

金属ナノ触媒を利用した非晶質シリコン薄膜の結晶化とデバイス応用

Crystallization of Amorphous Si using metal nano catalyst and its device application

奈良先端大¹ 豊田工大² ○浦岡行治¹ 熊谷慎也² 山下一郎¹

NAIST¹, Toyota Technological Institute² ○Yukiharu Uraoka¹ Shinnya Kumagai² Ichiro Yamashita¹

E-mail: uraoka@ms.naist.jp

非晶質のシリコン薄膜を低温で形成する方法に金属触媒を使う金属誘起横方向結晶成長法 (M I L C : Metal Induced Lateral Crystallization) が古くから提案され[1]、一部で実用化されてきた。Ni などの遷移金属は、シリコンとの反応性が高く、低温でシリサイド (NiSi₂) 化し、横方向に結晶成長し、数ミクロン程度の結晶粒が得られることが知られている。温度だけを加えた固相成長の場合と違って、より低い温度で結晶化が可能となる。しかし、結晶化後は不純物となる金属は除去する必要がある、また、結晶粒の大きさが小さく、品質に課題があった。そこで、この金属触媒として、Ni を内包したタンパクを利用した結晶化法を提案してきた[2]。

我々は、以前より微細化に向けた半導体プロセス加工やデバイスの開発に自己組織化機能をもつ生体超分子に注目している。すでに、タンパクのコアを埋め込んだフローティングゲートトランジスタや単電子トランジスタの実証に成功している[3]。生体超分子はナノスケールの均一な材料であり、自己組織化機能や無機材料認識機能など魅力的な性質を有している。我々は図1に示すフェリチンと呼ばれるケージ状球殻タンパクを用いて研究を行っている。フェリチンは、自然界では、動植物などの生体内に存在し、鉄分を調整するかご状の鉄保存タンパク質の一種である。一本のポリペプチド鎖からなるサブユニット 24 個で構成され、分子量が約 460,000 のタンパクである。外径 12nm で内径 7 nm の鉄酸化物のコアを内包する。このタンパクには、バイオミネラリゼーションと呼ばれる手法によって、内部の空洞に無機材料を結晶化する性質を有しており、直径 7 nm の Ni のナノドットを形成できる。

図2に示すように非晶質のシリコンの上に、このフェリチンタンパクを吸着させ、UVオゾン処理によって外側のタンパクを除去する。ここで、結晶化の核を作り、この後 500℃程度の低温熱処理を施した。この実験によって、図3に示すように、タンパクの吸着位置をリソグラフィによって制御することにより、大きさや配置の揃った 10 μm を超える大きな結晶粒を得ている。また、微量の Ni を用いるため、従来の方法より 1 桁低い不純物濃度を確認している。このようなユニークな特徴をもつ生体超分子を活用したバイオナノプロセスは、情報端末だけでなく、バイオセンサーや MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)、太陽電池などの新たな応用に向けて有望な方法である。

[1] J. Jang et al, Nature 395, 481 (1998), [2] H. Kirimura et al, Appl. Phys. Lett. **86**, 262106 (2005), [3] K. Ohara et al, Applied Physics Express, **4** (2011) 085004.

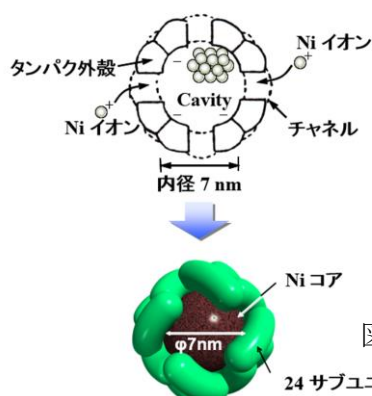


図1 フェリチンタンパク

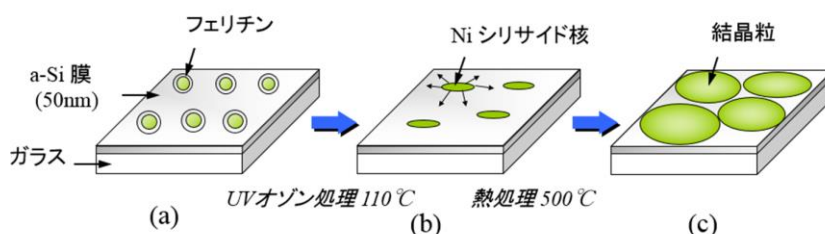


図2 タンパクを利用した結晶化方法

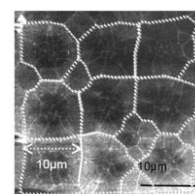


図3 結晶化されたシリコン薄膜