イオンビーム照射による多セグメント有機無機ナノ複合材料の形成と制御

Formation and control of multi-segment hybrid nanostructure by ion beam irradiation

佃　諭志[1)]　田中　俊一郎[1)]　関　修平[2)]　杉本　雅樹[3)]

Satoshi TSUKUDA　Shun-Ichiro TANAKA　Shu SEKI　Masaki SUGIMOTO

[1)]東北大学　[2)]大阪大学　[2)]原子力機構

単一イオン照射法による無機ナノ粒子内包型の高分子架橋ナノワイヤーの形成と多層膜化技術を利用した多セグメント化を行った。

キーワード：Nanowire, Ion beam, Hybrid, Au-nanoparticle

１．目的

高エネルギーの単一イオン飛跡に沿った「イオントラック」内での局所的な高分子架橋反応を利用することにより、円柱状のナノ構造体が高分子薄膜中で形成される。形成されるナノ構造体のサイズおよび数密度は、高分子及び照射するイオンビームの条件を変えることにより容易に制御することが可能である。本ナノ構造体形成法を利用し、無機ナノ粒子型ハイブリッドナノ構造体の形成と多層膜を利用した多セグメント化法を確立することが本課題の目的である。

２．方法

有機無機複合薄膜の作製法として、ポリヒドロキシスチレン(PHS)と塩化白金酸を 10：1 の wt 比でメタノール中に同時に溶解させた溶液を用意し、この溶液を Si 基板上にスピンコートすることにより有機無機複合膜(膜厚 0.2, 0.6, 1 μm)を作成した。また、PHS とポリカルボシラン(PCS)の 5wt%溶液を交互に Si 基板上にスピンコートすることにより PCS/PHS/PCS(膜厚 1.3μm)の 3 層膜を作製した。これらの薄膜に 450 MeV Xe イオン照射(5.0×10^9 ions/cm^2)を行い、各種ナノワイヤーの形成を試みた。照射後、エタノールもしくはトルエンを用いた現像を行った。現像操作後、原子間力顕微鏡による表面観察を行った。基板上に独立に形成されたナノワイヤーを超音波を利用して分離し、TEM 用グリッドに分散させ TEM 観察を行った。

３．研究成果

PHS と金ナノ粒子のハイブリッド膜への 450 MeV Xe イオンビーム照射の結果、Si 基板上に直径 24 nm を持つハイブリッドナノワイヤーを観察することに成功した。ワイヤーの長さは薄膜の膜厚に依存するため、長さ 0.2, 0.6, 1 μm の各種ハイブリッドナノワイヤーが得られた。また、TEM 観察結果から直径 24 nm の PHS ナノワイヤー中に粒径 3 nm の金ナノ粒子が内包、固定化されていることが確認された。さらに、PCS/PHS/PCS の 3 層膜への照射により PCS/PHS/PCS の 3 つのセグメントから構成された多セグメントナノ構造体の形成にも成功した。

４．結論・考察

今回の実験において金ナノ粒子を内包した PHS ナノワイヤーの形成に成功した。この結果は、従来高分子材料にのみに利用してきた単一イオン照射法が、有機無機の複合膜へも適用できることを示唆している。今回利用した無機粒子と高分子の組み合わせは、金と PHS の１種類のみであるため、今後適用可能な両者の組み合わせの探索が必須である。また、母材高分子の積層化による多セグメントナノ構造化にも成功している。故に今後の研究の展開は、上記「ハイブリッド化」と「多セグメント化」の両技術を組み合わせることにより、多セグメントの任意の部位にハイブリッド層を挿入するなどのナノ構造設計を行い、機能性ナノ構造体を作製することを目指す。

５．引用（参照）文献等

S. Tsukuda, S. Seki, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Appl. Phys. Lett.* **87** (2005) 233119-1-3.

S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Macromolecules*, 39 (2006) 7446-7450.

S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, S. Tagawa, and S.-I. Tanaka, *J. Ceram. Proc. Res.*, **9** (2008) 466-469.

S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, A. Idesaki, S. Tagawa and S.-I. Tanaka, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **22** (2009) 245-248.