

グラフェン共振センサによる飛沫中のインフルエンザウイルスの検出

Detection of Influenza virus in droplet using graphene-based resonant sensor

豊橋技術科学大¹, 東洋大², 東京医科歯科大³ [○](M1)新野 謙¹, Amirun Ammar Bin Kusaini¹, 上坂 淳平¹, 古澤

絵里子¹, 崔 容俊¹, 合田 達郎², 宮原 裕司³ 野田 俊彦¹, 澤田 和明¹, 高橋 一浩¹

Toyohashi Univ of Technology¹, Toyo Univ², Tokyo Medical and Dental Univ³, [○]Ken Arano¹, Amirun Ammar Bin

Kusaini¹, Junpei Uesaka¹, Eriko Furusawa¹, Yong-Joon Choi¹, Tatsuro Goda², Yuji Miyahara³, Toshihiko Noda¹, Kazuaki Sawada¹, Kazuhiro Takahashi¹

E-mail: arano.ken.hg@tut.jp

1.はじめに

近年、季節性インフルエンザやCOVID-19など感染症が世界中で問題となっており、感染初期での診断が感染拡大を防ぐために重要とされている。そのため、携帯性と高感度なセンサが求められている。小型かつ高感度化が期待されているバイオセンサ技術としてMEMSを用いて可動膜の固有振動数の変化から質量を検出する共振センサ^(1,2)がある。可動膜を薄膜化することで高感度化が可能であるため、二次元材料であるグラフェンを用いることでセンサの感度を向上することができる。そこで本研究では、架橋グラフェン上にレセプターを修飾し、高感度かつ選択的にウイルスを検出するMEMSバイオセンサを提案している⁽³⁾。このセンサは、架橋グラフェン下部のキャビティを封止した構造をもち、溶液処理に対してロバスト性を有するため、基板に固定されたグラフェンと同様の化学処理を行うことができる。そこで本研究では架橋グラフェン上にインフルエンザウイルスを特異的に吸着する糖鎖プローブを修飾し、空気中での飛沫中に含まれるウイルスを検出した結果について報告する。

2.共振周波数測定方法

本研究では架橋グラフェンの共振周波数の計測手法としてレーザー励起を使う振動計測法を用いた。プローブレザーとして波長 638 nm の CW レーザーを用い、加振レーザーには周波数変調をかけた波長 405 nm のレーザーを用いた。本方式では架橋グラフェンの固有振動数と同じ周波数で、レーザーを照射すると、架橋グラフェンが共振する。本センサは架橋グラフェンと基板との間に光干渉計が形成されているため、グラフェンが振動することで光干渉ピークが変動する。この状態でプローブレザーを照射すると共振周波数と一致した反射光強度の時間変化が得られるため、フォトディテクタ(PD)の出力をスペクトラムアナライザで測定する事で共振周波数を取得する。

3.共振周波数変化の測定結果

分子の選択的検出のため、インフルエンザウイルスを特異的に吸着するシアロ糖鎖を利用して質量測定を行った。グラフェン上に架橋剤として 50 μ M の 1-アミノピレンを修飾し、糖鎖プローブはポジティブコントロールとして 6'-sialyllactose、ネガティブコントロールとして 3'-sialyllactose を使用してそれぞれ 60 分間修飾し、純水で洗い流した。その後、非特異吸着を防ぐためブロッキング剤として 50 μ M のメトキシポリエチレングリコールピレンに 60 分間浸漬させ、PBS で洗浄後乾燥させた。最後に 1.6HAU のウイルスをスプレーにより修飾させ共振測定を行なった。Fig.2 に本研究で使用した SEM 画像を示す。直径 4 μ m 架橋グラフ

エンを用いて測定を行なった。Fig.3 は、ウイルス修飾前後での共振周波数の変化量を示している。ウイルス処理後では、ポジティブコントロールで、周波数が 700kHz 低下し、ネガティブコントロールでは、400kHz の周波数の低下が確認できた。ポジティブコントロールと比較すると約 300kHz の差が確認でき、6'-sialyllactose にインフルエンザが特異的に吸着していると示唆される。したがって、空気中でのインフルエンザウイルスの飛沫検出に成功した。

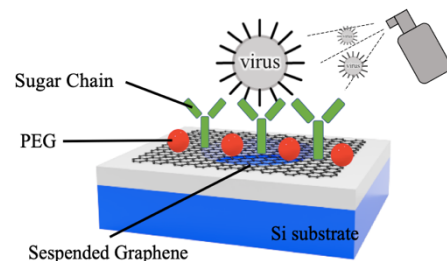


Fig.1 Schematic diagram of graphene-based resonant sensor with sugar chain.



Fig.2 SEM image of graphene resonant sensor.

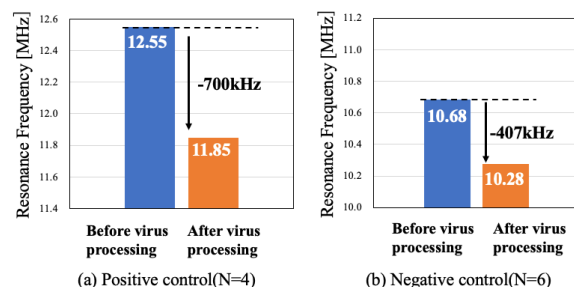


Fig.3 Changes in resonant frequency before and after virus treatment on sugar-functionalized graphene.

参考文献

- [1] K. S. Hwang, J.H. Lee, J. Park, D.S. Yoon, J.H. Park, and T.S. Kim, Lab Chip 4, 547 (2004).
- [2] K. K. Park, H. Lee, M. Kupnik, O. Oralkan, J.-P. Ramseyer, H. P. Lang, M. Hegner, C. Gerber, B.T. Khuri-Yakub, Sensors Actuators B Chem. 160, 1120 (2011).
- [3] S. Kidane, H. Ishida, K. Sawada, and K. Takahashi, Nanoscale Adv. 2, 1431 (2020).