

エレクトロニクス

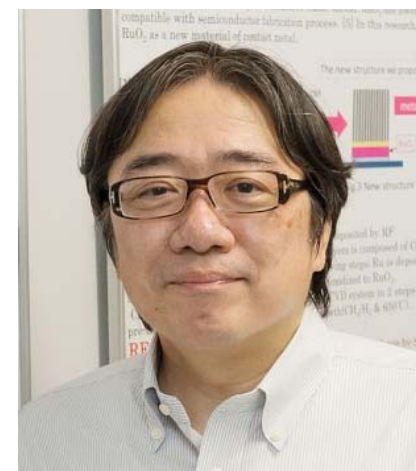
マテリアル

BOOTH  
39

## グラフェンのLSI配線応用のための 材料・デバイス・シミュレーション技術

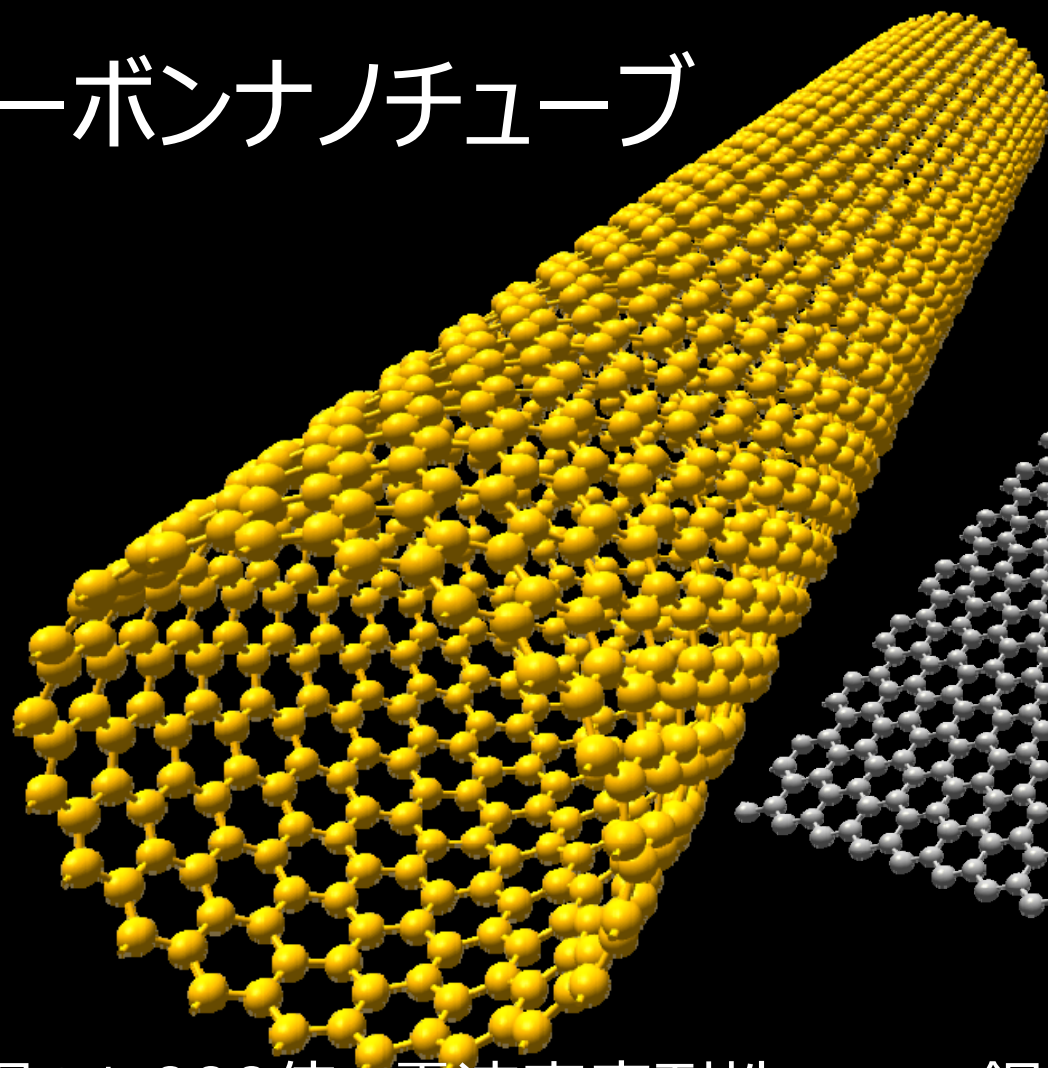
慶應義塾大学先端科学技術センター(KLL) 副所長

電子工学科 教授 **栗野 祐二**



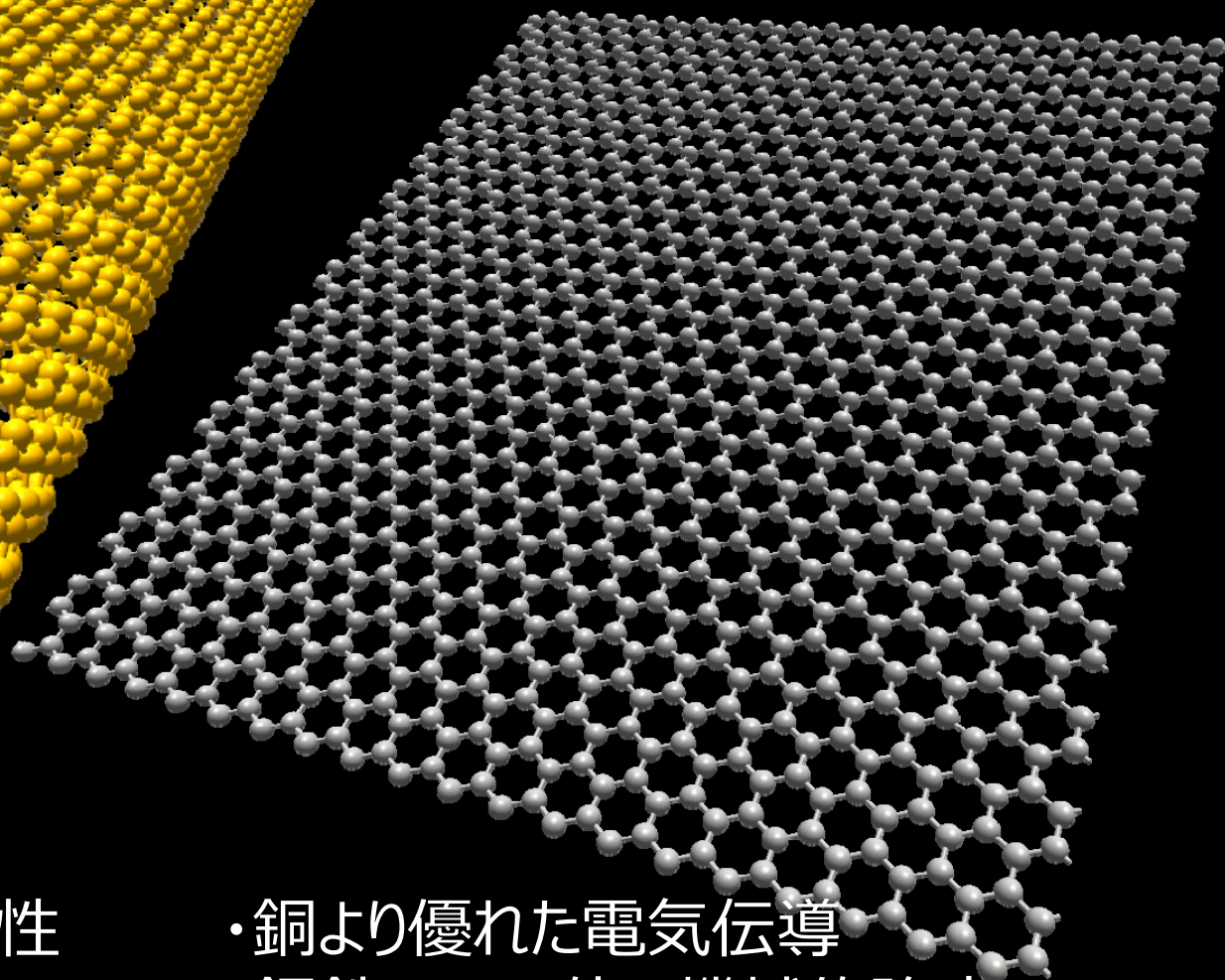
ナノカーボン材料の一つであるグラフェンという新素材を用いたLSI配線応用のための材料・デバイス技術に関する最新の研究について紹介します。

# カーボンナノチューブ



- ・銅の1,000倍の電流密度耐性
- ・従来の金属の10倍の熱伝導

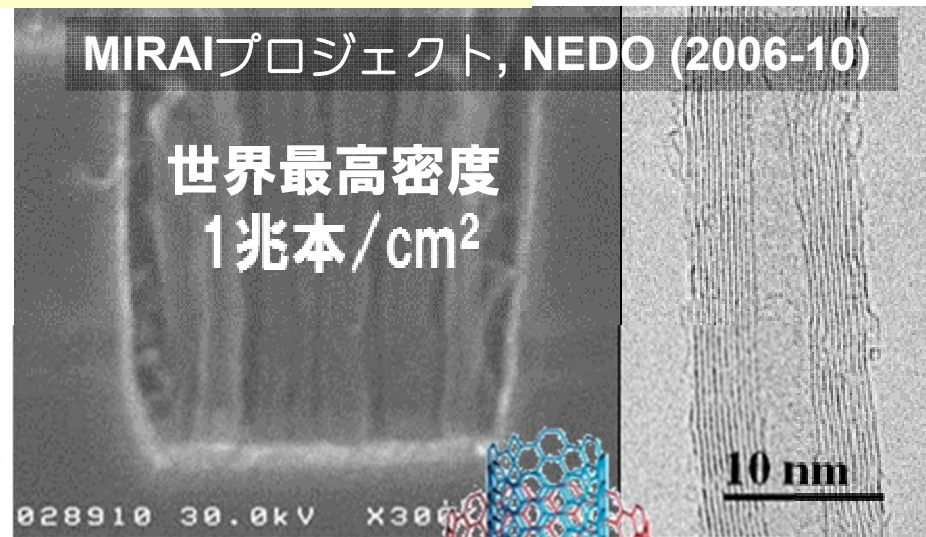
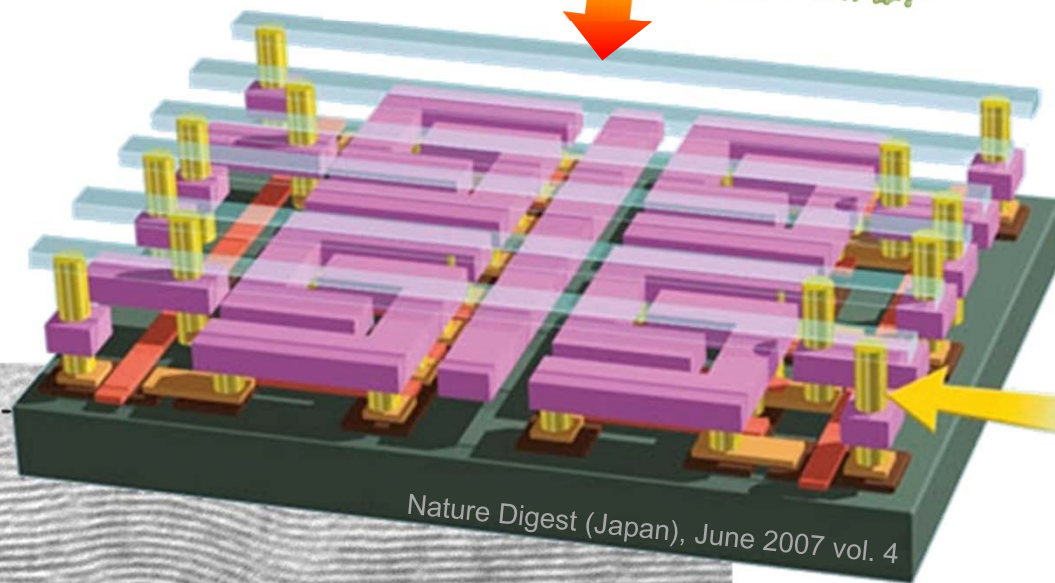
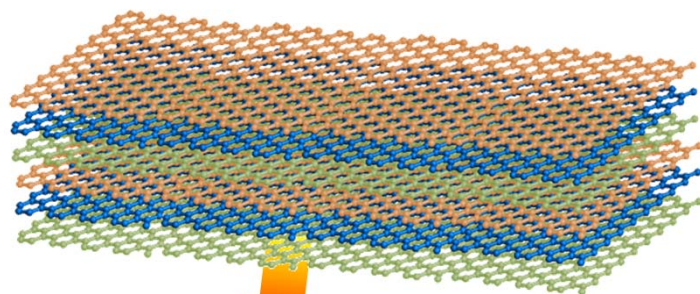
# グラフェン



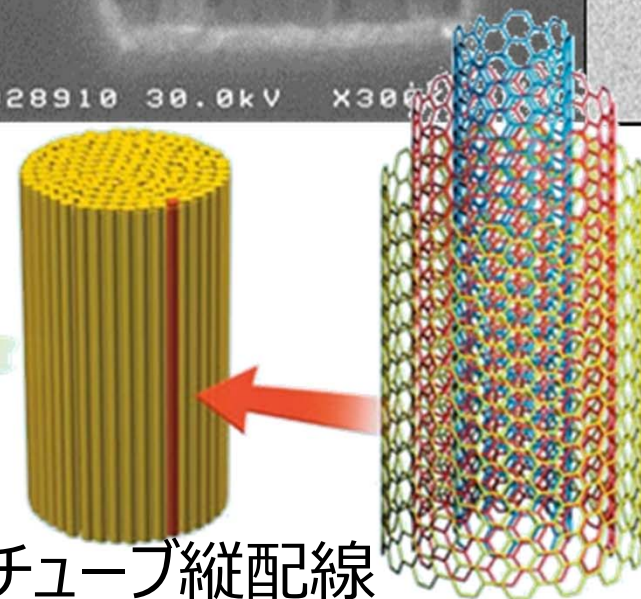
- ・銅より優れた電気伝導
- ・鋼鉄の100倍の機械的強度

# ナノカーボン材料のLSI配線応用

グラフェン横配線



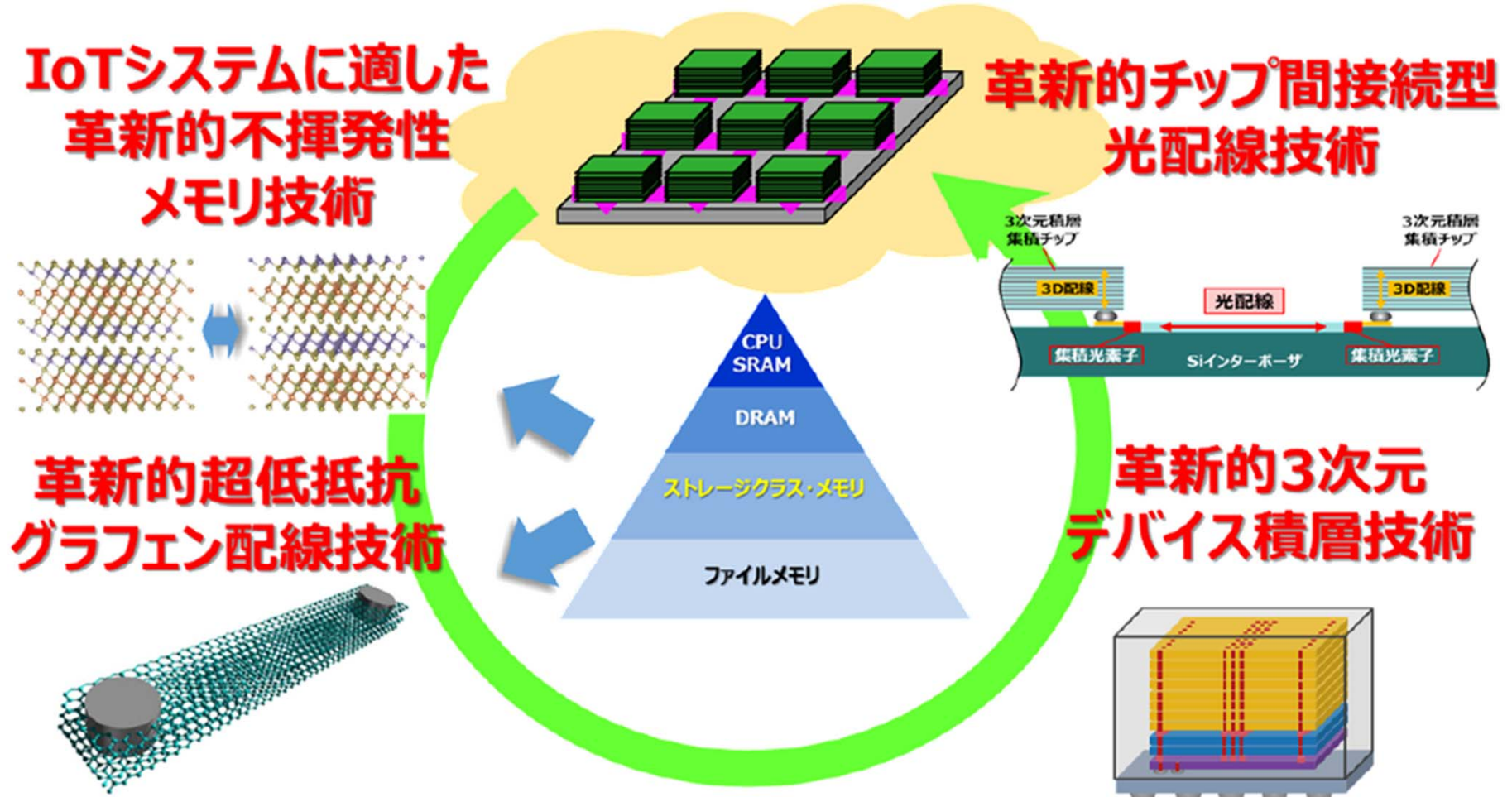
カーボンナノチューブ縦配線



Ultra-Low-Voltage  
Device Project, NEDO (2010-16)

Y. Awano, "Present status and future prospects of nano-carbon interconnect technologies for LSIs," (invited) IEEE IEDM (2015)

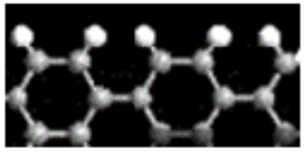
# NEDO : 「IoT推進のための横断技術開発プロジェクト/ 高速大容量ストレージデバイス・システムの研究開発」



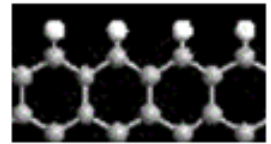
# グラフェン配線の伝導特性に関するシミュレーション研究

グラフェン配線の伝導特性について、理論計算やシミュレーション技術を用いて検討し、微細配線に適したグラフェン結晶構造やグラフェンエッジ構造を提案する。

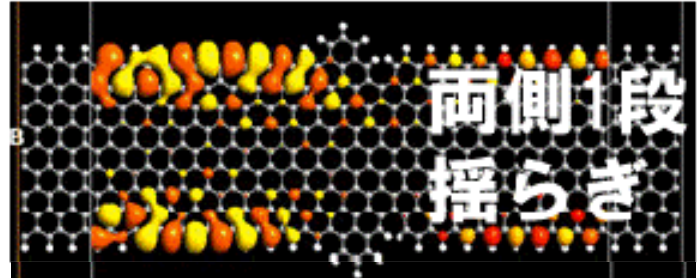
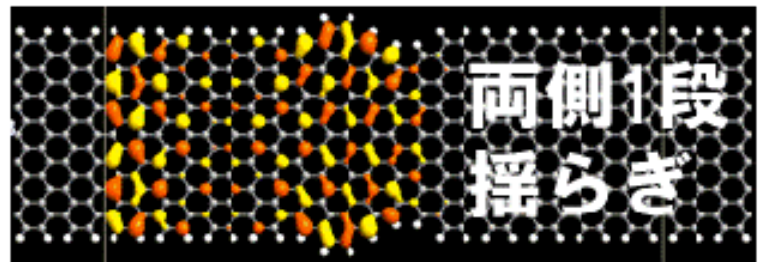
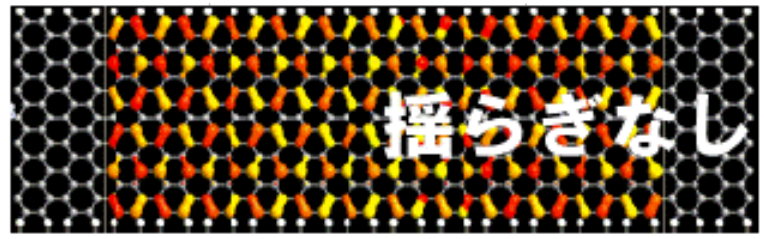
透過波  
 波動関数



アームチェアエッジ



ジグザグエッジ



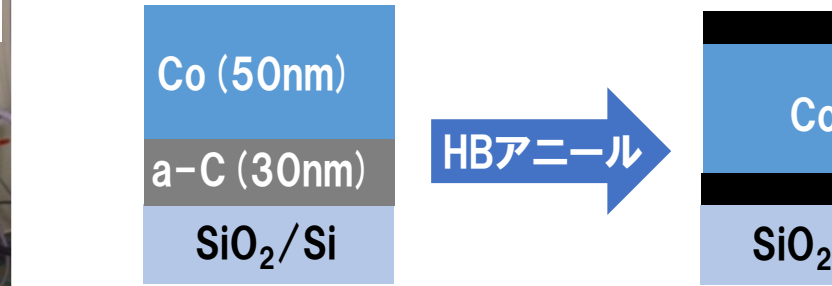
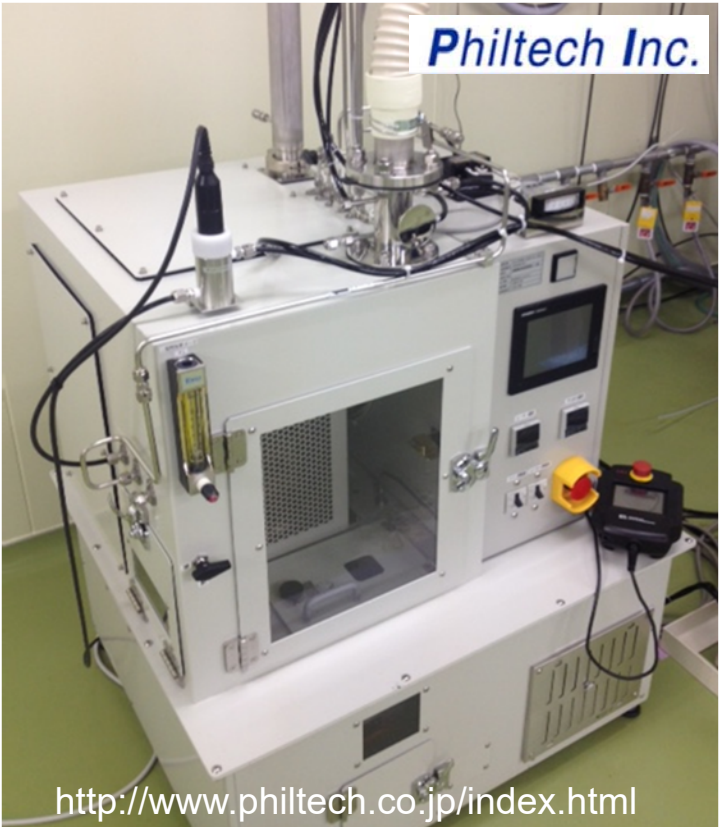
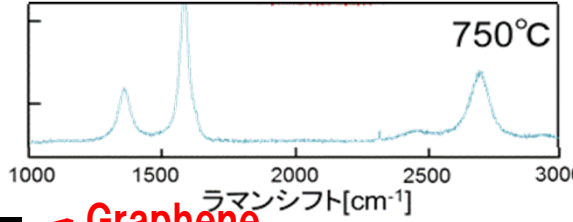
K. Yabusaki et al., IEEE ITC (2015)

【ポイント】 実験を行う前にその方針決定のためシミュレーションを活用。シミュレーション（理論）と実験は常に車の両輪の関係。シミュレーションのためのシミュレーションに陥らないことが肝要。



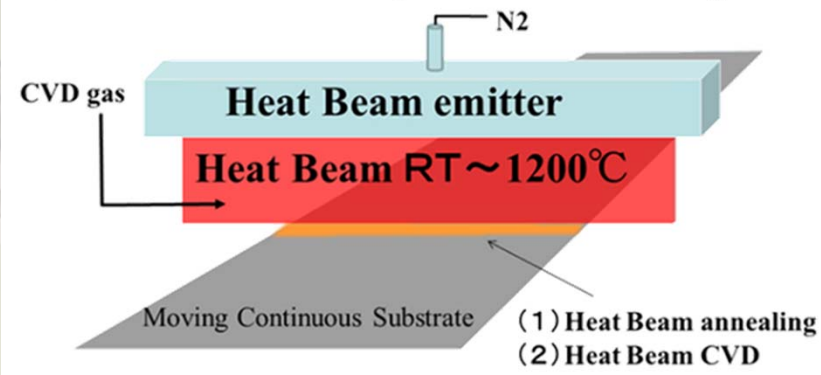
# アモルファスカーボン原料からのアニールによるグラフェン合成 ～ (株)フィルテックから特注ヒートビーム(HB)装置を導入

通常は気体原料から合成するグラフェンを固体原料(a-C)から合成に成功。グラフェンのパターン形成に従来プロセスが使える。



a-C:アモルファスカーボン

基板表面を瞬間に加熱 quick surface heating



液体原料からのHBアニールによる  
カーボンナノチューブ合成にも成功  
Applied Physics Express 6 (2013) 115101

**【ポイント】** Si LSIプロセスとの  
整合性を念頭に置き、従  
来法に比べて優位性のある  
手法探究を行うことが肝要。

<http://www.philtech.co.jp/index.html>

[http://www.philtech.co.jp/r\\_and\\_d/hb\\_annealing.html](http://www.philtech.co.jp/r_and_d/hb_annealing.html)



## 栗野研究室におけるその他の研究テーマ

栗野研究室では、この他にも以下のテーマに取り組んでいます：

- ◆ **PANEL 92** 有機半導体トランジスタの高周波特性評価法の研究【国際標準化事業】
- ◆ 半導体デバイス内での電子とフォノン輸送に関するモンテカルロ・シミュレーション【フォノンエンジニアリング】
- ◆ カーボンナノチューブ, グラフェンの各種電子デバイス・放熱デバイス応用の研究
- ◆ 高出力GaNデバイスのための窒素アニールプロセスの研究

**研究者名**

理工学部 電子工学科 教授 栗野祐二

**お問合せ先**

**awano@elec.keio.ac.jp TEL: 045-566-1506**