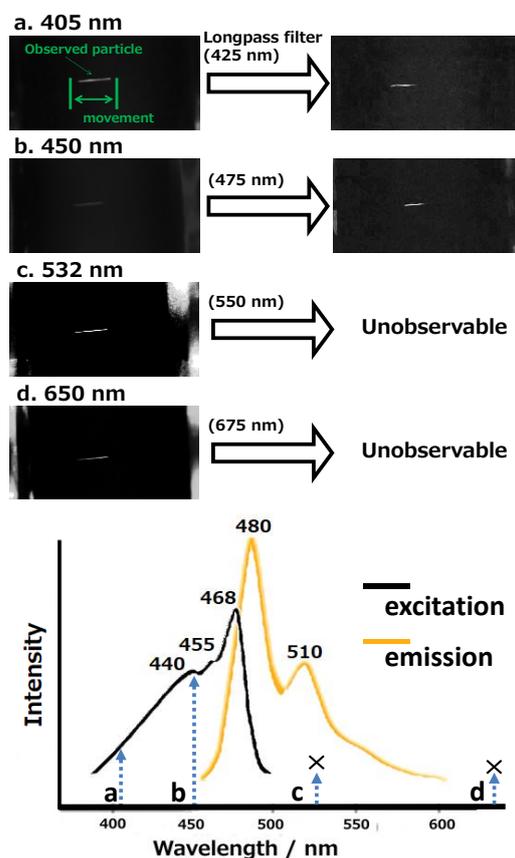
これらのシステムでナノ試料をトラップしながら、装置上部から照射される観測用レーザーにより、試料の大気圧ガス中運動を観測することで、移動度測定した。さらにトラップされた単一粒子から発生する蛍光をロングパスフィルターの交換とレーザー移動システムによる励起レーザー交換により、単一粒子の簡易的励起蛍光スペクトルを測定した。

**【結果・考察】** 図2に単一蛍光ポリスチレン粒子の、励起蛍光スペクトルの結果と、メーカー提供の励起および蛍光スペクトルを示す。色素を励起できる405および450 nmのレーザーからは励起光よりも波長が長いそれぞれ425および475 nmのロングパスフィルターを通過する蛍光が観測された。しかし、色素を励起できない532および650 nmのレーザーからは蛍光は観測されなかった。同時に観測された移動度測定から単一粒子と確認できたため、50nm程度の単一ナノ粒子の励起蛍光スペクトルが観測できることが明らかになった。現在この手法をGQDに適用し、構造と蛍光の相関を調査中である。

従来の移動度測定では3mmの電極間の移動にとどまっていたが、今回は83mmの移動に成功した。移動度分解能は、用いる電場が一定の場合、距離Lの平方根に比例することがわかっている[2]。従って、今回の移動距離増大により5~10倍程度の分解能向上が実現できる見込みが立った。今後、本装置によるGQDの解析により、これらの特性解明への重要な手掛かりを得ることが可能と考えられる。

### 【参考文献】

- [1] 星野他, 第11回分子科学討論会, 2C04, 4P052(2017).  
 [2] T. Sugai *et al.* *J. Mass. Spectrom. Soc. Jpn.* **58**, 47 (2010).



**Fig. 2.** Observed Emission of Polystyrene by Developed System and Excitation and Emission Spectra of Polystyrene.