

高分解能トラップ型気相移動度システムの開発

東邦大院理

星野裕大, 寺田夏樹, 内山史章, 宮本莉央奈, ○菅井俊樹

Development of high-resolution ion trap ion mobility measurement system

Yudai Hoshino, Natsuki Terada, Fumiaki Uchiyama, Reona Miyamoto, ○Toshiki Sugai
Department of Chemistry, Toho University, Japan

【Abstract】 Ion mobility spectrometry (IMS) have been utilized to reveal novel structures on nano materials. To enhance the capability of IMS, we have been developing an ion trap ion mobility measurement system (ITIMS) achieving long-term observation of nanomaterials up to 7 hours. However the structural resolution of our ITIMS is limited because the number of traps and the distance of the ion movement are restricted to be 2 and 3 mm, respectively. The lack of information on the optical properties on the sample is also crucial. To have more information with ITIMS, here we present newly developed system to improve the resolution and to get more optical information. The system consists of many ion traps with stacked ion rings and quadrupole ion traps, and excitation and emission measurement system with long-pass optical filters and excitation laser exchange system.

【序】

気相移動度測定(IMS)は、バッファーガス中のイオンの静電場下での運動を測定することで、イオンとガス分子との衝突断面積という構造に直結する情報が得られることが特徴である[1]。これまでに我々は、トラップ型 IMS を開発し、従来不可能であったイオンのガス中拡散を抑制し、グラフェン量子ドットを初めとする 10 nm 級のナノ物質を高感度単分子測定することに、そして数時間にわたる長時間測定することに成功してきた[2]。しかし、移動度測定を行うトラップが二つしか存在しないため、移動距離が 3 mm に限られ、構造分解能がナノ物質の詳細な構造解析を行うには不足していた。さらに、画像としての軌跡のみ測定していたため、ナノ物質の分光学的情報も得られていなかった。今回これらの問題を解決するために、多数のトラップを接続し、連動させることで従来の 30 倍近い長距離移動に成功し、従来の 10 倍程度の高分解能測定を実現できる可能性を得た。さらに、励起蛍光スペクトル測定を行うことにより、ナノ粒子の蛍光分光に成功した。

【方法 (実験・理論)】

Fig. 1 に測定システムを示す。左右に 4 枚の積層リング型イオントラップ(SRIG)と中央部分に複数の四重極イオントラップ(QUAD)を持ち、計 10 個程度のトラップが組み合わされている。それぞれの電極に 50 kHz, 2 kVpp 程度の高周波電場(RF)を印加しイオンをトラップした。さらに、これら複数のトラップ間を移動させ、移動度測定を行うために各トラップ間に数~数十 V、0.1~10 Hz 程度の低周波電場(LF)を印加し、左右の SRIG 間の移動を繰り返し、長距離移動 ITIMS 測定を実現した。移動距離は 83 mm と従来の 3mm に比べ 30 倍程度の移動を実現した。さらに観測用レーザーとして 405~650 nm の波長を持つ半導体レーザーを複数備え、これらを交換できるシステムも持つ。単独ナノ粒子をトラップしながら、励起レーザーを交換することで、励起波長を変化させ、観測カメラに光学フィルターを備えることで、簡易的ではあるが、励

起蛍光スペクトル観測も可能になった。

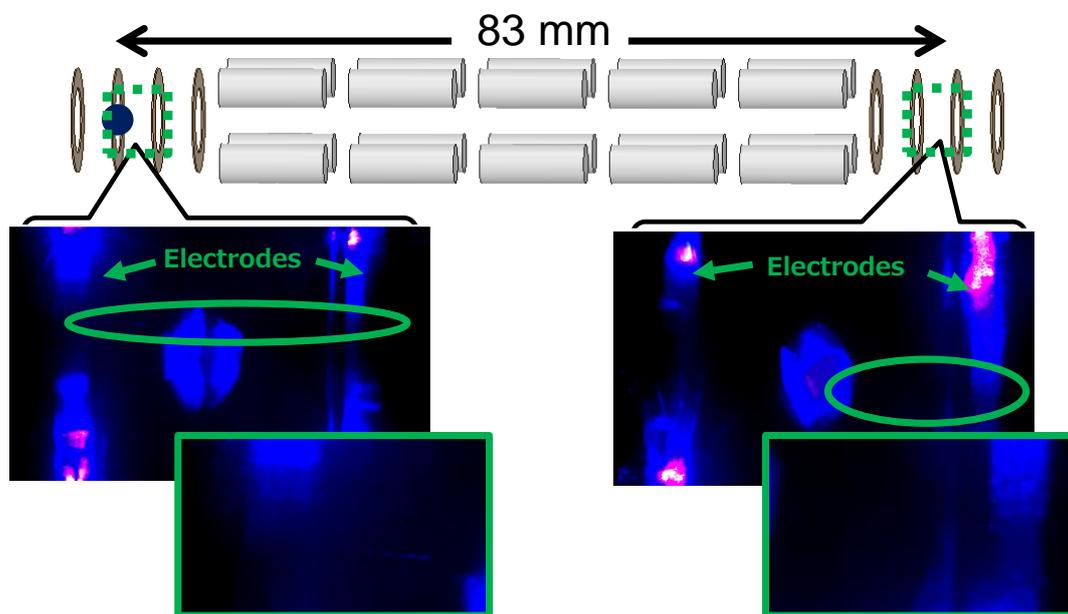


Fig. 1 Multi-channel Ion Trap Ion Mobility System and Long-distance Movement of GQD

【結果・考察】

従来のシステムは電極間距離 3 mm の SRIG 電極間のみを移動していたため、Fig.1 に示しているように移動度測定のためのイオン移動距離は 3 mm に限られていた。今回開発したシステムは、SRIG に加え QUAD を持つため、効率よく移動距離を伸ばすことが出来た。各 QUAD に 30~50 V の電位差を与えることで、移動度全体のシステムとして電位差 200 V 程度、移動距離 80 mm 程度の、大気圧下で動作する移動度システムとしても、標準的な測定条件を実現した。移動度分解能は使用する電場が一定の場合、移動距離 L の平方根 \sqrt{L} に比例することがわかっている[1]。このため今回の長距離下に伴い数倍の高分解能化がはかれる。さらに、試料として蛍光ポリスチレン粒子をトラップ後、同一粒子に励起レーザーを変化させて照射し、さらにその粒子から発生する蛍光をロングパス光学フィルターに通過させて観測した。励起光に依存した傾向を観測することが出来、励起蛍光スペクトルなど分光測定も可能になった。

現在高分解能化に関し、繰り返し測定数を向上させることでさらなる分解能化に取り組んでいる。討論会ではグラフェン量子ドットなどのナノ物質の構造解析、および光学特性を討論する予定である。

【参考文献】

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