課題番号　2013A — C06

ロボットの人工筋肉を目指した積層型静電アクチュエータの開発

Development of stacked electrostatic actuators as artificial muscles

実吉　敬二[1)]　　伊藤　誠[1)]

Keiji SANEYOSHI　　Makoto ITO

[1)]東京工業大学

ギャップクロージング型静電アクチュエータの電極間を屈曲が容易なワイヤー構造で接続することにより、大きな発生力と収縮率を得ることができる。本研究では、ナノワイヤーの形成方法として単一粒子ナノ加工法を用いた静電アクチュエータ製法案、およびその課題について述べる。

キーワード：静電アクチュエータ、人工筋肉、高分子ナノワイヤー

１．目的

ロボットは現在の産業に不可欠な要素であり、今後も危険領域作業用ロボットやパワーアシストスーツ等の開発によりその活躍する領域がさらに拡大するものと期待されている。これら自立型のロボットを実現するためには人の筋肉のように軽量で省エネルギーかつ大発生力で大ストロークのアクチュエータの開発が不可欠である。このような特性を有するアクチュエータは未だに存在していないが、我々の提案するナノワイヤーを利用した静電アクチュエータはこれら全ての性質をもたせることができる。本報告では、静電アクチュエータ製作の前段階として実施したナノワイヤーの形成実験について述べる。

２．静電アクチュエータのコンセプト

静電アクチュエータは軽量で高エネルギー効率であり長いストロークをもたせることが比較的容易だが、従来のものは電極間距離を一定以上広がらないようにすることが難しく発生力の低下を招いていた。そこで我々はナノワイヤーで電極間を接続した構造のギャップクロージング型の静電アクチュエータを考案した（図 1）。電極をワイヤー構造で接続することにより収縮方向には容易に変位でき、伸び方向にはワイヤーが伸びきったところでそれ以上伸びなくなる。さらに発生力は電極間距離の 2 乗に反比例するため、ナノワイヤーを用いることで生体筋肉並みの高発生力密度が得られることが予想される。

３．実験と方法

静電アクチュエータを作る前段階として、Si 基板上に単一粒子ナノ加工法によりナノワイヤーを形成する実験を行った。Si 基板上に製膜した厚さ 5μm の SU-8 に 490MeV の Os を照射した。フルエンスは $10^8/cm^2$ とし、それぞれのサンプルを SU-8 Developer により現像した。Si 基板上に残った SU-8 ナノワイヤーは AFM で観察した。

４．結果及び考察

図 2 に示すように直径 35nm の SU-8 ナノワイヤーが得られた。単一粒子ナノ加工法の特徴の通り、得られたナノワイヤーの長さは製膜時の膜厚に等しく、個数密度はフルエンスにほぼ等しかった。本実験の個数密度では、現像時に多数のナノワイヤーが互いに接合したままになり、乾燥しても塊になってしまった。今後、個々のナノワイヤーを独立させるために、例えば、ナノワイヤーどうしが接触しない程度のアスペクト比で現像・乾燥し、その後ガラス転移温度程度までナノワイヤーを加熱した状態で引き延ばすなど、アクチュエータ製作のための具体的なプロセス検討が必要である。

５．引用(参照)文献等

S. Seki, K. Maeda, S. Tagawa, H. Kudoh, M. Sugimoto, Y. Morita, H. Shibata, Adv. Mater, 13, 1663 (2001).

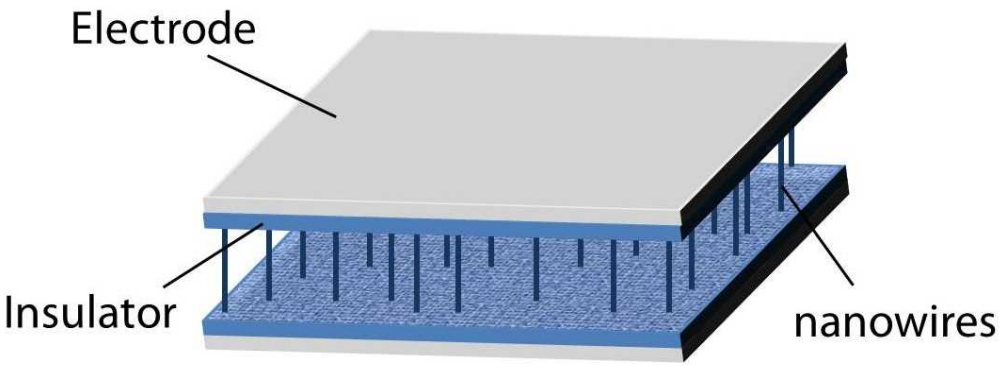

図 1：電極間をナノワイヤーで接続した静電アクチュエータ

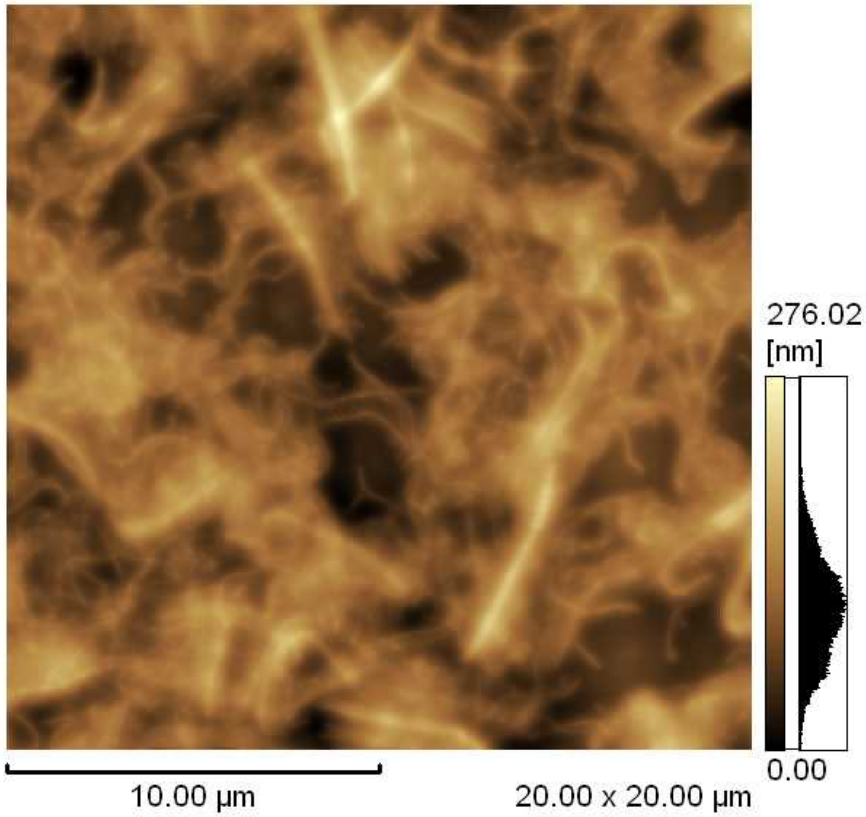

図 2：SU-8 ナノワイヤーの AFM 画像（フルエンス $10^8/cm^2$）