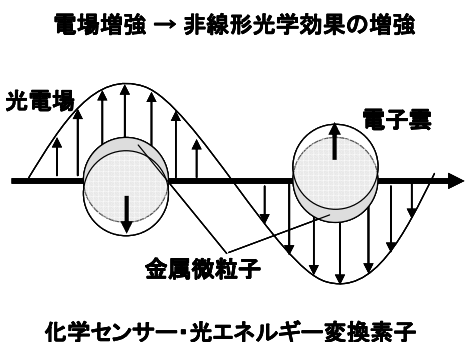
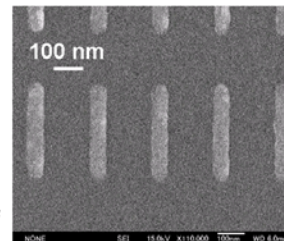
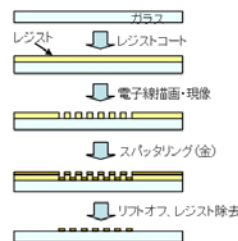


ディビジョン番号	2
ディビジョン名	光化学

大項目	2. 光化学の応用展開
中項目	2-3. フォトニクス
小項目	2-3-3. 金属ナノ粒子集団、プラズモン

概要（200字以内）	
<p>金や銀などの金属ナノ微粒子が示す色彩は、金属微粒子内の電子波が光と相互作用して共鳴する局在プラズモン共鳴に起因する。最近では、化学的手法のみならず、半導体微細加工法を駆使して作製した金属ナノ微粒子を用い、局在プラズモン共鳴の本質を理解する研究も進められている。また、金属ナノ微粒子近傍で誘起される光電場増強に関する研究も活発に進められており、そのセンサーへの応用などにも期待が寄せられている。</p>	 <p style="text-align: center;">電場増強 → 非線形光学効果の増強</p> <p style="text-align: center;">化学センサー・光エネルギー変換素子</p>
現状と最前線	
<p>光の波長よりも小さい金属ナノ微粒子（金・銀など）は、光と相互作用して局在型の表面プラズモン共鳴を示し、呈色と微粒子表面に局所的な電場増強を誘起する。局在プラズモン励起の摂動は、有機分子などの光吸収と同様に光の振動電界によって誘起される。共鳴した光の電場成分が、金属微粒子中の自由電子の集団運動を誘起し、金属微粒子表面に電気的な分極を引き起こして双極子を形成する。共鳴する波長は、金属ナノ微粒子のサイズ、形状、配列、微粒子間距離などに大きく依存し、可視から赤外領域における様々な波長域において局在プラズモン共鳴バンドが観測される。また、金属微粒子表面においては、入射光電場に対して数倍から数10倍の大きさの光電場増強が誘起される。この光電場増強によって表面増強ラマン散乱や、高効率高調波発生などの非線形光学現象が容易に誘起されるため、高感度化学センサーや高効率光エネルギー変換素子など、種々の応用技術への展開が期待されている。これまで、化学的（光化学、電気化学的手法）な方法により合成された球形の金属ナノ微粒子、あるいは棒型をした金属ナノロッド構造などが局在プラズモンの研究に広く用いられてきた。しかし、局在表面プラズモンの光学特性は、上述した微粒子のサイズ、形状、配列、微粒子間距離などに強く依存するため、様々な応用技術へ展開するためには構造を高度に制御できる金属ナノ構造作製技術を確立することが必要不可欠である。特に、金属ナノ微粒子が数ナノメートルの微粒子間距離で近接した場合、プラズモンの双極子-双極子相互作用により微粒子間において$10^5 \sim 10^6$</p>	

倍に及ぶ著しい光電場増強が誘起されることが理論的に示されており、精緻な加工技術による構造作製方法の確立が強く求められている。これまでに右図に示すような電子線リソグラフィ／リフトオフ技術を用いることにより、数ナノメートルの加工分解能で金ナノ構造を作製することが可能であることが報告されている。ナノメートルの分解能で精密に作製され



電子線リソグラフィ／リフトオフ技術による金ナノブロック構造の作製

た金属ナノ構造は、未だ明らかにされていない表面増強ラマン散乱の詳細なメカニズムの解明や、光と分子との相互作用を極限にまで高めた新しい光反応場への応用、あるいは局在表面プラズモン共鳴センサー（誘電率変化に基づく共鳴波長のシフトにより検出）、表面増強ラマン散乱センサー、ナノ光リソグラフィ技術の開発など、基礎から応用まで幅広い用途への展開が期待されている。

上野 貢生, 三澤 弘明, *プラズモンナノ材料の設計と応用技術*, 103 (2006). (シーエムシー出版、分担執筆)

K. Ueno, H. Misawa et al. *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 14226 (2006).

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 1) 表面増強ラマン散乱における電磁的な増強機構の解明
 - 2) 局在表面プラズモン共鳴センサー・高感度表面増強ラマン散乱センサーの実用化
 - 3) 光反応場や光エネルギー変換素子における基礎技術の確立
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 4) ナノインプリントによるナノメートル制御金属ナノアレイ構造の大量生産技術開発
 - 5) 光合成を上回る高効率な光化学反応を実現する新しい反応場への展開

キーワード

金属ナノ微粒子・局在表面プラズモン・非線形光学効果の増強・表面増強ラマン散乱・ナノインプリント製造技術

(執筆者： 三澤弘明)