

V 溝を用いた 1 次元ナノ粒子配列制御

One-Dimensional Array of Nanoparticle Utilizing V-groove

龍谷大¹, 産総研², 奈良先端大³ ○番 貴彦¹, 右田 真司², 山下 一郎³, 浦岡 行治³, 山本 伸一¹

Ryukoku University¹, AIST², NAIST³ ○Takahiko Ban¹, Shinji Migita²,
Ichiro Yamasita³, Yukiharu Uraoka³, Shin-ichi Yamamoto¹

E-mail: t-ban@rins.ryukoku.ac.jp

【背景と目的】

ナノ粒子の 1 次元配列についてはプラズモンの吸収波長の変調、ナノワイヤー、スピンや電子伝搬を目的として研究されてきた。その手法としてはナノ粒子のアスペクト比や表面状態を利用した自己配列や、溶液のナノ粒子濃度を利用した凝集がほとんどである。デバイス作製においてはナノ粒子の 1 次元配列を作り、その配置部位に向け電極を置くなどして作製することになる。その作製手法の関係により長大な 1 次元配列、あるいは単一の 1 次元配列などの作製は困難である。本実験では V 溝を利用することによるナノ粒子の 1 次元配列を試みた。V 溝の底にナノ粒子を並べることで、V 溝を作製した任意の場所に単一の 1 次元ナノ粒子配列を作製することができる。V 溝底へのナノ粒子配置のため本実験ではフェリチンを用いた。フェリチンは Bio Nano Process(BNP)と呼ばれる、タンパク質を用いた微細構造作製手法で多く用いられる球殻上タンパク質である。図 1 に示すように、内部空洞を持ち、様々な無機物をナノ粒子として析出することができる。また、タンパク質表面の改質によって、それに伴う表面電位や吸着挙動の変化、特異的認識能力等を利用できる。これらの表面状態の操作により、V 溝底への吸着が達成できると考えた。また溶液中の吸着現象は表面状態に左右されるため、タンパク質を用いることでナノ粒子の種類に寄らず条件を選定できる。

【実験および結果】

まずフェリチンの V 溝への吸着挙動を理解するため、シリコン基板上に数 μm サイズ幅の V 溝を形成し、種々の条件におけるフェリチンの吸着条件について調査した。特に静電相互作用が強く働き、関係する条件として、 ζ 電位、デバイ長が挙げられる。これは物質の表面状態やバッファの pH、イオン強度で決定される。そのため吸着実験には表面電荷が違う数種のフェリチンを用い、またバッファ条件についても注目した。他にもメニスカス力などが働く溶液の乾燥過程や、吸着量の多寡に関係するタンパク濃度についても調査した。その後、約 100 nm サイズ幅の V 溝においても吸着実験を行った。このとき数 μm サイズ幅の V 溝で得た知見を応用し、条件の最適化を行った。その結果、フェリチンが基板に吸着しない溶液条件においてフェリチン溶液を基板に滴下後、スピンドライを行うことにより一次元配列することを確認した。結果を図 2 に示す。この技術は他のデバイスにおいて、ナノ粒子の 1 次元配列を扱う場合に有効であると考えられる。

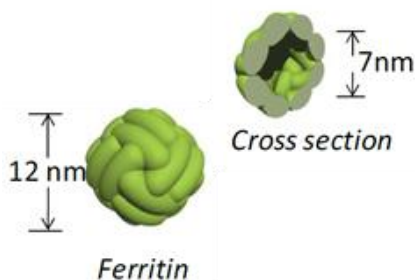


図 1 フェリチンの概要図

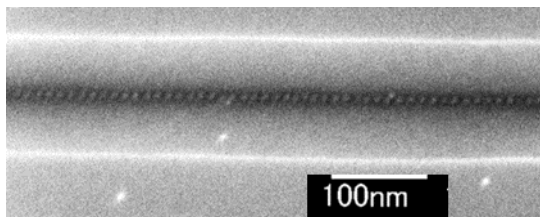


図 2 V 溝上で形成されたナノ粒子
一次元配列 SEM 像