

Fabrication of Periodic Arrays of Nano-sized Si and Ni dots on SiO₂ Using Linearly Polarized Nd:YAG Pulsed Laser

北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科
助教 西岡 賢祐
(平成 19 年度 国際会議等参加助成 AF-2007215)

キーワード 直線偏光 Nd:YAG レーザー、ナノドット

開催日時: 2007 年 11 月 26 日 ~ 11 月 30 日 (発表日: 11 月 28 日)

開催場所: Hynes Convention Center and Sheraton Boston Hotel, Boston, USA

国際会議報告

会議について

今回発表を行った 2007 MRS (Materials Research Society) Fall Meeting は、アメリカの Materials Research Society が主催する世界の研究者が集う会議であり、様々な研究分野においてシンポジウムが設けられている。論文を投稿したシンポジウム KK (Nanoscale Pattern Formation) では、レーザープロセッシングを含む様々な方法によるナノスケールのパターン形成に関する報告がされ、毎年、新たな進展が活発に報告されている。今年も、シンポジウム KK では 160 件近い発表がなされ、本論文は口頭発表として採択された。

発表内容

電子デバイスの高集積化が進む今日、サブミクロンやナノオーダーの微細ドットを 2 次的に周期配列させる技術の確立が重要となっている。微細ドットは、一様に高密度に分布し、さらにドット径が均一であることが必要とされているが、その低コストでの実現には至っていない。

直線偏光レーザーを試料に照射したとき、試料表面で反射した反射光と入射光が干渉し、周期的なエネルギー密度分布が発生する [1]。その周期 Λ は、 p 偏光入射の場合、Rayleigh の回折条件式

$$\Lambda = \lambda/n_0(1 \pm \sin\theta_1) \cdots (1)$$

(レーザー波長 λ 、試料表面に対して垂直方向からのレーザーの入射角度 θ_1 、雰囲気媒質の屈折率 n_0)、に従う [2]。

本研究では、試料表面に自発的に発生するレーザー誘導周期的エネルギー密度分布を利用し、形成位置と大きさを制御した半導体(シリコン)や金属(ニッケル)の微細ドットを実現するという、新規で低コストな方法の提案および

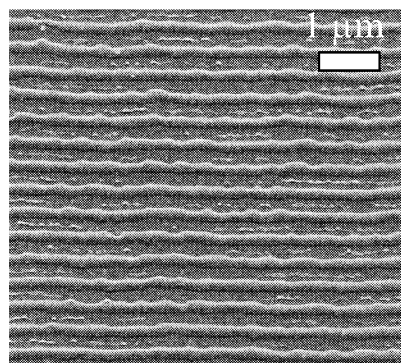


図 1 SiO₂ 膜上に形成された Si ラインの SEM 像 (45° view)

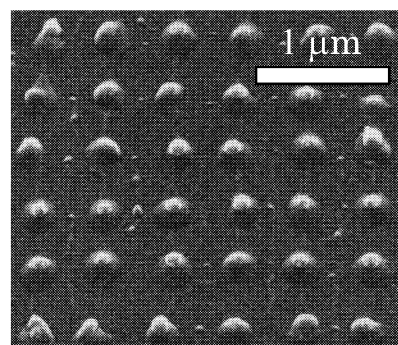


図 2 SiO₂ 膜上に形成された Si ドットの SEM 像 (45° view)

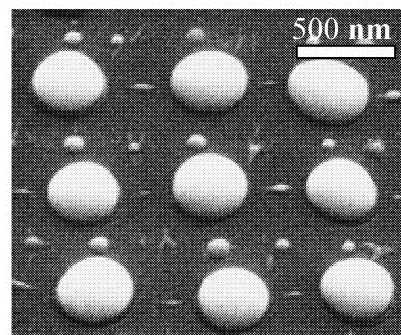


図 3 SiO₂ 膜上に形成された Ni ドットの SEM 像 (45° view)

確立に取り組んだ。

Si (111) 基板に熱酸化により膜厚 40 nm の SiO_2 膜を形成し、その上に a-Si 薄膜(10nm)や Ni 薄膜(20nm)を真空蒸着装置により堆積した。その後、直線偏光 Nd:YAG レーザー (532nm, 10Hz) 照射により a-Si 薄膜や Ni 薄膜を溶融させ、レーザー誘導周期的エネルギー密度分布に従い発生した周期的温度分布により溶融薄膜を線状に凝集させ、周期性配列ラインを形成した。ラインを形成した基板を 90° 回転し、同様にレーザー照射を行うことにより、ライン上に周期的エネルギー密度分布を発生させ、周期性配列ナノサイズドットを形成した。

SiO_2 薄膜上に 10nm の a-Si 薄膜を堆積した試料に基板温度 250°C 、フルエンス $80\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、で 1000 パルスレーザー照射した結果を図 1 に示す。Si がレーザー誘導周期的エネルギー密度分布に従い凝集し、 SiO_2 上に poly-Si のライン&スペース構造が形成されていることがわかる。ラインの周期はレーザーの波長 532nm とほぼ等しく、ラインの高さは AFM で測定した結果、約 30nm であった。

図 1 に示すような Si ラインを形成後、試料を 90° 回転し、同様にレーザー照射を行った結果を図 2 に示す。直径約 240nm の Si ドットが、格子状に規則配列していることがわかる。ドットの高さは AFM で測定した結果、約 90nm であった。

図 3 に、本手法を Ni に応用した結果を示す。材料として金属である Ni を用いた場合も、2 次元周期配列したナノサイズドットを得ることができた。

Si ドットが半球状であるのに対し、Ni ドットは、ほぼ球状となった。溶融した Si や Ni が凝集し結晶化するとき、その形状は下地の SiO_2 と溶融材料との接触角に大きく影響される。融点付近における溶融 Si の SiO_2 に対する接触角は約 80° であり、溶融 Ni の SiO_2 に対する接触角は約 120° である。そのため、Si ドットと Ni ドットではその形状が大きく異なったのだと考えられる。図 1 および図 2 からも、それぞれの接触角の違いが確認できる。

謝辞

本論文の発表は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の助成により行われた。関係各位に感謝します。

参考文献

- [1] Z. Guosheng, P. M. Fauchet, and A. E. Siegman, Phys. Rev. B **26**, pp.5366-5381, 1982.
- [2] J. F. Young, J. S. Preston, H. M. van Driel, and J. E. Sipe, Phys. Rev. B **27**, pp.1155-1172, 1983.