



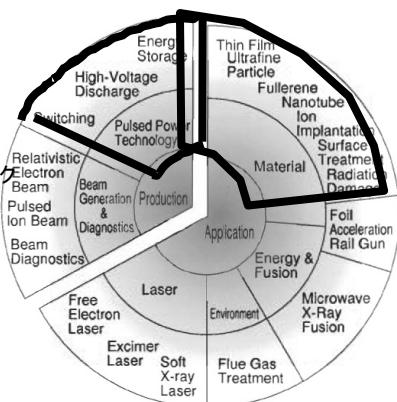
## 電磁エネルギーーム工学部門II

(2005～現在)

新原皓一、中山忠親

### 1. 研究目的

- **ナノマテリアルの新規合成法開発**
  - 大気圧プラズマ
  - 液中プラズマ
- **大気圧プラズマを利用した新材料合成**
  - パルス大気圧放電によるM(NO)<sub>x</sub>ナノ粒子作製
  - RF大気圧バルクプラズマによるバルク金属/セラミックス複合粒子作製
- **その他の極端条件による新ナノ材料合成**
  - ナノパターニングのためのナノインプリント技術
  - ポリマー/セラミックスナノ粒子複合材料
  - 新デバイスのためのナノ粒子内包ナノチューブ
- **その他**
  - ナノコンポジットコンセプトによる多機能セラミックス材料とその産業応用
  - 有機-無機-金属ナノコンポジット触覚センサーとその産業応用
  - ナノコンポジットコンセプトによるバイオナノデバイス



## 2. 研究体制

- センター長 (2005-2006)
  - 特任教授
    - 新原皓一 (2007 – 現在)
  - 助教
    - 中山忠親 (2005 – 現在)
  - ポスドク
    - 鈴木俊太郎 (2007 – 現在)
    - H.B. Cho (2007 – 現在)
  - 客員教授(民間企業)
    - 湯之上隆 (2004 – 現在)  
日立
  - 客員教授(外国)
    - Roman Nowak (2006)  
Helsinki Univ. of Tech.
- 学内共同研究者
    - 岡元智一郎准教授、電気系
    - 植松敬三教授、物質・材料系
    - 小松高行教授、物質・材料系
    - 斎藤秀俊教授、物質・材料系
  - 國際共同研究機関
    - Hanyang University (韓国)
    - Xi'an Jiaotong Univ. (中国)
    - Wuhan University of Technology (中国)
    - Lehigh Univ. (USA)
    - Korea Inst. of Ceramic Eng. and Tech.(韓国)
  - 国内共同研究機関
    - 大阪大学
    - 大阪府立大学
    - 東北大学
    - 産総研、物材機構
  - 民間企業
    - 日本ガイシ
    - 住友化学
    - トヨタ中研
    - 日東電工
    - イナバゴム
    - Lightnics, 他

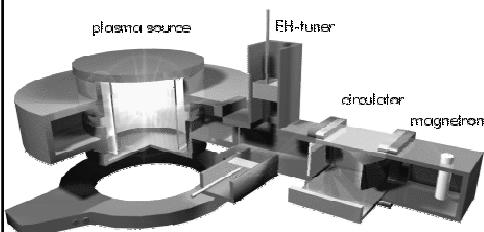
## 3. 研究成果・水準

- 論文
  - 39 報(含む下記):(2005~2007年の3年間)
    - Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 312, pp. 27-31 (2007).
    - Chemical Physics Letters*, vol.427, pp.127–131 (2006).
    - Journal of Chinese Ceramic Society*, vol.33 No.7 pp.876-881 (2005).
    - Ceramics International*, 31(8), 1131-1134 (2005).
    - Journal of Materials Research* , 20(1), pp.183-190 (2005).
    - J. Am. Ceram. Soc.*, 88 [6], 1468-1473 (2005).
  - 論文引用回数(2007年度まで)
    - 6. 800回以上(1論文での最大引用回数: 500回以上)
- 招待講演等(2005~2007年の3年間)
  - 27回
  - プレナリー(14回), 基調 (6回), 招待(7回)
- 受賞(2005~2007年の3年間)
  - 4回
- 特許(2005~2007年の3年間)
  - 申請: 6, 権利化: 1
- 著書(2005~2007年の3年間)
  - 3(分担)
- マスメディアでの記事(2005~2007年の3年間)
  - 2回

### 3. 研究成果・水準

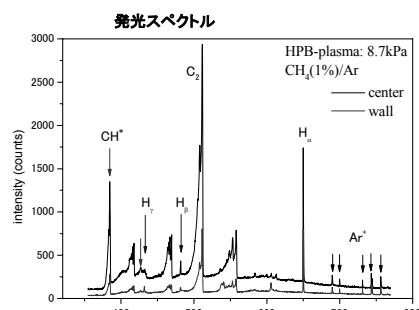
#### 3-1 ナノ材料創製法開発

##### 大気圧バルクプラズマ



Technical specifications:  
frequency: 2.45 GHz  
power required: 1 - 6 KW  
plasma shape: sphere  
plasma diameter: approx. 145 mm  
pressure range: 0 - 1000 mbar

大気中での活性種発生可能!!



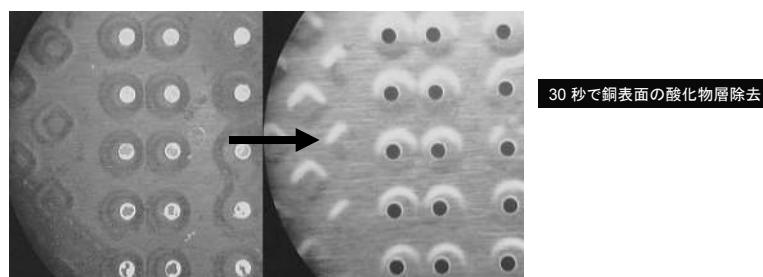
##### 分析結果

- H ラジカル
  - $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$
- $CH^*$  (1%  $CH_4$ )
  - 387.7, 30.9 nm
- $C_2$  (1%  $CH_4$ )
  - 516.7 nm
- H 分子
  - 560-630 nm
- Ar イオン
  - 696-764 nm

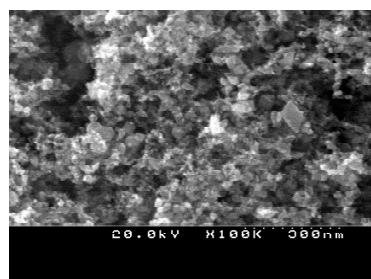
##### 大気圧プラズマの応用

###### 1. エッティングと清掃

高活性、高速、単純そして低コストの材料処理、作製装置

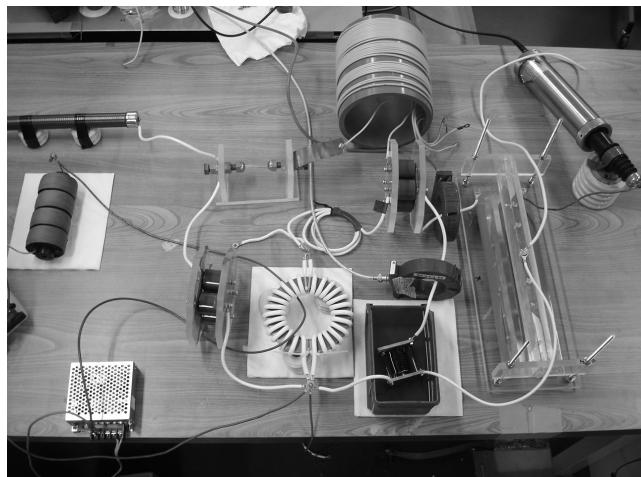


###### 2. ナノ粒子作製



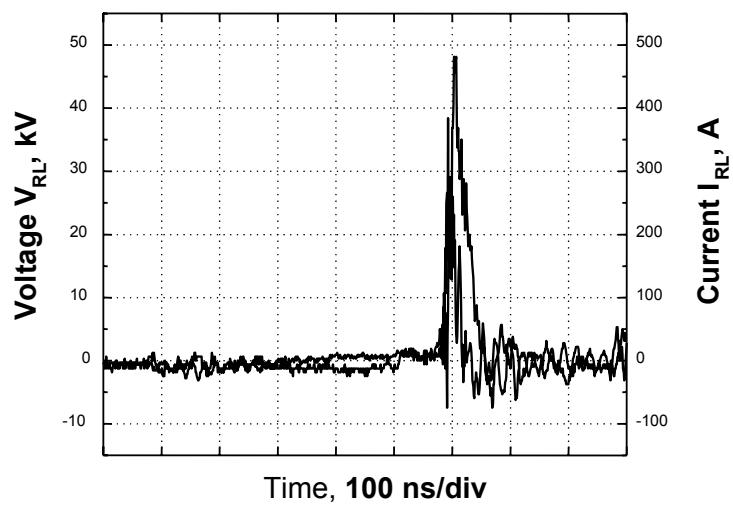
### 3-2 ナノ秒パルス放電プラズマ

#### 回路



### 3-2 ナノ秒パルス放電プラズマ

Peak Output Voltage : 48 kV  
Peak Output Current : 386 A Pulse half-value width : 17 nsec



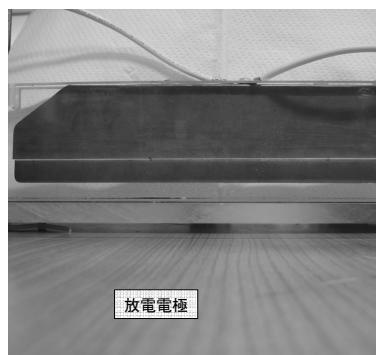
### 3-2 ナノ秒パルス放電プラズマ

応用分野；

NO<sub>x</sub> ガス処理

オゾン発生

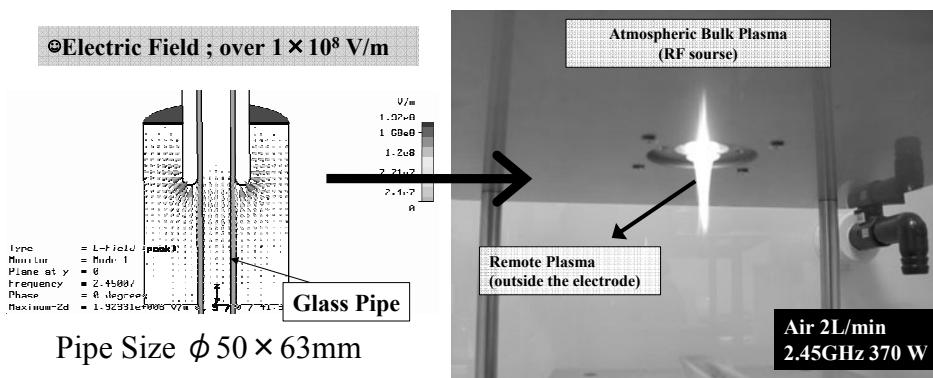
高速プラズマ CVD成膜、微粒子作製



### 3-3 “RF” 大気圧バルクプラズマによるナノ粒子作製

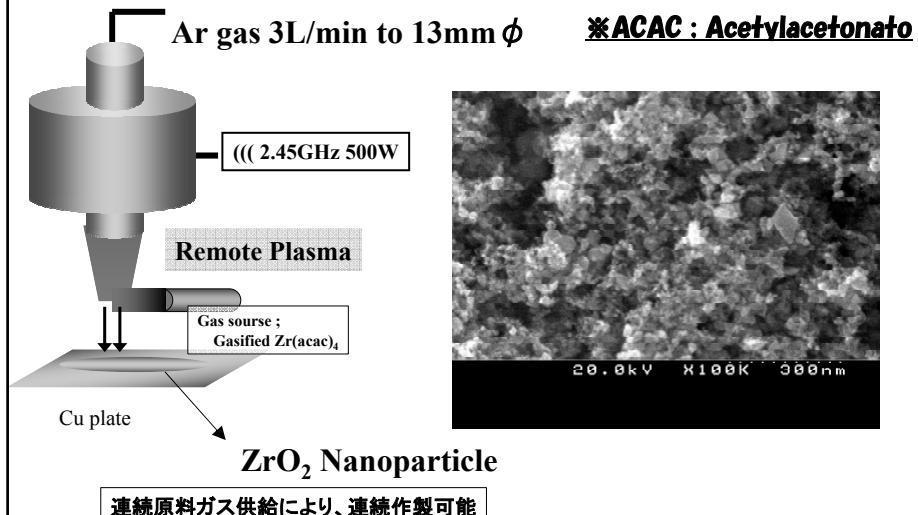
MAGIC による電磁界シミュレーション  
(電場:  $\phi 13\text{mm}$  パイプ内)

“RF”大気圧プラズマ



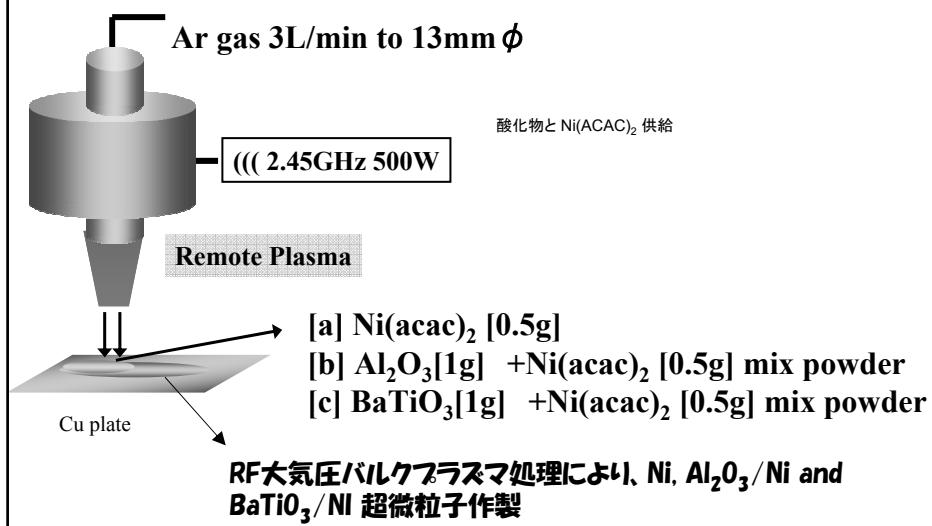
### 3-3. “RF”大気圧バルクプラズマによるナノ粒子作製

#### 1. ガス中プロセス



### 3-3 “RF”大気圧バルクプラズマによるナノ粒子作製

#### ナノコンポジット作製のための混合粒子供給方式



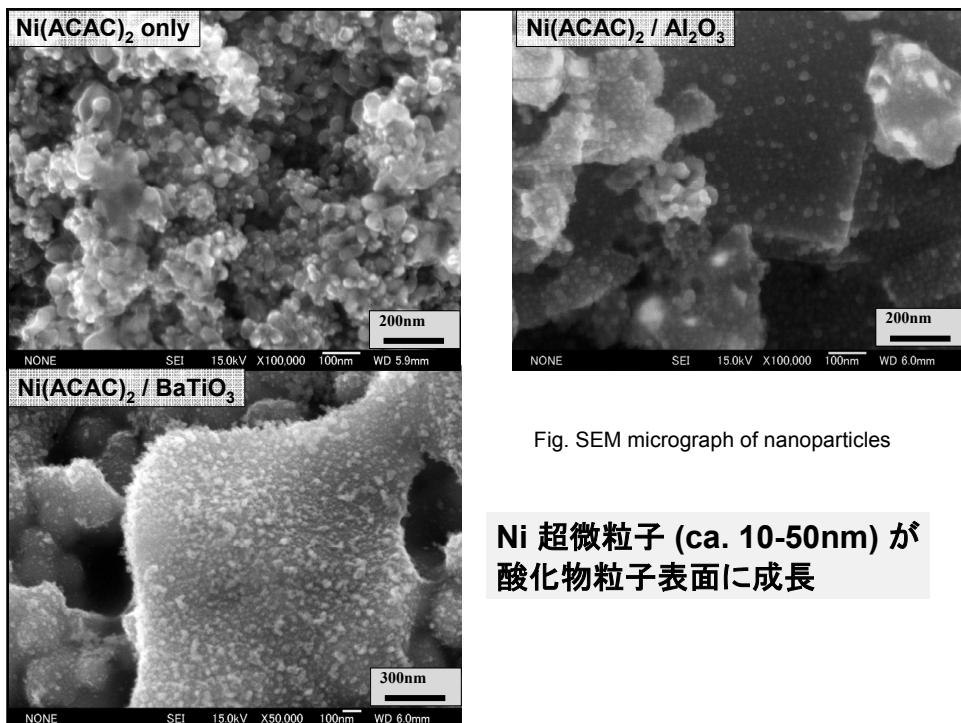
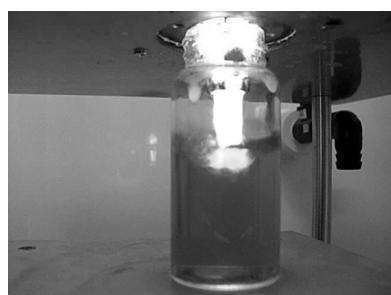


Fig. SEM micrograph of nanoparticles

Ni 超微粒子 (ca. 10-50nm) が  
酸化物粒子表面に成長

### 3-4. 液中プラズマによるナノ材料作製法開発



大気圧プラズマを溶液中に導入することにより、液中プラズマ作製



- ✓ 高エネルギー電子
- ✓ H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> ラジカル
- ✓ UV
- ✓ O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

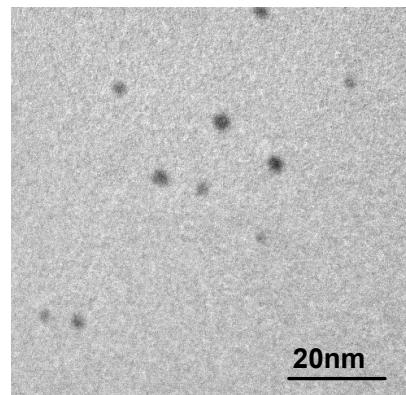
### 3-4. 液中プラズマによるナノ材料作製法開発

#### 実験条件

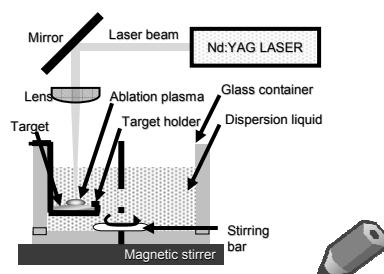
- ・原料 (0.5 mM、Metal ; 100mg/l)  
※HAuCl<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>PtCl<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>PdCl<sub>4</sub>, AgNO<sub>3</sub>
- ・Ar gas 5 L/min
- ・350 W 2.45GHz

- ✓超微粒子作製可能
- ✓壁面への超微粒子付着を観察  
(静電的相互作用:自己組織化超微粒子作製のために利用可)

Pt 単分散超微粒子

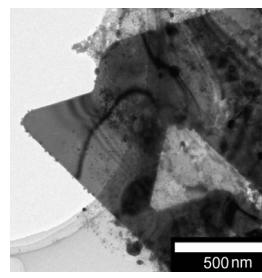


### 3-5. 液中レーザーアブレーションによる異方性ナノ材料作製

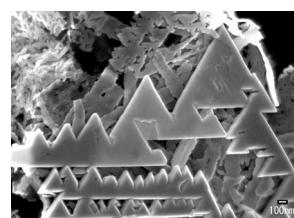


Nd:YAG Laser	355 nm
Pulse width	7 ns
Repetition rate	10 Hz
Laser intensity	12 mJ
Energy density	1 J/cm <sup>2</sup>
Irradiation time	60 min
Target	Ag(1 mm, 99.98 %)
Dispersion liquid	Purified water(6 ml)
Stirring speed	< 200 rpm

Kinds of Dispersion liquid	Purified water NaCl 10 <sup>-6</sup> mol/L NaBr 10 <sup>-6</sup> mol/L KBr 10 <sup>-6</sup> mol/L CaCl <sub>2</sub> 10 <sup>-6</sup> mol/L
----------------------------	--



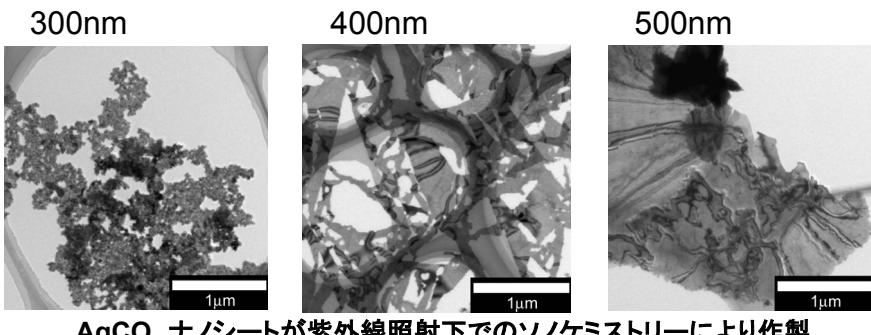
Agナノシートの明視野TEM像



AgナノシートのSEM像

### 3-5. 紫外線照射下でのソノケミストリーによる 異方性ナノ材料の作製

Precursor powder	Ag <sub>2</sub> O [g]	0.01
Dispersion liquid	H <sub>2</sub> O [ml]	50
	Frequency [kHz]	100
Ultrasonic	Power [W]	100
	Time [min]	60

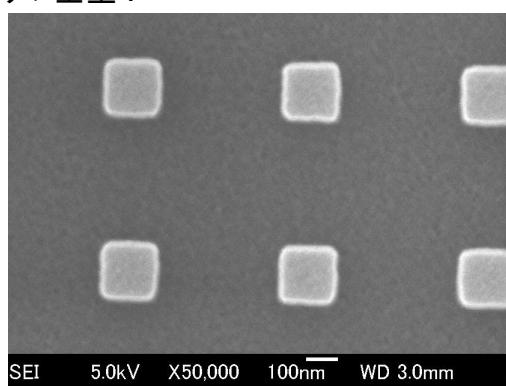


AgCO<sub>3</sub> ナノシートが紫外線照射下でのソノケミストリーにより作製

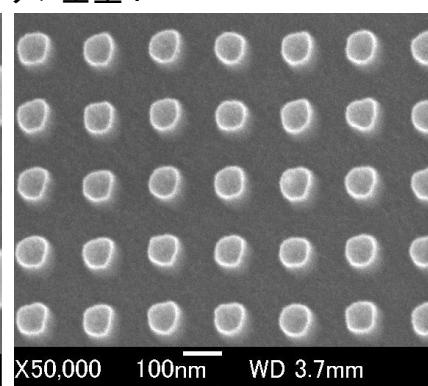
ナノシート形態は、紫外線波長により調整可能

### 3-6. ナノインプリントング技法

ナノ金型！

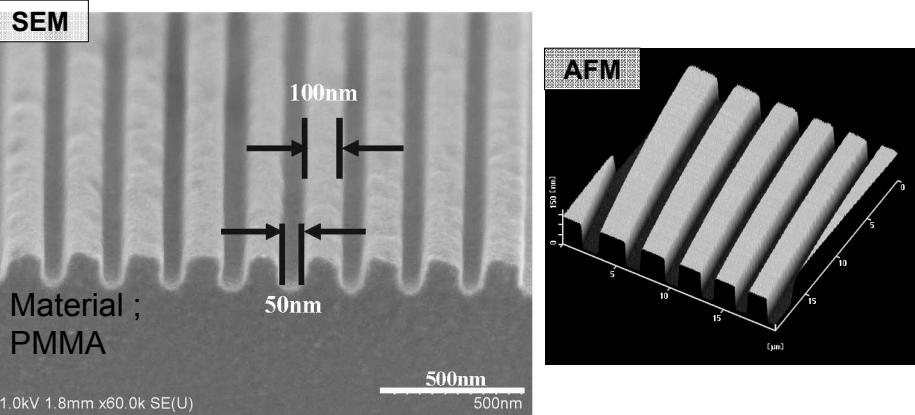


ナノ金型！



集束イオンビーム加工装置により作製した  
カーボンナノチューブとグラッシャーカーボンナノインプリント用金型

### 3-6. ナノインプリンティング技法



同一条件で50nmの構造のパターニングが可能

熱処理によるパターニング技法

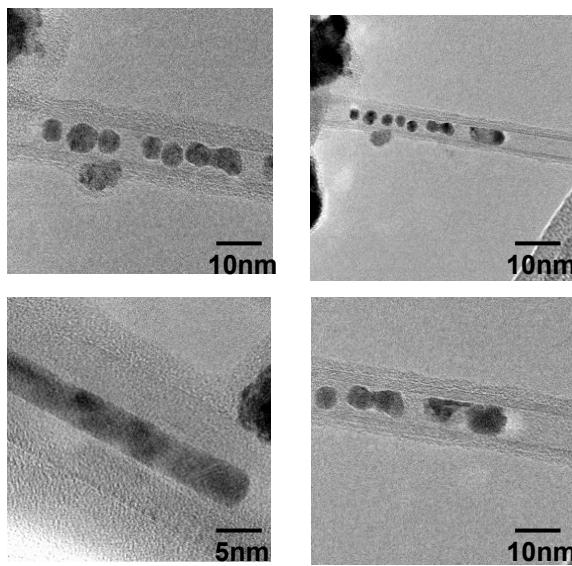
micro-TAS, バイオセンサー、ナノセンサー他

### 3-7. ナノ粒子内包ナノチューブ

Pd@CNT

Pd 内包  
単層、多層 ナノチューブ  
(Outer dia:10-20nm、  
Inter dia: 5-6nm)

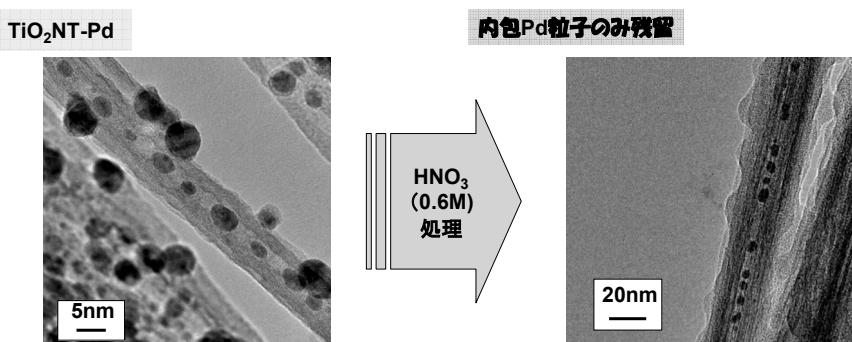
Pt, Ni,  
FePd 合金他



ナノ粒子、ロッド内包新ナノ構造体作製法開発

### 3-7. ナノ粒子内包ナノチューブ

HNO<sub>3</sub> 处理による TiO<sub>2</sub>NT-Pdからの外接粒子除去技法



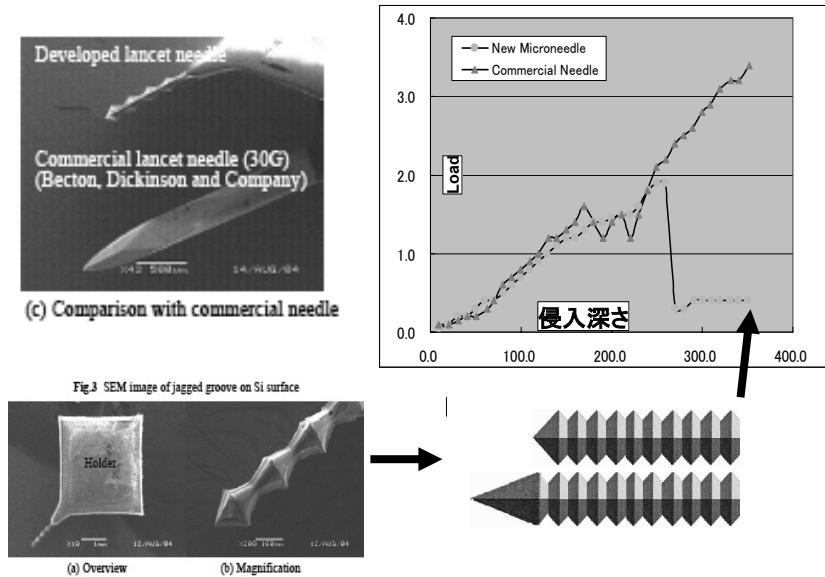
- 内包粒子は残留し、外接粒子のみ除去する技法開発
- 硝酸により分解した炭素は、基板として利用可

### 3-8. 生分解性マイクロニードル



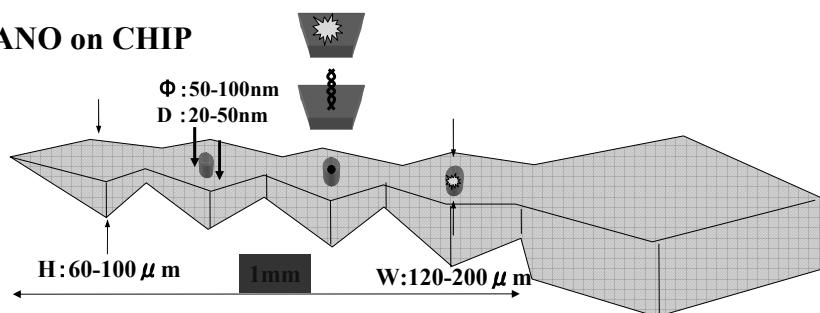
—Toward Dream—

### 3-8. 生分解性マイクロニードル

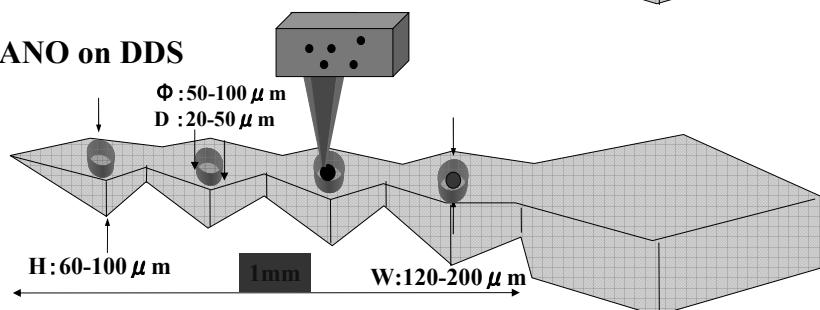


### 3-8. 生分解性マイクロニードル

#### NANO on CHIP

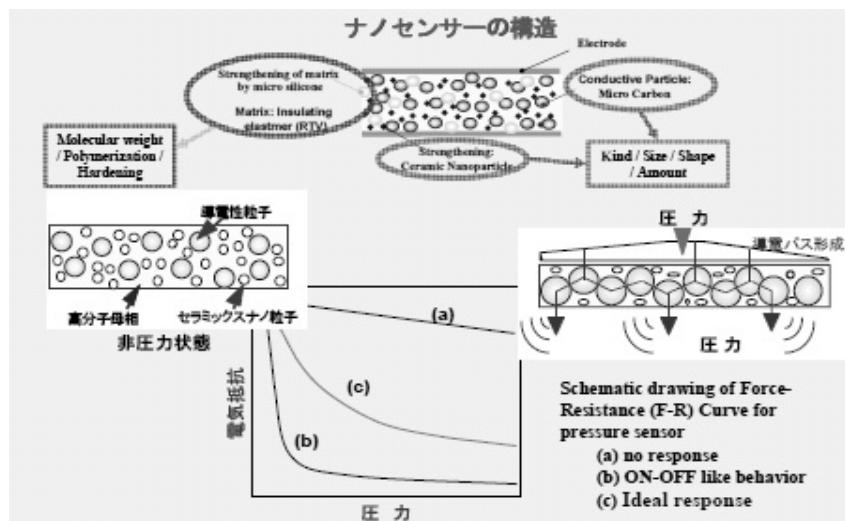


#### NANO on DDS



### 3-9. 多機能セラミックス

・有機/無機ナノコンポジット感触センサー

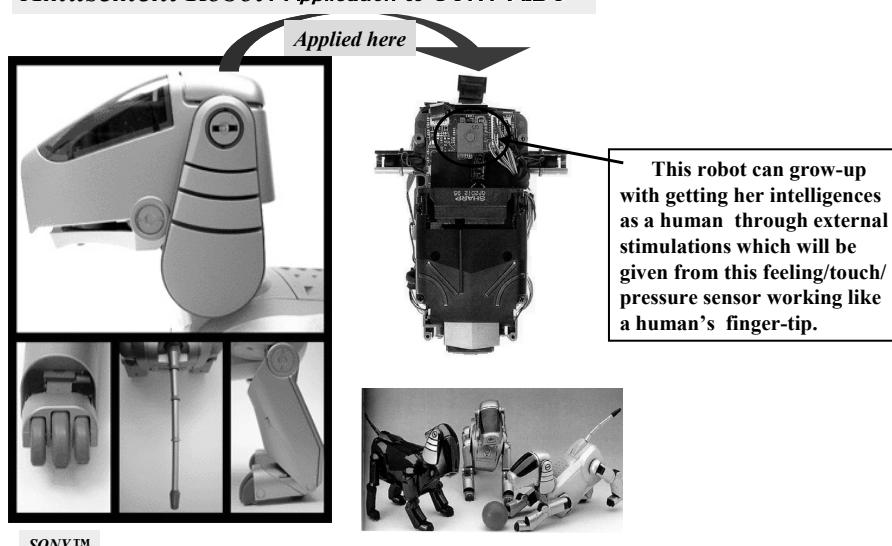


#### ・その他の機能調和ナノコンポジット系セラミックス

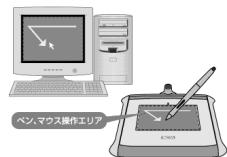
電気伝導性を制御した高熱伝導性AIN粒界ナノ複合材料、機械加工可能な高強度セラミックス  
 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2$ 双方向ナノ複合材料(生体材料)、その他

### 右側加筆はセラミックス ナノコンポジットセンサーの最初の応用例

#### Amusement Robot: Application to SONY AIBO



## 現在、将来の産業応用



### ・AIBO ロボット

- ・電子ピアノ
- ・水圧センサー
- ・靴、衣服センサー
- ・ロボット用感触センサー
- ・携帯電話
- ・ディスプレイ
- ・パソコン用エアーパン
- ・自動車

2005以降(大阪大学、イナバゴムとの共同)



柔軟性  
ボディー

「トヨタ i-Real」への  
応用  
(東京モーターショー2007)





## 4. 教育活動

- **講義**

新原、中山

- プラズマ物性工学 (3年)
- 高電圧工学 (4年)
- レーザー光学 (4年分担)

中山

- 学生実験 (4年)

- **課程博士**

- 修了: 1
- 在籍数: 2
- 入学予定者数: 1

## 5. 社会貢献

### 1. 啓蒙活動

- ・にいがたナノテク研究会ナノ材料分科会
- ・人材設計研究会
- ・新産業創造インターマテリアル研究機構(NPO IMAGINE)
- ・新材料に関するセミナーでの講義(過去3年で13回／外国を含む)

### 2. 國際会議の開催(組織委員長)

6回(HNM, ISEPD, CUP, MGC, IVF 等)

### 3. 国、公的機関、学協会の各種委員

文部省、経済産業省、NEDO、JST、関西経済同友会、新潟県、中小企業機構等  
セラミックス協会、電気学会、応物学会、粉体粉末冶金協会、材料学会等

### 4. 外部評価委員

東京工業大学、物質材料研究機構、北海道大学等

### 5. 客員教授や非常勤講師

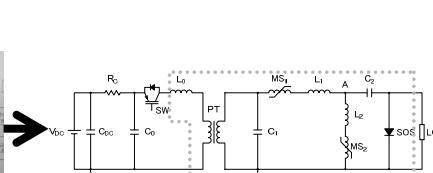
- ・日本(東工大、広島大学、長崎大学、東海大学等)
- ・韓国(漢陽大学、釜山大学、慶州国立大学、KIST等)
- ・中国(西安交通大学、武汉科技大学、四川大学等)

## 6. 将来計画

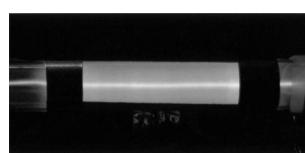
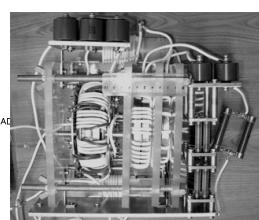
### 6-1. 超高速パルス回路と内製電源を利用した新ナノ材料創製戦略



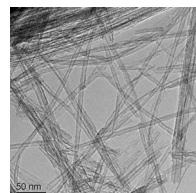
1. 新高速素子



2. 独自の設計指針によるパルス電源内製



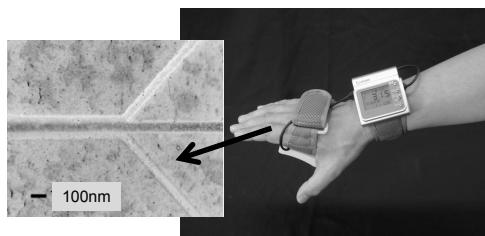
3. 新物理的、化学的反応



4. 異方性新材料創製

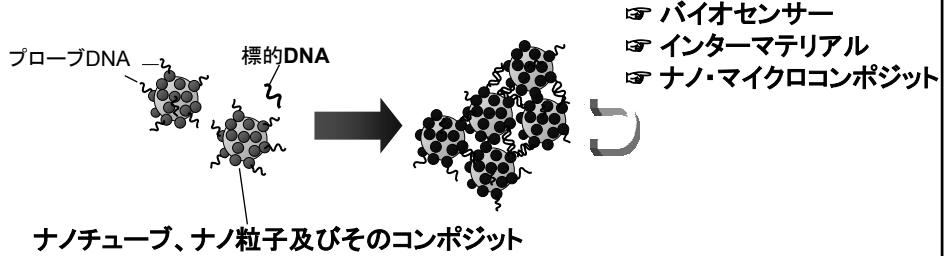
## 6-2. ナノバイオ科学への新応用

### ✓ 新ナノバイオシステム (Ex. micro-TAS, ナノシリンジ)



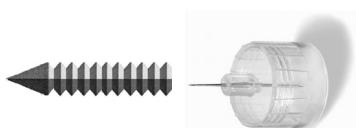
- ☛ ナノインプリントィング
- ☛ 集束イオンビーム
- ☛ 電子ビームリソグラフィー
- ☛ 極端紫外光リソグラフィー
- このハイブリッド化

### ✓ 新ナノバイオセンサー (Ex. DNA センサー)



## 6-3. ヒューマン・ナノインターフェースの新展開

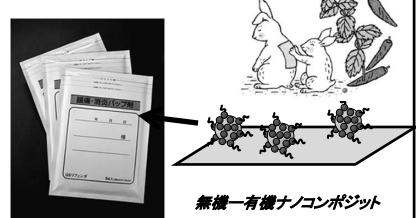
### ✓ リソグラフィー技術を駆使したナノ注射針



- ☛ No Pain
- ☛ Biodegradable Plastics
- ☛ Bio safety
- ☛ Blood draw for Daily Health Check
- ☛ Insulin Injection for Diabetes Mellitus client

Partner ; 近畿バイオインダストリー(NPO)、ライトロニックス㈱

### ✓ 高次構造制御したナノ医薬品



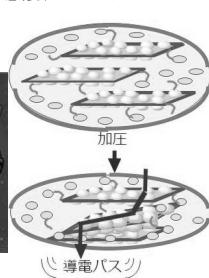
無機・有機ナノコンポジット

Partner ; 日東電工㈱

### ✓ イオンターマテリアルによるナノ感触ナノセンサー



Partner ; イナバゴム、大阪大学、Iトヨタ



加圧  
導電バスアリ

### ✓ 安全な水



Partner ; Nitto Denk 日東電工㈱、住友化学㈱

## 6.4 材料-社会設計コンセプト

