

省エネ実現に向けたきぼうのソフトパワー
～宇宙実験を通じて得た技術の半導体への活用～

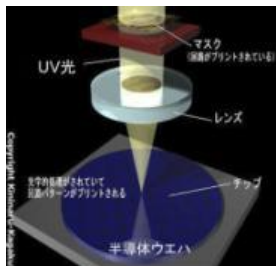
講演:名古屋工業大学 江龍 修

ディスカッション:松本 功 様:大陽日酸株式会社

名古屋工業大学研究拠点

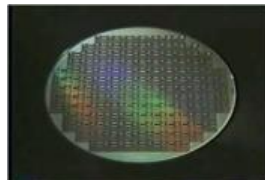
「微小重力環境を利用した 2次元ナノテンプレートの作製」

目指すのはマスプロダクトに展開できるナノ構造構築

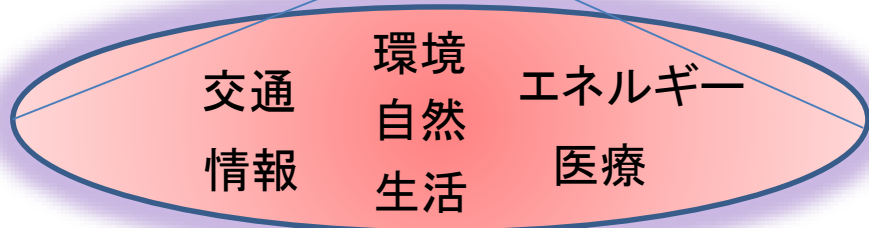


Siトップダウンテクノロジー

エレクトロニクス社会
における価値



10nm

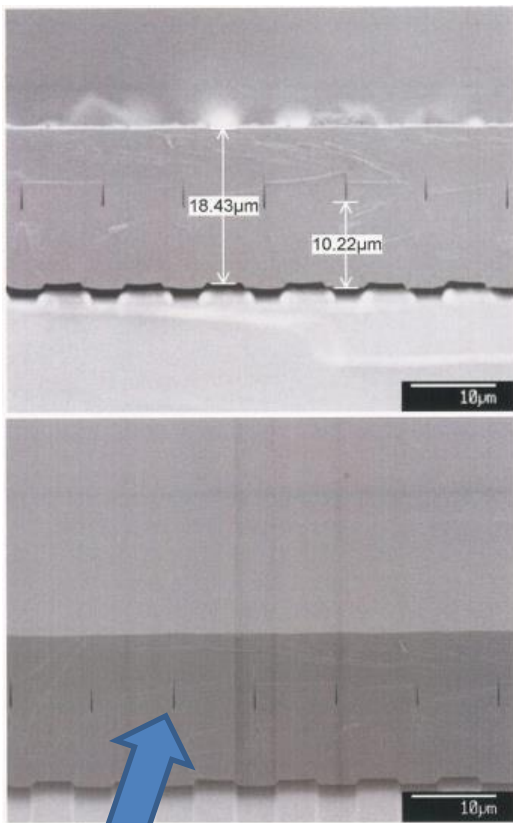


地球環境全体
における価値

True Nano ボトムアップテクノロジー

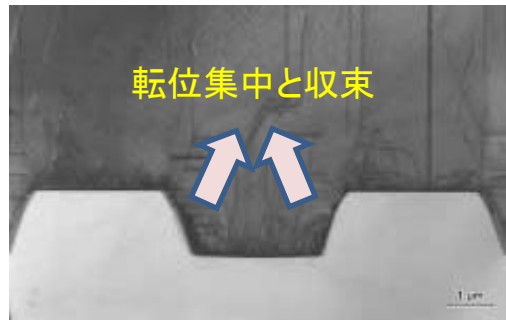
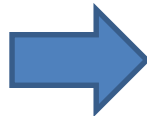
ISS生まれ、地球育ちのテクノロジーとして差別化・発展させるためには
ナノ構造を目に見え、手で触れるサイズにナノ構造を展開する必要がある

コンセプト: 溝構造は平坦で格子歪みの少ない結晶を成長させる



溝上部に穴が形成され
表面平滑性は高い

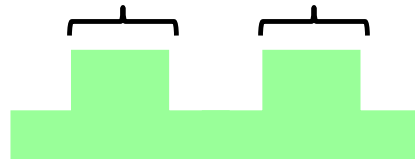
考え方



三菱電線報告(2001)
凹凸サファイア上Ga_N成長
ファセットにより転位が曲げられ
上部方向への転位が減少する

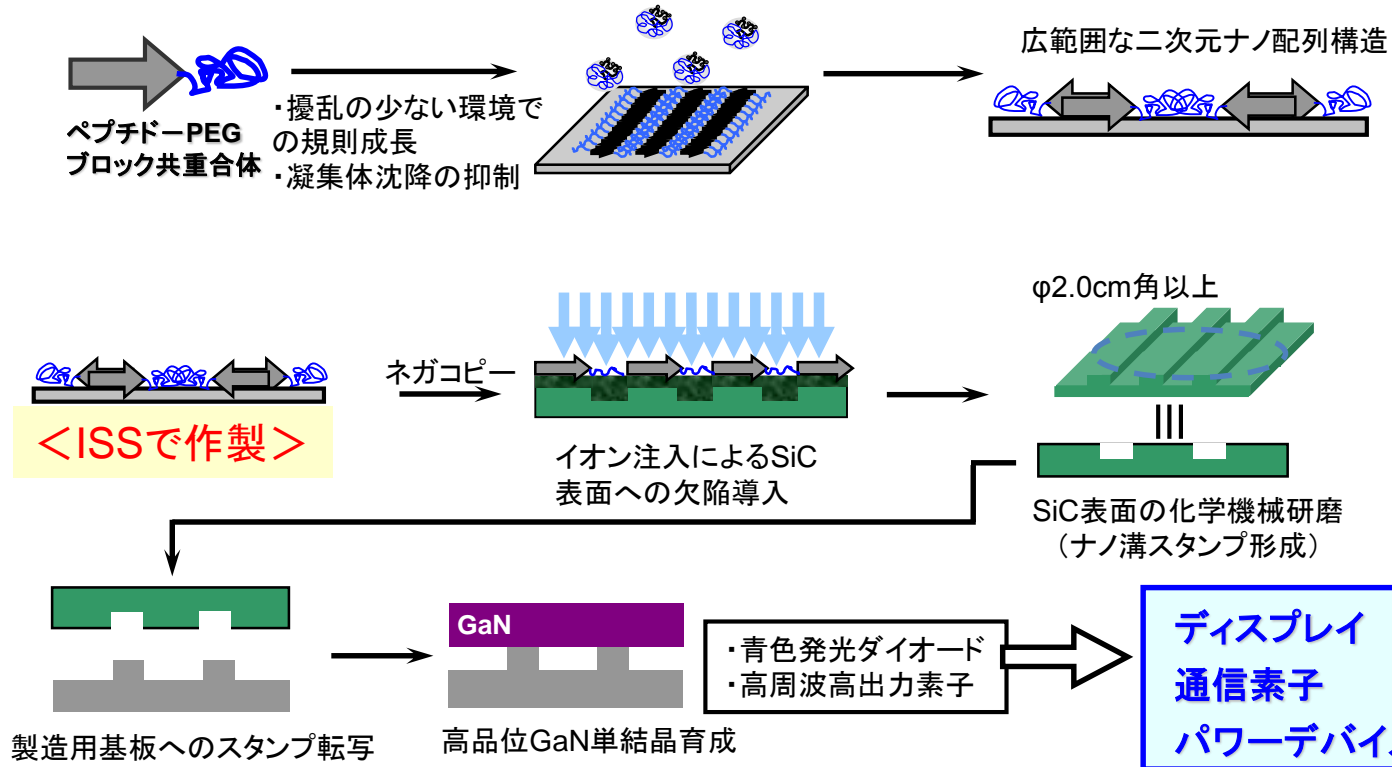


格子ミスマッチにより転位が発生するよりも
小さなステップで凹凸を形成できれば
より高品位の結晶成長が可能になる!?



ISSが生み出す超高品位結晶成長アプローチ

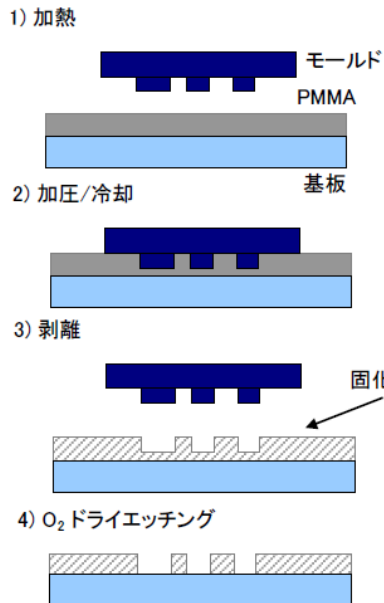
全体の流れ



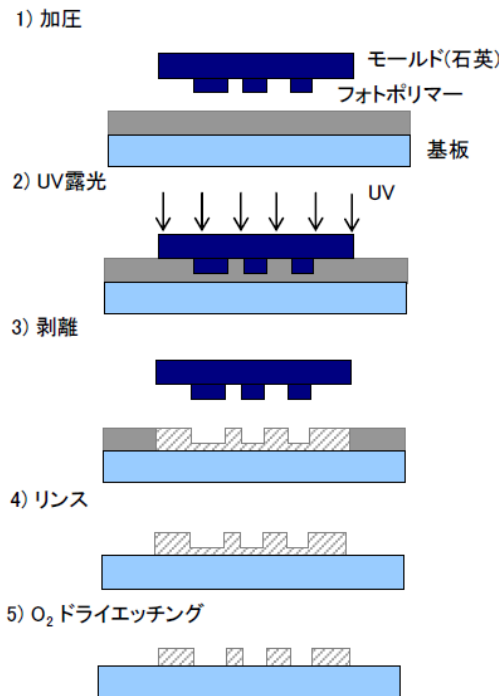
SiC単結晶のインプリント材としての価値

SiC →

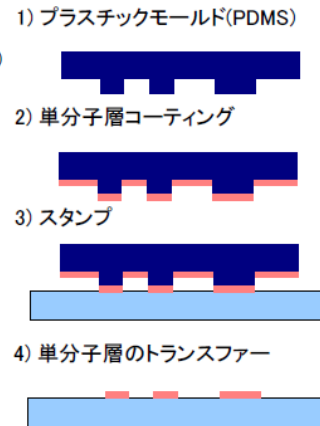
(a) 熱ナノインプリント



(b) UVナノインプリント



(c) ソフトリソグラフィ



ペプチドの自己組織化をアシストし、硬質且つ粒界のない均質なスタンプを実現出来る

～AFMによる加工前後のSiC表面観察(1 μ m \square)～
マスク作製後 エッチング後

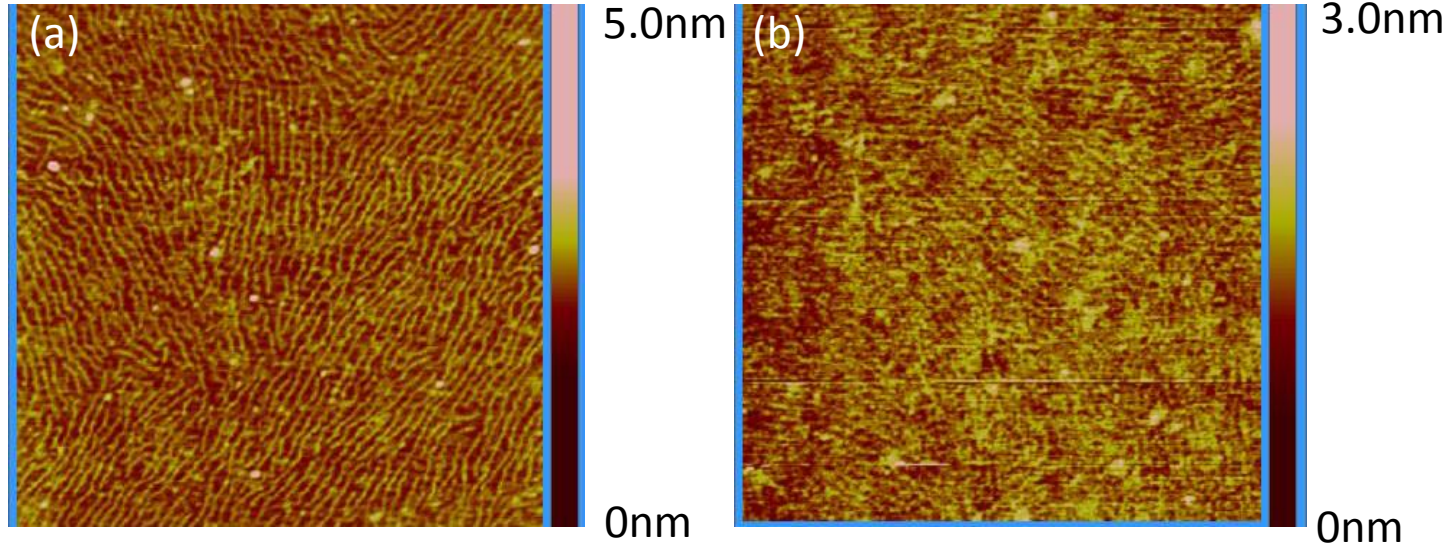


Fig.(a)AFM images of 1 μ m \times 1 μ m areas of adsorption films Ac-(FEFE)₄-PEG₇₀ on SiC. (b)AFM images of 1 μ m \times 1 μ m areas of after etching on SiC.

ファイバーの形状転写に成功



マスクの形状を反映したTrue Nano構造を実現

μ Gだからこそ「本質」を活かせる

遠距離力である重力の無い世界 = 短距離力のみの世界



電磁力、分子間力等の「物質力」によるものづくりが可能

外部からのエネルギーが与えられても与えられなくても
同じ結果が得られるものはISSでのものづくりには不適

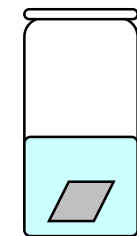
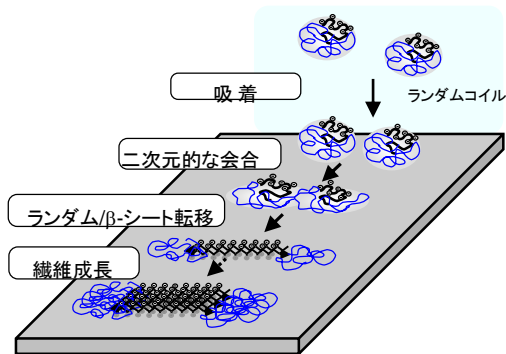
μ Gを活用するお作法

電子・原子の性質を活かせる

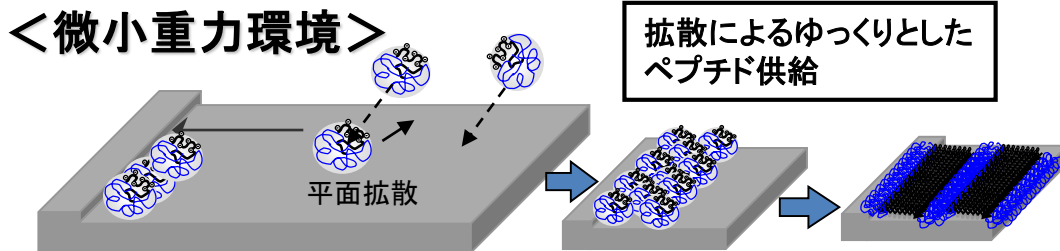
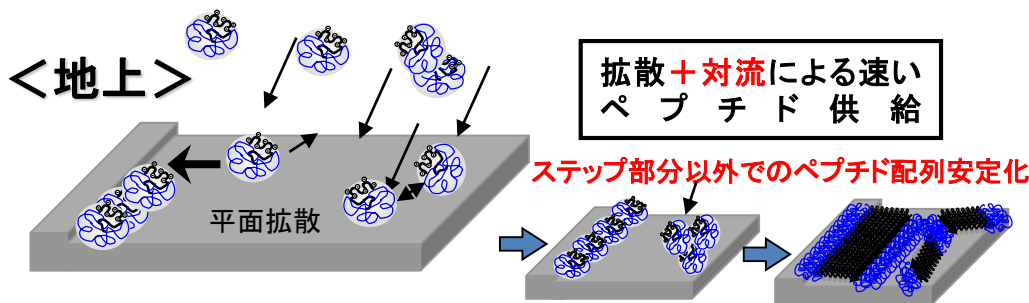


活かすためには1個の原子を認識できるものづくりの考え方が必要だ

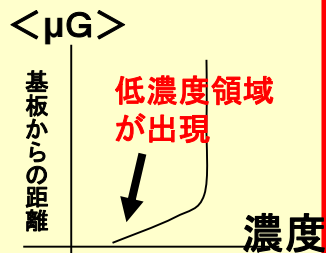
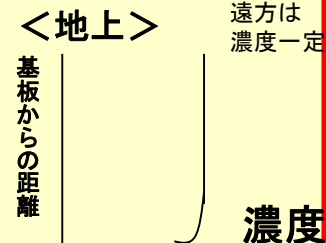
μ G環境はペプチドを擾乱から解放する



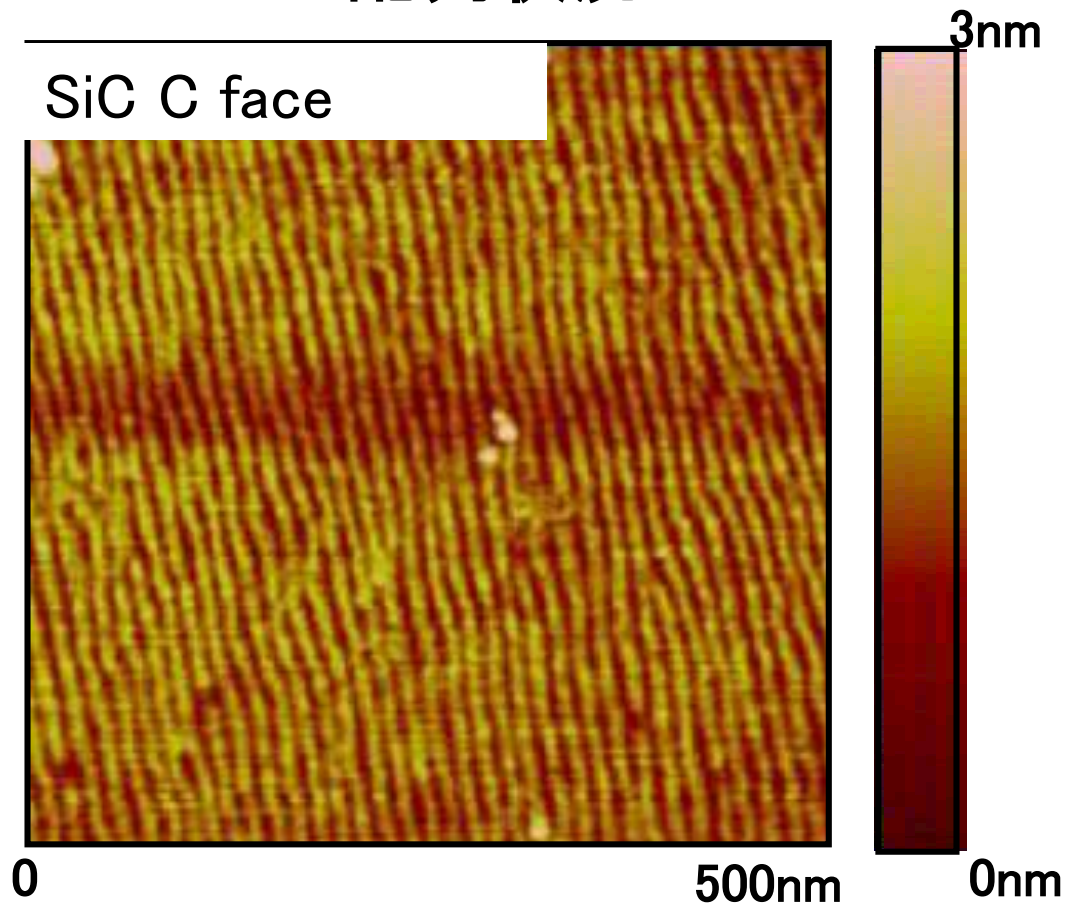
ペプチド溶液



基板付近でのペプチド濃度勾配



SiC上配列状況



ナノ構造上に緩衝層 + GaNを成長させました

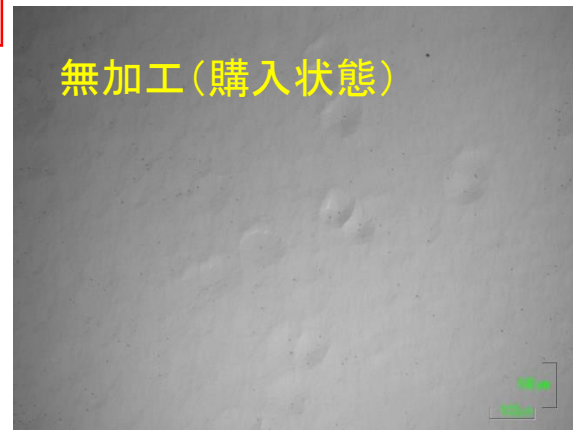
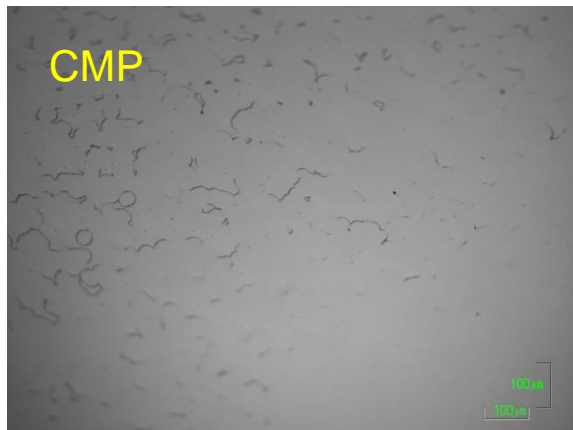
G3644: 緩衝層あり

i-GaN 2 μ m 760Torr 1130 $^{\circ}$ C
AlGaN/AlN緩衝層 40/100nm 1130 $^{\circ}$ C
CMP、ペプチド、無加工SiC substrate

無加工: 4H n-SiC基板(As received)



大きな差
はない



ノマルスキー画像

ナノ構造上にGaNを成長させました

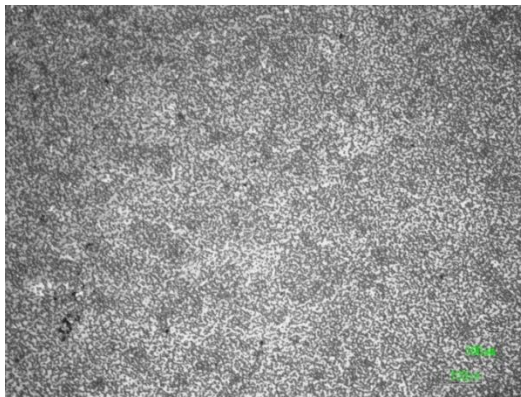
G3639: 直接成長

i-GaN 2.3 μ m 760Torr 1130 $^{\circ}$ C
ペプチド及びCMP加工 SiC 基板

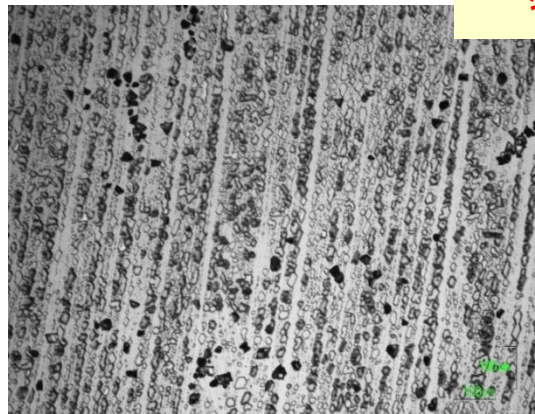
成長前基板洗浄

1. 超音波有機洗浄(アセトン, IPA)
2. HF(2.5%水溶液 1分間)
3. 硫酸過水溶液
(硫酸:過水=4:1 5分間)
4. HF(2.5%水溶液1分間)

ナノ構造に沿った
特異な成長

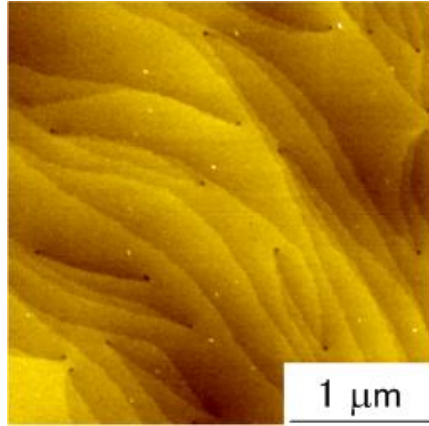


CMP

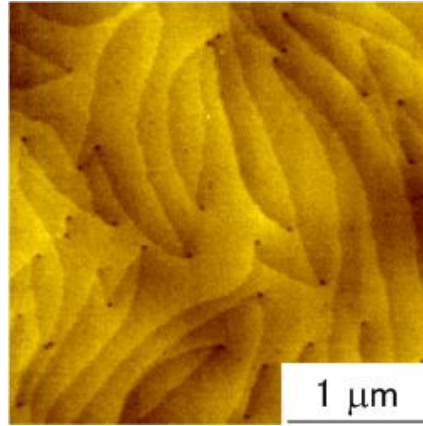


ナノ構造上

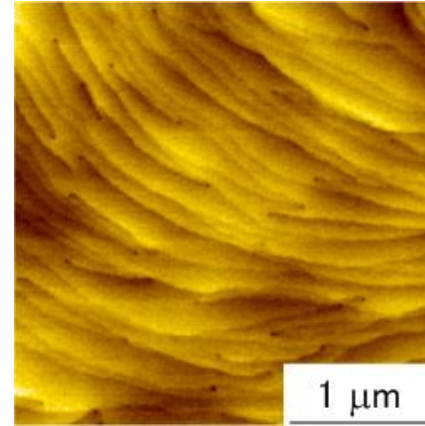
成長層欠陥評価



ナノ構造あり



CMP
(3 μm × 3 μm)



無加工

	ペプチド	CMP	無加工
P-V [nm]	2.49	2.40	1.58
RMS [$\times 10^{-1}$ nm]	2.70	2.01	2.13

結言

- 素材電荷配列を活かしたものづくりに成功

今後

GaN成長によって省エネ社会を実現する企業との共創によって、ISS発ものづくりを価値化する