

## 1

# ナノ微粒子計測・評価 1



ナノ粒子の粒子径,形状,物性、およびそれらの分布を計測評価する技術について  
ビジネスロードマップを作成する

## 作成方針

1. ナノ微粒子の産業利用, 社会影響の観点から  
今後必要となる計測評価技術にFocus
2. ナノ粒子をとりまく三種の環境で評価法を想定  
・気体中 ・液体中 ・固体中
3. **環境調和型社会の創成に貢献する事例を抽出**

## 課題

1. 現状のナノ微粒子の計測技術におけるニーズとシーズ  
のギャップを埋める技術は何か?
2. 研究室レベルの技術が実用レベルとなるために解決  
すべき課題(実用化の条件)

## 今後の予定

1. 対象領域を拡大する
2. 新技術を探索し結果を反映させる

### 気体中ナノ微粒子の例

1. 大気エアロゾル
2. 製造環境ナノパーティクル(空気中)
3. ナノ粒子製品(材料)

### 液体中ナノ微粒子の例

1. 製造環境ナノパーティクル(水中)
2. 医薬品、化粧品、塗料、液体トナー
3. ナノ粒子製品(材料素材)
4. 生体中ナノ粒子(有機, 無機)

### 固体中ナノ微粒子の例

1. 触媒
2. ファインセラミックス
3. ナノ粒子製品(ナノコンポジット)

2

# ナノ微粒子計測・評価 2



年代			'05	'10	'15	'20
ナノ粒子産業応用への潮流			開発生産	本格利用	機能複合化	
	計測内容	計測技術	実用的に利用可能となる技術			
● 気中 ● 液中 ● 固体中	———	サンプリング	フィルター／前処理技術改良による、捕集の迅速化			
サイズ 形状	直径 体積 外観	TEM, SEM, SPM X線回折, 散乱	SEM、TEM 球面収差補正技術による高分解能化 SPM 探針改良(例CNT)による高分解能化			
分布	浮遊粒子評価 分散・凝集度 計数技術	光散乱, 光子相関 電磁氣的移動度 飛行時間法	技術改良による検出限界, 濃度範囲の拡張			
組成	主成分, 密度 不純物	蛍光X線, XPS SIMS	分析精度向上, 微量試料対応, 分析時間短縮			
構造	結晶構造 分子構造 複合構造*	TEM, SEM, SPM X線回折, XAFS 硬X線光電子分光	構造モデル計算による精密化, 解析時間短縮 形態と状態解析の高精度化			
物性	機械的, 電氣的 光学的, 熱的 化学反応	物性計測 熱分析 反応性	集合体として評価	粒子個々の評価	粒子表面, 界面 の特性評価	

環境浄化  
・浮遊粒子評価  
・土壌評価

資源循環  
・重金属回収

低炭素化  
・ナノ粒子・薄膜の物性評価

\* ナノコンポジットなど

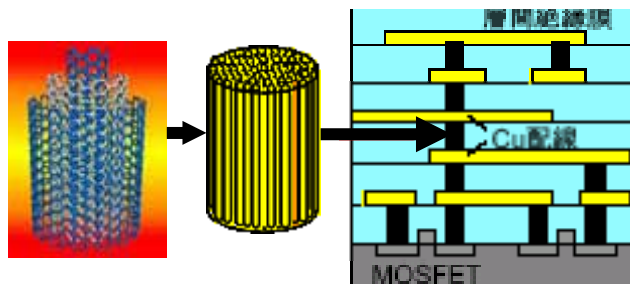
# 3 カーボンナノチューブ計測・評価



ナノ材料の中で最も産業応用が期待されるカーボンナノチューブ(CNT)に関して、純度・形状・分布・特性の計測・評価を切り口にして、分析技術のロードマップを作成した。

## 作成方針

1. CNTをプロセス中で合成・成長させる技術確立を目標にし、プロセス制御に必要な計測・評価技術を俯瞰する。
2. CNT単体の形状観察だけでなく、合成・精製過程での混合物状態での分布解析技術を盛り込む。
3. 純度評価の中に不純物の安全性評価を盛り込む。
4. 各装置測定結果の複合検索への発展を見込む。



出展: 富士通(株)資料

## 分野: エレクトロニクスや素材産業分野

年代			'05	'10	'15	'20
CNTの産業応用への潮流			CNT純度評価			
			CNTの用途開発 / 計測技術の向上			
			製造プロセスへの計測器の利用			
項目	評価内容	評価装置				
純度	構造欠陥評価 表面付着物評価 残存触媒含有量評価 含有不純物評価	透過型電子顕微鏡(TEM) 走査型電子顕微鏡(SEM) ラマン分光 熱分析 発生ガス質量分析(EGA-MS) 近赤外吸光分析	TEM・SEM 収差補正技術向上による高分解能化 ラマン分光 共鳴ラマン等の利用による高感度化			
形状	外観観察 直径計測 長さ計測	(CNT単体形状評価) 透過型電子顕微鏡(TEM) 走査型電子顕微鏡(SEM) (CNT集合体分布評価) ラマン分光 近赤外吸光分析 近赤外フオルミネッセンス	SPMとの複合化技術(SNOM) 熱分析 熱天秤感度向上による微量試料対応			
特性	金属性/半導体性 カイラリティ	ラマン分光 近赤外吸収分析 近赤外フオルミネッセンス	近赤外フオルミネッセンス 測定カイラリティ範囲の拡大			
分散	バンドル状態解析	走査型電子顕微鏡(SEM) ラマン分光 近赤外吸収分析	波長可変レーザー光源利用による高感度化			
			資源循環 高機能材料創生			

## 4

## 計測・評価装置分野



**目的** 我が国の半導体産業における国際競争力を堅持すべく、**ナノシリコンプロセス先進計測・評価技術**を確立する。

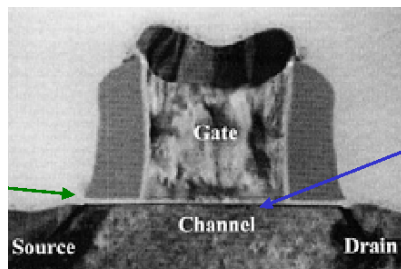
## 背景

1. 超高速化が期待できる**歪Si素子**のプロセス制御に対する設計指針が必要
2. **極限CMOS(ナノCMOS)素子製造**へ向けたプロセスシミュレータの開発が必須

## 求められる技術

1. **Si安定同位体( $^{30}\text{Si}$ )マーカー**
2. 高性能**同位体分析**技術

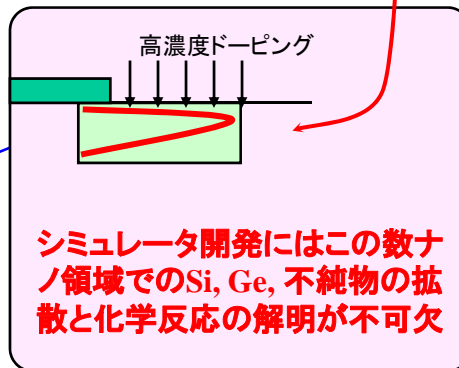
高誘電体絶縁膜



環境浄化  
・GaAsからの脱皮



高濃度ドーピング



**分野** ナノシリコンプロセス計測

## 開発ターゲット

1. 高性能ナノシリコンシミュレータの開発
2. サブナノ分解能同位体分析装置の開発

年代	'05	'10	'15	'20	
潮流	hp90	hp65	hp45	hp32	hp22
同位体深さ分析	SIMS深さ分解能の向上		原子層分解同位体分析装置の開発		
シミュレーション技術	サブ10 nm領域のシミュレーション技術の確立		ナノCMOSシミュレータの開発		
規制等					

5

# 次世代LSIの計測

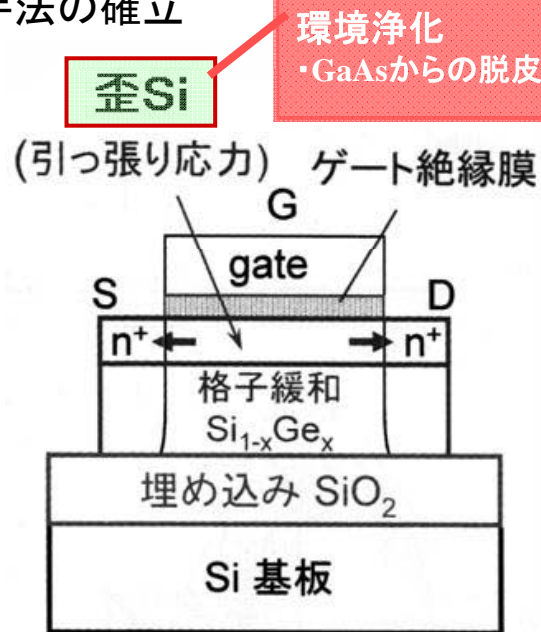
—歪Siプロセス対応近接場分光装置の開発—



**目的:** ナノCMOSデバイスの高性能化  
速度を決定するチャンネルの歪量計測  
評価手法の確立

**分野:** ナノシリコン先進計測評価技術(装置)

**開発ターゲット:** 歪量2次元計測



年代	'05	'10	'15	'20
潮流 (微細化)	hp90	hp45	hp32	hp22
製品	90nm対応装置	45nm対応装置		22nm対応装置
		65nm対応装置	32nm対応装置	
技術	50nm分解能 近接場ラマン 分光技術			nm領域励起近接場 分光法の開発
		10nm分解能高精度・高感度 近接場ラマン分光技術		

## 背景:

- デザインルール則に従ったデバイスの高速化はリーク電流の増大により困難
- ゲート領域の歪量計測技術の確立が急務