

# レーザー誘起周期ナノドットのその場形成

## - レーザー敷設超高压電子顕微鏡の開発 -

Development of Laser High Voltage Electron Microscope for *In situ* beam experiments

Key words

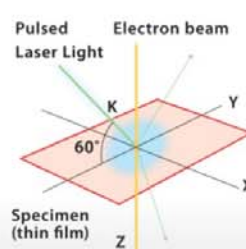
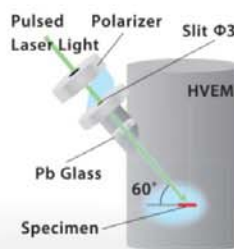
Laser-HVEM, LIPSS, nanodot, self-organization

### 照射誘起リップルナノドット形成/ Formation of LIPSS-Dots

強いレーザー光によって材料表面にリップス(LIPSS)と呼ばれるレーザー波長間隔で周期構造(レーザー誘起周期表面構造)ができることは50年近く前から知られていましたが、光の波長よりも短くパターン配列する現象のメカニズムは長い間謎となっていました。

We report an *in situ* observation of the formation of a laser-irradiation-induced periodic nanodot array (LIPSS-dots) on a Si surface, which was performed using a pulsed-laser-equipped high-voltage electron microscope (laser-HVEM).

The obtained results provide evidence of the self-organization mechanism in the two-dimensional subwavelength ordering of the crystalline nanodots on a laser-irradiated surface, which are guided by regular ripples.

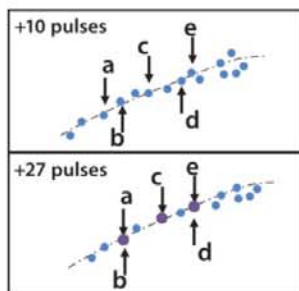
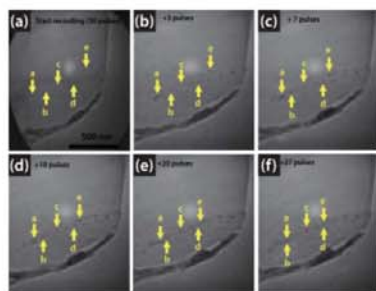


Laser high voltage electron microscope at Hokkaido University.

渡辺精一 他 顕微鏡 VOL.46, No.3 (2011) 151-155

北大・日立・KEKの研究チームは、半導体シリコン表面上に10-100ナノメートル(nm:10万分の1mm)サイズの表面ドット列がパルスレーザー照射を行うにつれ、一斉にレーザー波長よりも短く周期的に配列形成されることを世界で初めて見出しました。さらに、その形成過程を北海道大学で開発したレーザー超高压電子顕微鏡を用いてレーザー照射しながら、観察確認することに成功し、自己組織化と呼ばれるレーザー照射下での安定構造をとるために起こる現象であることをつきとめました。

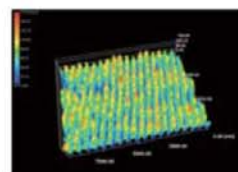
Under multiple nanosecond (ns) pulsed laser irradiation shots, atomic clusters were first formed and distributed on the surface in order to grow them epitaxially into protruded dots with diameters of ten nanometers or less. This is followed by their diffusion induced by successive laser shots to cannibalize and merge them into a ripple line with aligned, larger dots. We conclude that the present subwavelength two-dimensionally-ordered nanodot array is formed by self-organization under pulsed laser irradiation.



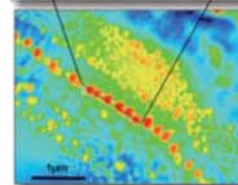
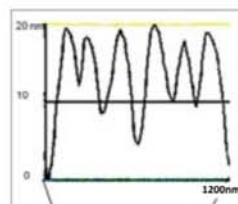
超高压電子顕微鏡によるナノドットのその場観察 (a) 30, (b)33, (c)37, (d) 40, (e)50, (f)57 パルス  
In situ Observation of formed nanodots, a-e in figure (a)-(f), under pulsed laser irradiation using Laser-HVEM (a) 30, (b)33, (c)37, (d) 40, (e)50, (f)57 pulses.

S. Watanabe et al.: *J. Appl. Phys.*, VOL.108 (2010) 103510-5

本研究で開発した簡便・安価な製造方法を用いて、材料表面のナノレベルの凹凸配列をコントロールすることが可能となり高機能性の材料デバイスが作製できる可能性が拓けました。将来的には、低消費電力性を有する未来のLSI要素素子、量子ドットの面密度の向上などによる量子ドット太陽電池の簡易作製法、生体材料量子ドットによる生体システムへの応用(癌などの蛍光化体製造技術)など、様々なグリーン・ナノテクノロジーとしての用途が期待されます。(特願2009-125233; 特開2010-269435): *Applied Physics Express* 4 (2011) 055202-1-3, *Nanotechnology* 22 (2011) 375607-1-7, *Scientific Reports*, 1, 190; (2011) DOI:10.1038/srep00190



LIPSSナノドットのAFM像  
AFM image of LIPSS-nanodots after laser irradiation.



その場観察後のAFM像  
AFM image of nanodots after in situ laser irradiation.