

審査の結果の要旨

氏名 小島 靖彦

電子ビーム加工は、ビーム径を数ナノメートル程度に集束することができ、かつエネルギー密度が高いため、ナノテクノロジーにおける微細加工技術として着目されている。本研究では、酸化膜を有するシリコン基板上もしくは合成石英基板上に成膜した金薄膜を、集束電子線を照射することによって熔融し、粒径と粒子間隔に関して規則性のある無数の金ナノ粒子を有する機能化表面を、**Dewetting** 現象を利用して自発的に形成させる新しい技術を開発した。これに、電子線の走査およびステージ移動を組み合わせることにより、粒径と粒子間隔に関してナノスケールの精度を保ちつつ、数十ミリメートル角の広い面積に至るまで金ナノ粒子を有する機能化表面を短時間で創る技術を開発・実証した。

本論文は 8 章より構成されている。

「第 1 章 序論」では、金ナノ粒子形成技術の重要性およびこれまでの研究を概説し、本研究の目的と本論文の構成を示している。

「第 2 章 Dewetting によるナノ粒子形成」では、**Dewetting** によるナノ粒子形成に関わる理論的な背景が示されている。

「第 3 章 電子線照射による温度上昇の解析」では、モンテカルロ法による熱源シミュレーションおよび差分法による熱伝導シミュレーションを行い、 SiO_2/Si 基板上に成膜した金薄膜からの金ナノ粒子形成に最適な電子線照射条件を明らかにしている。この結果を参考に 5 章のナノ粒子形成における実験条件を定めた。

「第 4 章 電子線ナノ粒子形成装置の開発」では、本研究のために開発した金薄膜から金ナノ粒子を形成させるための装置について、装置の機能、装置のスペック、開発のプロセスについて記述されている。

「第 5 章 平面基板上での金ナノ粒子形成」では、第 3 章のシミュレーションの結果を参考にして、平滑な SiO_2/Si 基板上の金薄膜に電子線を照射して金ナノ粒子形成実験を行い、形成に必要な電子線照射条件を明らかにした。また、金ナノ粒子の粒径、粒子間距離および粒子密度について統計分析を行い、これらが膜厚と相関があること、すなわち膜厚によって制御できることを明らかにした。そして、金薄膜の膜厚が 10 nm 以下の場合には、**Spinodal dewetting** を契機として金ナノ粒子が形成されていることを明らかにした。

「第 6 章 金ナノ粒子形成応用技術」では、前章で開発した手法を発展させ、金ナノ粒子の位置、粒子密度を制御するための新しいプロセスを提案し、実証した。成膜と電子線照射を繰り返す粒子形成法では、金ナノ粒子の配列密度を制御できることを示し、基板表面の微細構造物を利用した粒子形成法では、粒子密度 250 Gdot/in^2 の金ナノ粒子の 2 次元配列の形成に成功したことを述べている。

「第 7 章 光学センサへの適用」では、合成石英基板上の $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ の領域に電子線を照射して金ナノ粒子を形成し、光学素子を作成した。この素子の光学的な特性評価として、吸収スペクトルの計測を行い、局在表面プラズモン共鳴による吸収帯を確認し、素子の光学センサとしての応用の可能性を示した。ここでは素子作成に際して電子線の走査およびステージ移動を組み合わせており、これによって、粒径および粒子間隔に関してナノスケールの精度を保ちつつ、 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ の大面積におけるナノ粒子形成と配列を制御できることを示した。

「第 8 章 結論」では、本論文の総括と将来の展望を述べている。

以上要するに、本研究により開発されたナノ粒子形成法の実用性は高く評価でき、今後の高機能表面形成技術として、また次世代の微細加工技術として活用されていくことが期待できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。