

光とナノテクノロジー

代表挨拶	河田 聡	2
------	------	---

A セッション 基調講演

光が拓くナノの世界	河田 聡	8
-----------	------	---

なぜ、光でナノなのか / フォトンでナノの世界を拓く / 波長の壁を越えるために
近接場ナノ光学 / ニアフィールド顕微鏡の原理 / ニアフィールド顕微鏡の開発
ニアフィールド顕微鏡での観察例 / 分子をみる顕微鏡 / ラマン散乱をみるニアフィールド顕微鏡
フォトンで分子を個別にみて読んで操る / 非線形ナノフォトニクス
フェムト秒レーザー加工の実例 / ミクロの牛 / 生体内マイクロマシンへの応用
マイクロマシンの駆動装置 / 分子振動のイメージング / 光とナノテクノロジー

B セッション ナノ光学と原子

光で原子を積む	大津 元一	26
---------	-------	----

近接場光のキーデバイスとは / ナノフォトニクスを目指して / 近接場光による化学気相堆積の原理
ほうき星の尾は、なぜ太陽の反対方向になびくのか / 光で原子を捕まえる / 原子を導くトンネル
近接場光の応用 / ファイバプローブの技術課題 / 量産性を目指して

ナノの光で原子を読む	菅原 康弘	35
------------	-------	----

光学顕微鏡の回折限界 / 近接場光の検出方法 / 力によるエバネッセント光の検出原理
微弱な力を検出するための周波数変調法 / 表面ポテンシャルの変化だけを抽出する
表面ポテンシャルの入射光強度依存性 / まとめ

C セッション ナノ光学とナノ機械

ナノ機械を光で作る	羽根 一博	46
-----------	-------	----

ミリからマイクロへ / マイクロからナノへ / 近接場光の工学的応用
フォトリソグラフィによるマイクロファブリケーション / マイクロアクチュエータの製作例
集積型近接場光プローブ / 透過率の高い開口を目指して / まとめ

ナノの光メモリ	入江 正浩	55
---------	-------	----

ヒートモード記録の限界 / フォトクロミック材料 / ジアリアルエテンの特徴
単結晶フォトクロミズムの特徴 / 3次元光メモリと近接場光メモリ / まとめ

微小球レーザー	五神 真	63
---------	------	----

はじめに / レーザーの特徴と用途 / 非線形スイッチの必要性 / 光で光を制御する
究極の光制御のツールとして / 光を閉じ込める / 光の共振器 / 微小球レーザー
微小球に閉じ込められた光の漏れ / ポリマー微小球によるレーザー発振
微小球による光閉じ込め限界 / 微小球をつなげる / まとめ

D セッション ナノ光学とバイオ分子

光で生体分子の力を測る	柳田 敏雄	76
-------------	-------	----

医学と物理工学の融合 / 筋肉の構造と収縮機構 / 単一アクチンフィラメントの1分子イメージング
ATPの運動を測定する / レーザートラップを用いた1分子ナノ測定 / ATPase反応と力学反応
ミオシンはブラウン運動で動く / 機械論への挑戦 / 細胞情報伝達・処理 / アメーバのブラウン運動
生体素子は熱揺らぎを利用する

目次

ナノの顕微鏡でバイオを読む：一分子法による細胞膜分子の組織化機構の研究	梶見 明弘	87
はじめに / 一分子観察法 / 一蛍光分子ビデオイメージングと一粒子追跡法の特徴 細胞膜中における膜分子の拡散運動 / リン脂質分子の拡散運動 アンカー膜蛋白質ピケットモデル / E-カドヘリンの拡散運動とその生理作用 神経細胞のイニシャルセグメント / まとめ		
細胞内情報伝達のナノ刺激とナノ観察	中村 収	97
はじめに：生物と光 / 2光子吸収による3次元特性 / フェムト秒レーザーと生体 近赤外光の特徴 / 多焦点走査コンフォーカル顕微鏡 / カルシウムイオン波を観察する フェムト秒レーザーでイオン波を誘起する / 第2高調波顕微鏡の開発 / 細胞を手術する / まとめ		
Eセッション 特別講演		
光ナノ産業の現状と将来	吉田庄一郎	108
ナノメートルとは / 半導体の製造工程 / 光ステッパーの概念 / 解像度と開口度(NA) 小さな k_1 ファクタを達成するために / 位置決め精度を高める / スキャニング・ステッパー ステッパー構成図 / リソグラフィロードマップ / ステッパーの開発史 / 日本の産業構造の変遷		
Fセッション ナノの光は何色?		
ナノ微粒子の色	林 真至	122
ナノのなにごおもしろいか / 金属微粒子の色 / 金ナノ粒子の吸収スペクトル 金属ナノ粒子による光吸収 / シリコンは光るか / 高周波同時スパッタリング法 シリコンナノ結晶の蛍光スペクトル / 宇宙の塵の正体は ナノダイヤモンドの熱処理によるカーボンオニオンの大量合成 / ナノのお経		
熱の出ないナノ・ランプ	高原 淳一	131
白熱電球の誕生 / 初期の白熱電球 / 照明と省エネルギー / 21世紀の照明に求められるもの 白熱電球の物理 / ナノ構造による輻射制御の原理 / ナノ・ランプの構造 / 研究の現状 未来の照明 / 社会・産業への貢献		
Gセッション ナノ微粒子と光		
ナノ微粒子を一粒ずつ捕らえて見る	増原 宏	144
なぜ、ナノメートル有機微粒子か / なぜ単一ナノ微粒子分光か / なぜ散乱分光か 測定試料の作製 / 単一金ナノ微粒子の観察例 / 単一ポリジアセチレンナノ結晶 ナノ微粒子の捕捉原理 / 高分子ナノ微粒子の凝集・固定 / 単一金ナノ微粒子の光固定 / まとめ		
空中で作って見る一粒の微粒子	小谷 正博	155
身近にいっぱいある微粒子 / イオン・トラップ法の原理 / イオン・トラップに液滴を捕まえる イオン・トラップの原理 / 微粒子の作製法 / 液滴での形状共鳴の観測 荷電粒子内での相変化の観察 / 溶液からの結晶の析出 / 微小液滴・微結晶の蒸気圧		
溶液一滴の分子反応	喜多村 昇	163
なぜ溶液1滴か / 化学反応に量子効果はあるか / 油1滴の光化学反応の特徴 光誘起電子移動反応とは / 有機化合物の光シアノ化反応 / なにが反応収率を決定するのか 単一液滴実験 / 化学反応における油滴サイズ効果 / まとめ		

Hセッション ナノ光学とナノデバイス

半導体ナノ粒子の機能	伊藤 正	172
はじめに / ナノ粒子が作り出す光の世界 / 量子サイズ効果 / ナノ粒子の蛍光の色 ナノ粒子の光学非線形性 / 非線形光学機能 / ナノ粒子表面の効果 / ナノ粒子1粒1粒をみる ナノ空間での電荷移動のモニター / まとめ		
有機結晶をナノ光源で読む	高原 淳	182
近接場光学顕微鏡の特徴 / 高分子鎖は固体のなかでどのような構造をとっているか 偏光を用いた光学顕微鏡の原理 / 結晶性高分子のナノ構造 / ポリエチレンの単結晶を観察する ポリエチレンフィルムを観察する / 高強度のケブラー繊維の断面をみると / まとめ		
ナノ粒子から作る新材料	中西 八郎	192
有機ナノ結晶研究の動機 / 有機ナノ結晶の作製法 / ナノ結晶化を試みた有機化合物 有機ナノ結晶のサイズ制御 / 超臨界再沈法 / ポリジアセチレンナノ結晶のサイズと分子量 光学特性の微結晶サイズ依存性 / 材料化に向けた有機ナノ結晶の集積薄膜の作製 「液・晶」系の概念 / 難溶性有機化合物のナノ結晶の作製 / 有機・無機ハイブリッド結晶の作製 まとめ		
演者紹介		202

光が拓くナノの世界

河田 聡

大阪大学大学院工学研究科教授

はじめに、なぜ光でナノテクノロジーなのか、どうやって光でナノテクノロジーを実現するのかを説明して、その後、私たちが進めてきたフォトンのトンネリングによるナノテクノロジーと、複数のフォトンがする仕事について紹介します。

なぜ、光でナノなのか

会場をみわたすと年配の方も多くおられるようで釈迦に説法ですが、私が育った戦後の日本が世界を先導することができたのは、ひとつは精密機械産業において日本がたいへん進んでいたためです。戦後、外国で高い評価をうけた日本製品は、精密機械だろうと思います。カメラや時計、ラジオ、テレビ、録音機……日本が開発した小さな精密機械はいろいろあります。日本人は精密で微細なものを開発してきました。

では、21世紀の日本はどこに移っていくべきでしょうか。ミニチュア、マイクロ技術の次元をさらに下げると、ナノテクノロジーになります。日本人が得意とする精密機械分野で、その発展形態として、われわれ日本人はナノの世界にはいっていくことになると考えています。

もうひとつ日本が世界に誇れるテクノロジ

ーとして、光学技術があります。カメラ、顕微鏡、光ディスク、光通信、レーザー加工などがあげられます。この日本の特異な光学技術を、どう21世紀につなげていくかが課題です。

世界に信頼され日本人が得意とする2つの分野、つまりナノテクノロジーと光学技術を融合させたところに、21世紀の日本のサイエンスとテクノロジーを切り拓く種があると考えています。これが、本シンポジウムのタイトル「光とナノテクノロジー」に表される意味です。

フォトンでナノの世界を拓く

私たちのプロジェクトで進められてきたことをあわせて考えると、フォトンでナノの世界を拓くということは、次のようなテーマを開拓することになります。

フォトンで原子を操る微細加工

フォトンで分子を1個ずつみて読む(分析する)顕微鏡

フォトンで塩基を読んで操作する遺伝子工学

フォトンで細胞内蛋白質を操る細胞工学

フォトンで評価する量子線・量子ドット

フォトンで書いて読む超高記録密度メモ

リ

フォトンで刻んで動かすナノ集積回路といったことです。これらのことを電子ビームでやろうと思うと、その装置の内部を真空にしなければなりません。電子ビームのブラウン管テレビからフォトン制御の液晶テレビになって、真空管のブラウン管はいらなくなりました。光でナノのサイズを制御できるようになれば、量子効果やメゾ効果、サイズ効果などを光でつくることもできるようになるのです。

これらはとても大きな夢ですが、本質的な問題がひとつあります。フォトンエネルギーが低いため生体に優しいし、ダメージが少なく、いろいろなものを加工したり読んだりすることができますが、波長が長いことが問題です。光をどう絞り込んでも、スポットが波長の長さには広がります(図1)。回折という現象です。光の波長の半分までしか絞れないということが、これまでの常識でした。

そのため光学顕微鏡ではマイクロメートル以下の細部を観察することができませんでした。電子顕微鏡ではエネルギーレベルが高いため試料にダメージを与えてしまいます。低いエネルギーの波長の長い光で、ナノの構造をみたり、書いたり、読んだりする技術を開発することが、私たちの目指すところなのです。

波長の壁を越えるために

光は、絞り込むと回折現象によって波長程度に広がるという、いわゆる波長の壁があります。この壁をなんとか越える必要がありますが、努力して少しずつ精度を上げていくと解決するという類のものではありません。

波長を短くすればナノの世界にはいることはできます。X線はナノメートルの波長をもっていますので、これを使えばかなり細かなレベルに達することはできます。しかし、X

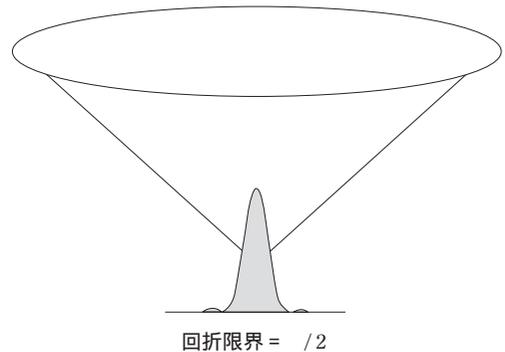


図1 光は絞り込むと、波の性質が現れてきて広がりをもつ(回折現象)

線でみる内核からの電子の励起と、可視光でみる原子の最外殻からの遷移とは異なっています。X線は何でも透過しますし、紫外線は何でも破壊してしまいます。可視光は、それぞれの波長によって、みたい物質の色をそれぞれ識別することができます。さらに波長の長い赤外線では直接分子を揺さぶることができるため、特定の分子結合だけを読むことができます。X線や紫外線などの高いエネルギーのフォトンを使うのではなく、低いエネルギーのまま壁を越えることが、私どものプロジェクトの目標です。

では、どうやってこの壁を越えたらよいのでしょうか。方法は2つあります。

プロジェクトで行ったことは、ミクロの世界からナノの世界にトンネルを掘ることです(図2)。山(壁)が高くてもその幅が狭ければ、これができます。これを近接場光学(ニアフィールド光学)と呼びます。もうひとつは、フォトンが互いに肩車して上へ上へ足し算して、山に登る方法です。こちらは非線形分光光学といえます。

近接場ナノ光学

ここで光学の復習をしておきましょう。光がプリズム(ガラスでも水でもよい)に入射す