

イオンおよびナノ秒パルスレーザー同時照射による Au/SiO<sub>2</sub> 表面のナノ構造化とその光学特性  
**Effects of ion and nanosecond-pulsed laser co-irradiation on the surface nanostructure of Au thin films on SiO<sub>2</sub> glass substrates**

北大院工学院<sup>1</sup>, 北大院工学研究院<sup>2</sup> ○于 睿譚<sup>1</sup>, 柴山 環樹<sup>2</sup>, 谷津 茂男<sup>2</sup>, 石岡 準也<sup>2</sup>, 渡辺 精一<sup>2</sup>  
 Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, Faculty of Engineering, Hokkaido Univ.<sup>2</sup>,  
 ○Ruixuan Yu<sup>1</sup>, Tamaki Shibayama<sup>2</sup>, Shigeo Yatsu<sup>2</sup>, Junya Ishioka<sup>2</sup>, Seichi Watanabe<sup>2</sup>  
 E-mail: [yurx@eng.hokudai.ac.jp](mailto:yurx@eng.hokudai.ac.jp)

### 1. 目的

イオン照射によって金薄膜を蒸着した SiO<sub>2</sub> ガラス基板表面および基板内部にナノ構造を作製する研究が進められており、ナノ秒パルスレーザー照射によって、基板表面にレーザーの波長や電場ベクトルに依存した周期的ナノ構造を作製できることが見出した<sup>[1-2]</sup>。最近、我々はイオン照射およびレーザー照射を組み合わせ、新たなナノ構造作製方法を検討している。我々は、SiO<sub>2</sub> ガラス基板表面に金薄膜を蒸着し、イオンおよびナノ秒パルスレーザーを同時照射することによって、基板表面に周期的なナノ構造が自己組織化し、形成することを見出した。そこで、本研究では局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を利用した新たな光学デバイスを開発するため、イオンおよびレーザー照射前後の表面ナノ構造を電子顕微鏡を用いて解析すると共に、可視光領域の吸光度を測定し光学特性とナノ構造の相関について明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験方法

両面鏡面研磨した SiO<sub>2</sub> ガラス基板 (信越化学工業株式会社製) を用い、室温で金薄膜(厚さ:10 nm)を片側にのみ真空蒸着した。照射実験は、真空チャンバー内で実施した。レーザーは、Nd-YAG ナノ秒パルスレーザー(エネルギー密度が 1.24kJ/m<sup>2</sup>、10 パルス/秒)を利用した。イオン種は、一価の Ar<sup>+</sup>イオン (エネルギー:100keV) を利用し、電流値 1.0 μA(6.25×10<sup>12</sup> ions/cm<sup>2</sup>·s)で照射した。照射時間は、300 秒、600 秒、750 秒でナノ秒パルスレーザー照射の場合は、それぞれ 3000 パルス、6000 パルス、7500 パルスに相当し、イオン照射の場合は、それぞれ 1.9×10<sup>15</sup> Ar ions/cm<sup>2</sup>、3.8×10<sup>15</sup> Ar ions/cm<sup>2</sup>、4.7×10<sup>15</sup> Ar ions/cm<sup>2</sup>に相当する。

照射した試料は、分光光度計(JASCO V-630)を用いて吸光度を測定した後、走査型電子顕微鏡(FE-SEM)により表面のナノ構造を解析した。断面の微細構造解析や組成分析は集束イオンビーム加工装置(FIB)を用いて断面観察試料を作製し、透過型電子顕微鏡(TEM)により断面の微細構造を解析した。

### 3. 結果と考察

ナノ秒パルスレーザーのみ 300 秒、600 秒、750 秒までの照射によって、ナノ粒子は基板の表面に形成し、それらのサイズは照射時間に従って大きくなった。イオンのみ照射の場合、ナノ粒子のサイズは照射時間に従って小さくなった。また、600 秒まで照射後、ナノ粒子は SiO<sub>2</sub> ガラス基板にほぼ完全に埋め込まれた。イオンおよびナノ秒パルスレーザーを 300 秒同時後基板表面にナノ粒子が形成し、その後 600 秒まで照射すると、半分ぐらいだけ基板に埋め込まれた。また、基板の表面にレーザー誘起周期的表面ナノ構造が形成した<sup>[3]</sup>。周期的構造の周期的間隔は約 540 nm であり、本研究に使用したナノ秒パルスレーザーの波長に近似であることから、この周期的構造がレーザーによって誘起したと考えられる。ナノ粒子の形成した領域の可視光吸収スペクトルを測定すると、明確な吸収ピークがあった。この吸収ピークの波長を測定した結果から、形成したナノ粒子のサイズや周期性の有無により LSPR による吸収ピークの波長が異なっていることが明らかになった。レーザーとイオンの量子ビーム照射により Au/SiO<sub>2</sub> 複合ナノ構造を制御することが出来るとともに可視光の吸収波長を可変可能であることから任意の光学特性を付与する手法として有効であることが明らかになった。

#### 参考文献

- [1] X. Meng, T. Shibayama, R. Yu, S. Takayanagi, S. Watanabe, *J Mater Sci* **48**, 920-928 (2012).
- [2] R. Yu, T. Shibayama, X. Meng, Y. Yoshida, S. Yatsu, S. Takayanagi, S. Watanabe, *Applied surface science* **289**, 274-280(2014).
- [3] R. Yu, T. Shibayama, X. Meng, S. Yatsu, J. Ishioka, S. Takayanagi, S. Watanabe, *J. Appl. Phys* **115**, 143104 (2014).