【基盤研究（S）】

大区分C

研究課題名　ナノ構造メタ界面の力学・マルチフィジックス特性設計

京都大学・大学院工学研究科・教授　北村（きたむら）　隆行（たかゆき）

研究課題番号：18H05241　研究者番号：20169882
キーワード：ナノ構造、メタ界面、力学、マルチフィジックス、設計

【研究の背景・目的】

デバイス等の微小機器は多くの材料から構成されており、異材界面が随所に存在する。一般的に、異材界面は機能的に劣る部分として知られている。

本研究では、多数の微小構造体を配列した界面（離散ナノ構造メタ界面）に発現する特異な力学特性およびマルチフィジックス特性の機構を明らかにする。これによって、界面を利点とした設計へと発展を図ることを目的とする。そのため、(1)10～30 nm 程度の構造体に対する負荷実験手法を開発してナノ構造メタ界面の構成要素であるナノ構造体の幾何形状が生み出す力学特性を実験評価し、(2)その集合体である離散ナノ構造メタ界面全体が持つ力学機能を引き出して設計・実証する。また、(3)ナノ構造体間の接触や大変形による非線形相互作用を積極利用することで、メタ界面が持つ機能を拡張設計する。さらに、これらの実験観察・解析技術を発展させて、(4) 離散ナノ構造メタ界面の磁性や強誘電性を含むマルチフィジックス特性へと機能発展を図る。

【研究の方法】

動的斜め蒸着法によって精緻に形状・寸法を制御したナノメートルスケールの極小構造体が密集した離散ナノ要素集合構造の作製に成功している（図 1）。この層は、ナノレベルの離散的な構造を有する集積構造材料であることに特徴があり、異材界面に配置すれば（ナノ構造メタ界面）、特別な力学的機能やマルチフィジックス機能を発現することが、申請者らの予備研究から示唆されている。本研究では、まず微小構造体に対する力学実験装置を開発（図 2）し、実験・解析を行う。その後、マルチフィジックス特性に関する第一原理解析および装置の拡張およびそれによる実験により、要素の特性とメタ界面の特性を解明する。

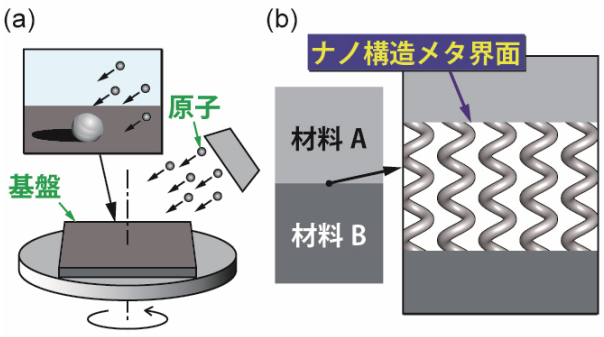

図 1 (a)動的斜め蒸着法、(b)ナノ構造メタ界面

【期待される成果と意義】

・構造的には弱点と考えられてきた界面に精密に制御したナノ構造の界面を設計・製造することによって、今までにない優れた力学特性が発現させること。すなわち、材料力学および機械材料学をナノ領域へ発展させること。
・ナノ構造メタ界面の機能をマルチフィジックスに展開して、ナノ材料力学および材料学を融合することによって新領域を開拓すること。
・精密なナノスケール構造体の強度実験法およびマルチフィジックス実験法を確立すること。
・従来の材料力学の枠を超える、力学 - 物性間相互作用「マルチフィジックス特性」に関する新たな学術領域へ発展させること。

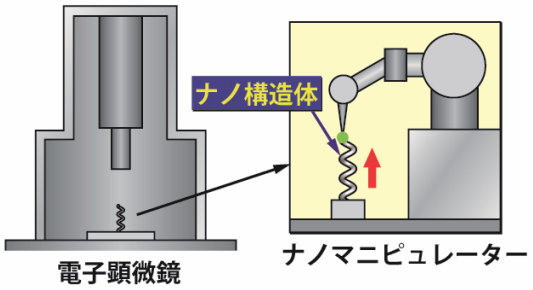

図 2 微小構造体に対する力学実験装置

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・T. Kitamura, T. Sumigawa, H. Hirakata and T. Shimada, “FRACTURE NANOMECHANICS” 2nd Edition (Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., (2016)), ISBN 978-981-4669-04-7.
・Y. Umeno, T. Shimada, Y. Kinoshita and T. Kitamura, ”MULTIPHYSICS IN NANOSTRUCTURES” (Springer, (2017)), ISBN 978-4-431-56571-0.

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度－34 年度
150,700 千円

【ホームページ等】

https://www.me.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/introduction/zairyoubussei