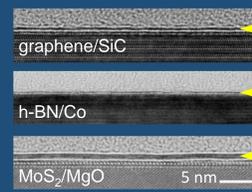
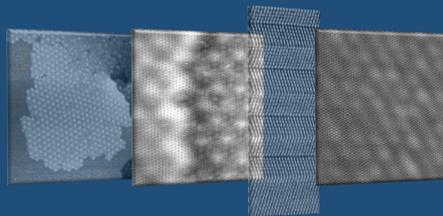




# 二次元物質のナノスケール機能計測

関西学大学 工学部 物質工学課程  
日比野研究室



日比野浩樹 (hibino.hiroki@kwansei.ac.jp)  
研究室ホームページ: <http://www.kg-nanotech.jp/hibino/>

## 研究目標と概要

社会の持続的発展に資する革新的デバイスの創製に向け、新しい機能物質の創造に取り組んでいます。特に、グラフェンに代表される二次元物質とそれらのハイブリッド構造を対象として、高品質な合成技術を基礎に、ナノスケールで構造や物性を計測することを通して、それらの物性を解明し、新しい機能を探索しています。

## グラフェン：炭素原子の二次元シート

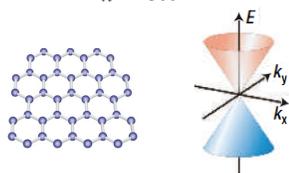
### 基礎物性

質量の無い相対論的なフェルミ粒子

線形なエネルギー分散：

$$\epsilon_s(k) = s\gamma|k|, \quad s = \pm 1 \quad \left[ v = \frac{\gamma}{\hbar} \approx \frac{c}{300} \right]$$

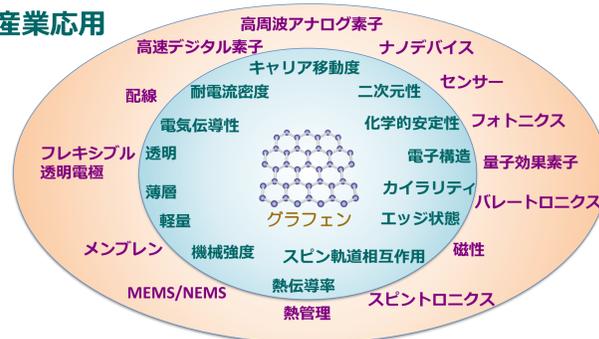
⇒ 新しい二次元電子系



### 基本特性

	特性	値	他の物質との比較
機械的	破断強度	42 Nm <sup>-1</sup>	鋼の100倍以上
	弾性限界	~20%	
電氣的	室温でのキャリア移動度	200,000 cm <sup>2</sup> V <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>	Siの100倍以上
	最大電流密度	>10 <sup>8</sup> Acm <sup>-1</sup>	Cuの~100倍
光学的	光吸収率	2.3%	GaAsの~50倍
熱的	熱伝導率	~5,000 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Cuの100倍以上

### 産業応用

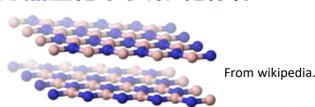


## 二次元物質

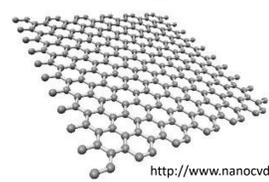
### 多様な物質群

⇒積層ヘテロ構造による新しい物性・機能

六方晶窒化ホウ素:絶縁体



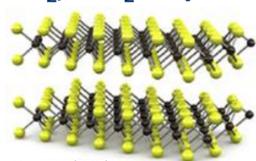
グラフェン:半金属



[http://www.nanocvd.co.uk/graphene\\_introduction\\_nanoCVD.html](http://www.nanocvd.co.uk/graphene_introduction_nanoCVD.html)

革新的デバイス

遷移金属ダイカルコゲナイド (MoS<sub>2</sub>, WSe<sub>2</sub>など):半導体



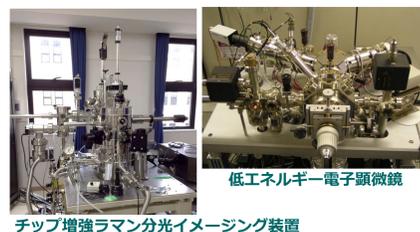
M. Xu et al., Chem. Rev. 113, 3766 (2013).



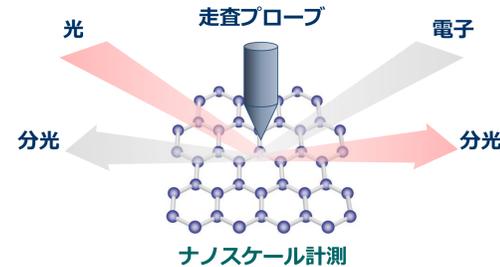
## ナノスケール計測

### ナノスケールで構造と物性を計測

⇒局所構造の物性解明



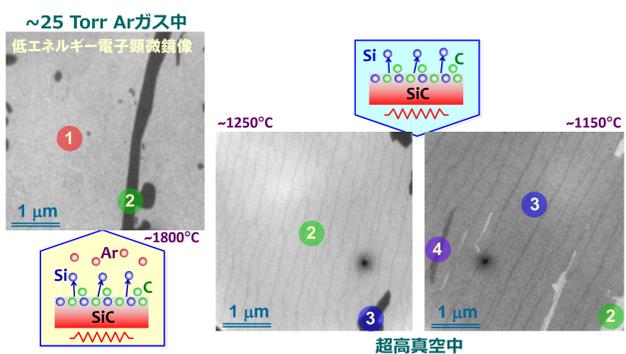
チップ増強ラマン分光イメージング装置



## 研究成果

### SiC熱分解による高均一グラフェン成長

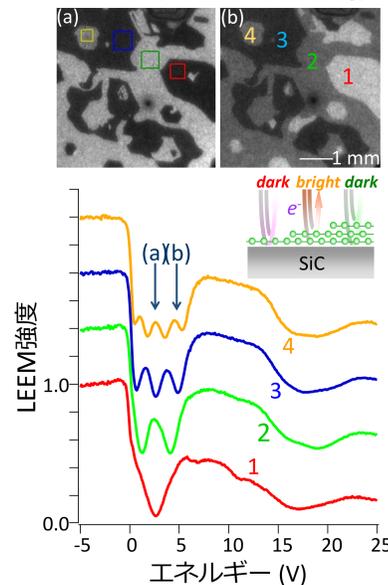
H. Hibino et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 45, 154008 (2012).



### LEEMによるグラフェン層数評価

H. Hibino et al., Phys. Rev. B 77, 075413 (2008).

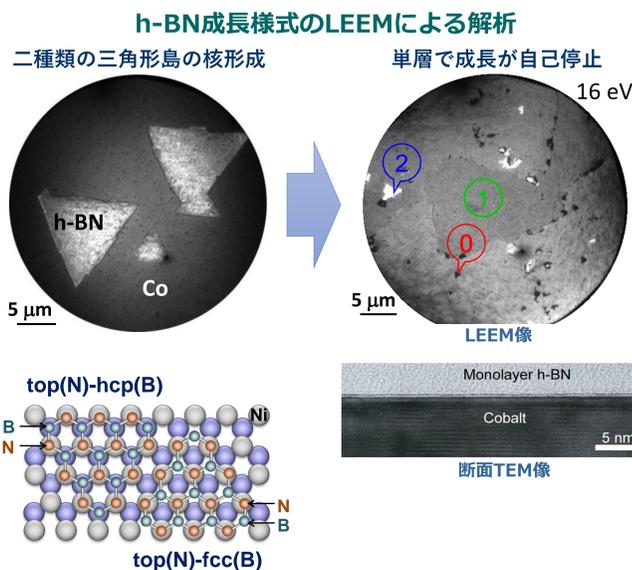
SiC上グラフェンのLEEM像



### h-BNの化学気相成長

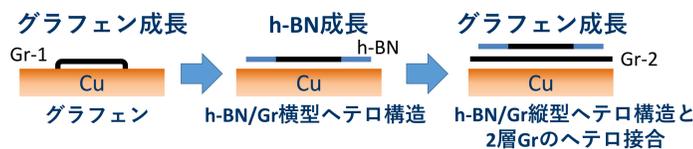
C. M. Orofeo, S. Suzuki, H. Kageshima, and H. Hibino, Nano Res. 6, 335 (2013).

基板: サファイア上のエピタキシャルCo薄膜  
原料: アンモニアボランNH<sub>3</sub>-BH<sub>3</sub>  
成長温度: 1000°C

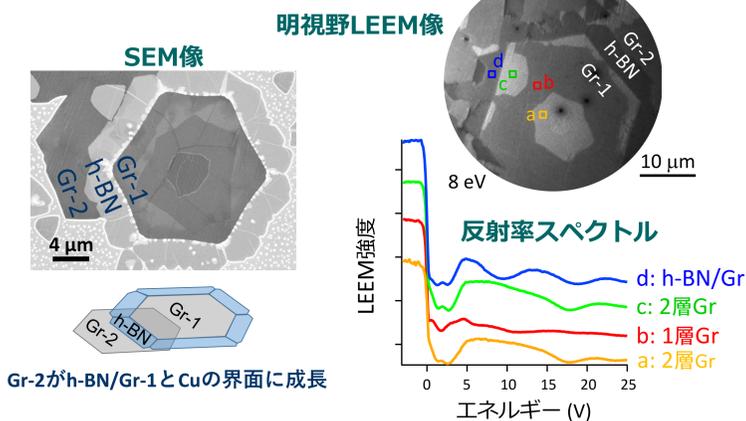


### h-BNとグラフェンのヘテロ構造の成長制御

R. Makino, S. Mizuno, H. Kageshima, and H. Hibino, Appl. Phys. Express 13, 065007 (2020).



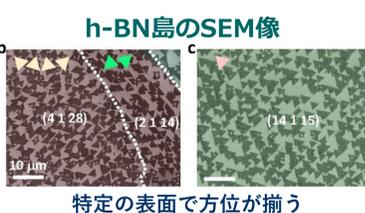
基板: 多結晶Cu箔  
原料: CH<sub>4</sub> (グラフェン)/NH<sub>3</sub>-BH<sub>3</sub> (h-BN)  
成長温度: 1060°C



### 単一方位のh-BNの化学気相成長

S. Wang et al., Adv. Mater. 31, 1900880 (2019).

基板: 多結晶Cu箔  
原料: NH<sub>3</sub>-BH<sub>3</sub>  
成長温度: 1050°C



### h-BN方位のCu面指数依存性

