

電子線堆積カーボン探針のヤング率とカーボン結合状態の関係性の評価

Relationship between Young's modulus and carbon bonding state of EBD carbon tips

金大院¹, 金大 WPI-NanoLSI²

○奥西 昂¹, 宮澤 佳甫^{1,2}, 古庄 公寿², 寺前 奎吾¹, 福岡 剛士^{1,2}

Kanazawa Univ.¹, WPI-NanoLSI, Kanazawa Univ.²,

○Subaru Okunishi¹, Keisuke Miyazawa^{1,2}, Hirotooshi Furusho², Keigo Teramae¹, Takeshi Fukuma^{1,2}

E-mail: subaru1208@stu.kanazawa-u.ac.jp

我々は、生細胞内部構造を直接可視化するナノ内視鏡 AFM という手法を開発している[1]。本手法では、直径 200 nm 以下のニードル探針を細胞内部に直接挿入し、探針が受ける相互作用力を 3 次元的に取得することで細胞内構造を可視化する。しかし、ニードル探針の機械的強度が弱い場合、計測中に探針が破損してしまう問題点があった。この問題を解決するために、我々は探針の機械的強度（ヤング率）を向上させることを検討している。これまでに、探針のヤング率 (E_Y) を直接計測する方法を確立し、電子線堆積法 (EBD) で作製したカーボン探針 (EBD 探針) の E_Y が探針作製時の加速電圧 (V_a) に依存して変化することを明らかにし、従来よりも高い E_Y の探針作製条件を得ることに成功した[2]。本研究では、 E_Y が V_a に依存して変化する詳細なメカニズムを探るために、電子エネルギー損失分光法 (TEM-EELS) を用いた解析を行った。

図 1a に示す通り、異なる V_a で EBD 探針を作製し、従来確立したヤング率計測手法 (図 1b) を用いて、各 EBD 探針の E_Y と V_a の関係性を計測した (図 1d・赤三角)。次に、TEM-EELS を用いて、各 EBD 探針のカーボンの結合状態を計測したところ、カーボンの π 結合と σ 結合を示す二つのピークが見られた (図 1c)。この計測結果から、 σ ピークと π ピークの強度の比 (σ/π) を計算し、 σ/π と V_a の関係性を示したグラフを図 1d (青丸) に示した。図 1d から、EBD 探針の E_Y と σ/π の V_a 依存性には直接的な相関性が見られ、カーボンの結合力の強い σ 結合が多い探針の方が E_Y は高くなることが明らかになった。この結果から、探針作製条件やカーボン材料を改良し、従来よりも σ 結合が多い EBD 探針を作製することで、探針の機械的強度を向上できる可能性が示された。本研究で得られた成果を基に、従来よりも機械的強度の高い EBD 探針が作製されることで、計測中に探針が破損しない安定なナノ内視鏡 AFM 計測が実現されることが期待される。

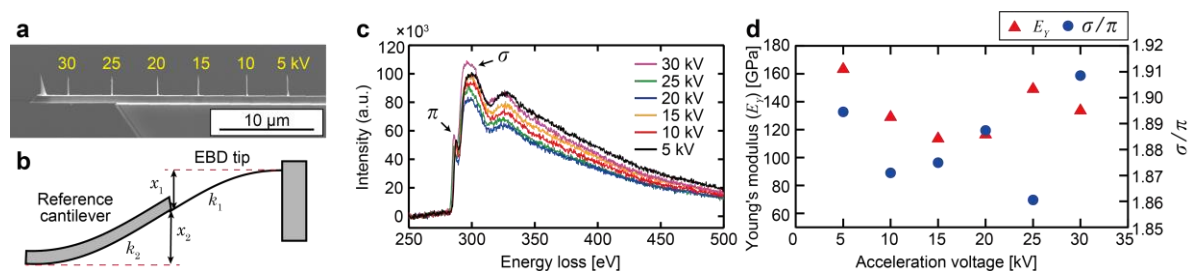


Fig. 1: (a) SEM image of EBD tips. (b) Illustration of Young's modulus measurement. (c) TEM-EELS measurements and (d) dependences of Young's Modulus and carbon bonding state of EBD tips.

[1] M. Penedo *et al*, *Sci. Adv.* 7 (2021) eabj4990, [2]奥西ほか、2022 年秋季応物講演会[20p-A205-10]