◉ 図解：学術講演会大分類

今や2万人以上の会員を抱える応用物理学会．学術講演会では，毎回約4000件の講演が行われている．パラレルセッションのため，なかなかのぞく機会のない他の大分類で，ふだんどのような研究発表がなされているのか．この特集ページでは，分野外の人にもわかりやすい「図解」版で各大分類を紹介します．百聞は一見にしかず．この図解版を講演会聴講補助本として，9月の北海道ではぜひ新しいセッションにも足を運んでみてください．

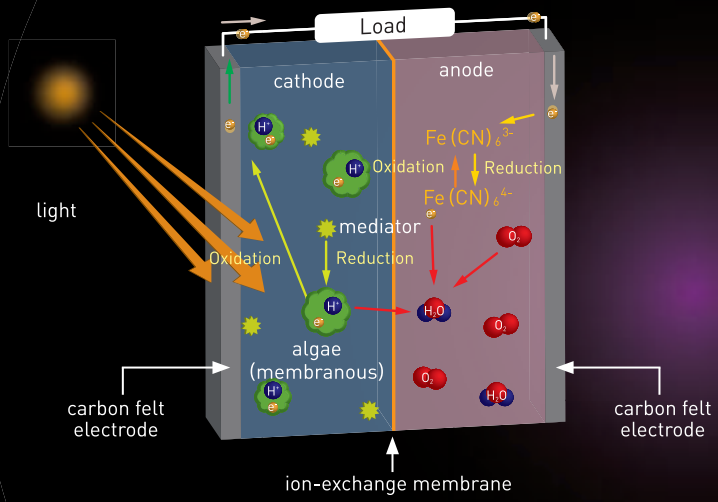
企画·構成：玉田 薫（本誌編集委員長）
企画協力：講演会企画運営委員会

編集·デザイン：増田忠史（msd-office）

応用物理学一般 | *Applied Physics in General*
放射線 | *Ionizing Radiation*
光·フォトニクス | *Optics and Photonics*
薄膜·表面 | *Thin Films and Surfaces*
ビーム応用 | *Beam Technology and Nanofabrication*
プラズマエレクトロニクス | *Plasma Electronics*
応用物性 | *Applied Materials Science*
スピントロニクス·マグネティクス | *Spintronics and Magnetics*
有機分子·バイオエレクトロニクス | *Organic Molecules and Bioelectronics*
超伝導 | *Superconductivity*
半導体 A | *Semiconductors A*
半導体 B | *Semiconductors B*
結晶工学 | *Crystal Engineering*
非晶質·微結晶 | *Amorphous and Microcrystalline Materials*
ナノカーボン | *Nanocarbon Technology*

◉応用物理学一般
Applied Physics in General

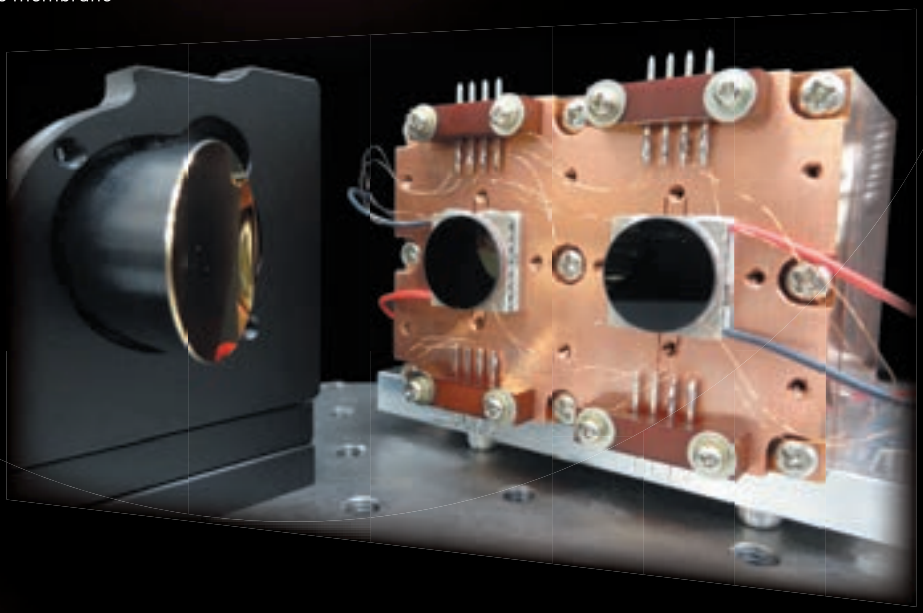
2012年の大分類統合を機に「応用物理学一般」に名称変更. 応用物理一般·学際領域, 教育, 新技術·複合新領域, エネルギー変換·貯蔵, 資源·環境, 磁場応用, 計測技術·計測標準, 超音波の中分類で構成される. 物理に関する分野を幅広く取り扱い, 多彩な議論が特徴である. 本学会の「懐の深さ」を象徴する知的好奇心をくすぐる大分類である.



左図

光合成微細藻類を使用した太陽電池では, 微生物内の光合成反応の過程で発生した電子の一部を電子伝達剤 (mediator) を用いて取り出し, 外部回路へ供給する. 同時に発生するプロトンはイオン交換膜を抜け, 陽極側で還元される.

提供：吉田 遥 (東京工業高等専門学校)
推薦：黒澤忠弘 記者



右図

入射するテラヘルツ波の絶対電力を, 吸収体で生じた熱を介して直流電力と比較精密測定する双子型テラヘルツ絶対電力測定用カロリメータ. 等温制御方式によりサブマイクロワットレベルの微小電力測定を可能とする.

提供：飯田仁志 (産業技術総合研究所)
推薦：原田建治 記者



左図

2013年11月20~24日に, ウランバートルの小中高一貫教育の2私立学校で開催されたモンゴル理科教室 (実験·工作)：オロンログ校 (写真左上) 8, 9年生と新モンゴル校 4, 5年生対象の授業風景 (写真下). 初めての実験授業に子供たちも教員も非常に新鮮·積極的であった. 授業の終わりにモンゴルの歌を歌って感謝の気持ちを表してくれる中学生もいた (写真右上).

提供：岡島茂樹 (中部大学)
推薦：原田建治 記者

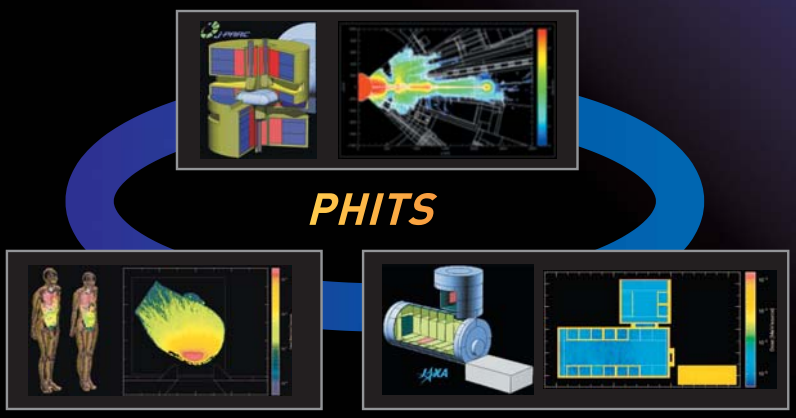
◉ 放射線
Ionizing Radiation

放射線およびその発生・利用に関する研究の推進と技術の向上を図ることを目的とし，1972年に発足した大分類である．対象とする研究分野は，理工学，医学，生物学，農学，地質・鉱物学，考古学，水利・探査などの広範囲にわたる．核融合・原子力からエレクトロニクス素子に至るまで，放射線に関わる全ての研究を網羅する．

右図

PHITSが切り開く新たな放射線挙動解析：放射線挙動解析コードPHITSは，任意の3次元体系内におけるさまざまな放射線の振る舞いを解析できるため，加速器設計（上），放射線医療・防護（左下），宇宙線・原子核物理（右下）など，工学，医学，理学のさまざまな研究分野で幅広く利用されている．

提供：佐藤達彦（日本原子力研究開発機構）
推薦：河原林順 記者

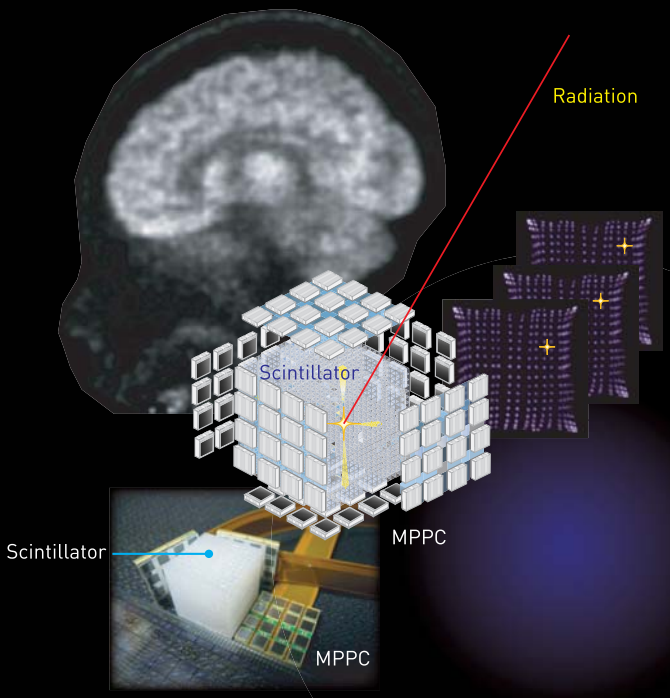


PHITS：Particle and Heavy Ion Transport code System

下図

ここまできたRPLガラス線量計：紫外線で照らせば，皮膚の放射線被ばく線量分布がわかる（ラジオフォトルミネセンス：RPL）．手袋の表面が微細なビーズ型RPLガラス線量計で覆われている．

提供：山本幸佳（千代田テクノル）
推薦：河原林順 記者



PET：Positron Emission Tomography
MPPC：Multi-Pixel Photon Counter

上図

3次元とともに1mmの検出器分解能を達成したPET検出器「X'tal cube」は，レーザーで分割したシンチレータ全面に半導体受光素子MPPCが結合する構造である．放射線検出による発光を全MPPCで受光し，信号の位置演算で検出位置を特定する．

提供：稲玉直子，山谷泰賀（放射線医学総合研究所）
推薦：河原林順 記者



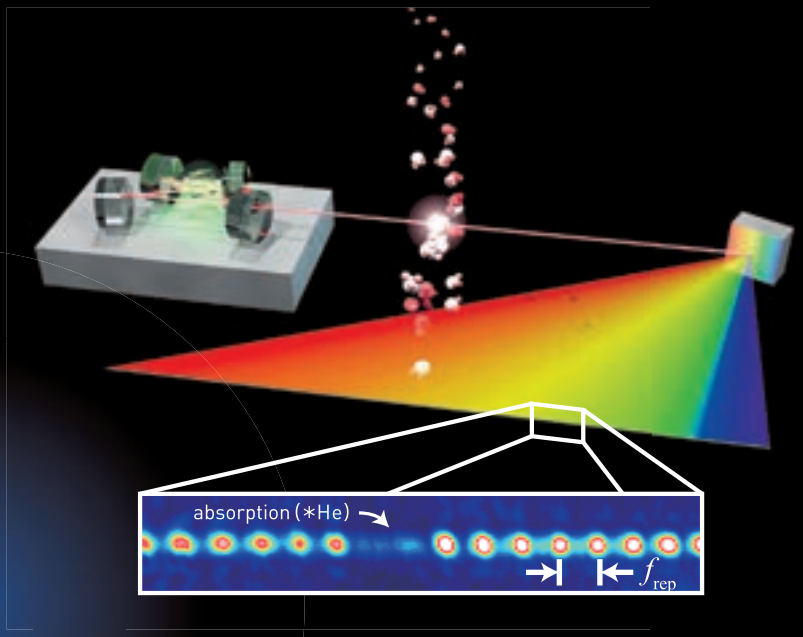
◉光・フォトニクス
Optics and Photonics

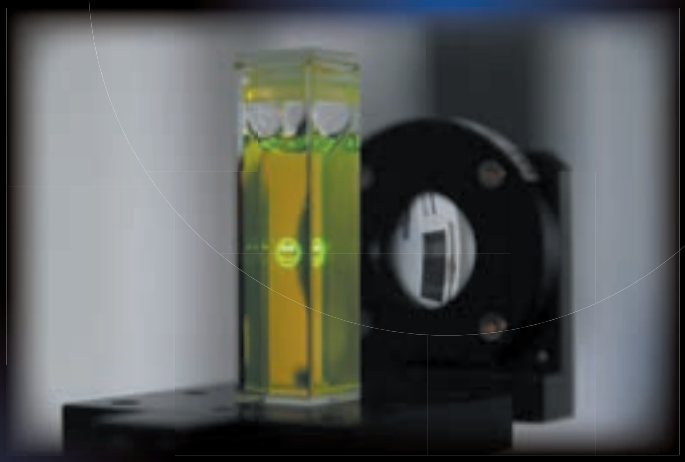
この秋の学術講演会から,「光」「量子エレクトロニクス」「光エレクトロニクス」が統合され, 光に関わる科学技術全般を扱う領域となった. 空間, 時間, 周波数, 振幅, 位相などさまざまな軸からの極限的な光物理と利用法の探求, 光材料・部品, レーザー, ミリ～ナノに至るデバイス開発, 通信, 計測, 画像, バイオなどへの応用まで, 広範な分野を含む.

右図

モード同期レーザーはスペクトル中に縦モードが規則正しく並ぶ櫛(くし)状の形をしているため光周波数コムと呼ばれている.
高性能の分光器で分解すると超精密吸収分光が可能となる. 図は He 吸収の実データ.

提供：遠藤 護, 小林洋平(東京大学)
推薦：美濃島薫 記者
(旧大分類：光)





左図

超短パルスレーザーの集光による多光子励起の発光を用いた液体体積ディスプレイ：平面表示に比べて画素数の多い体積表示では, ビームの機械的走査に加えて計算機ホログラムによるビーム分割で並列アクセスを行う.

提供：早崎芳夫(宇都宮大学)
推薦：津田裕之 記者
(旧大分類：光)

右図

複眼撮像システムTOMBO：イメージセンサ上に微小レンズアレイを配置したコンパクトかつ高機能な撮像システム. 視野, 波長, 偏光などの光学特性を個眼ごとに設定でき, 取得信号に対する演算処理との組み合わせにより多様な用途に応用できる.

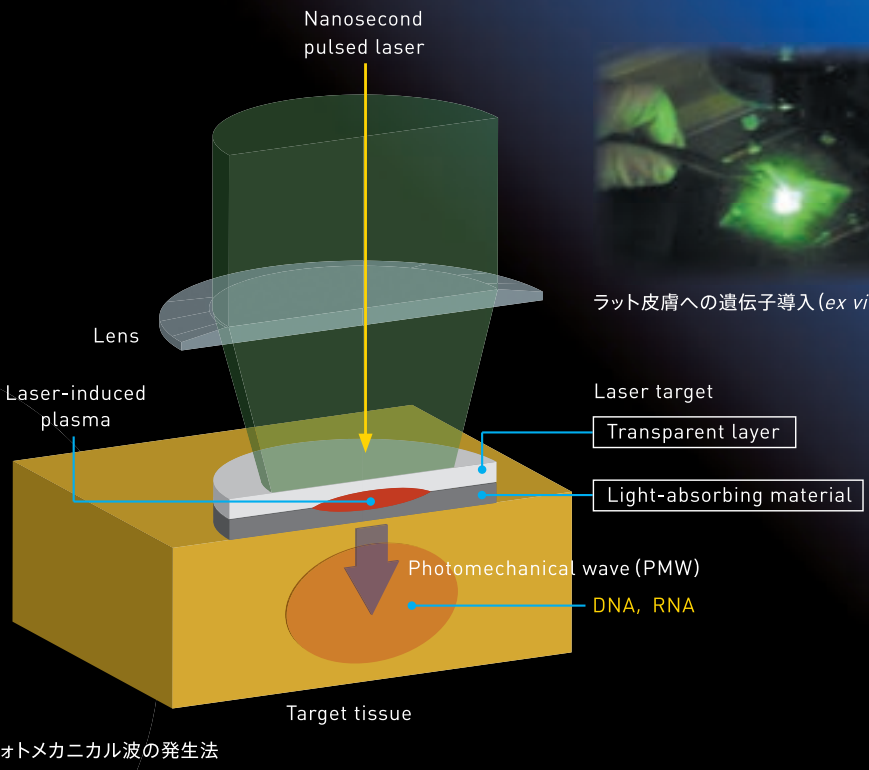
提供：谷田 純, 山田憲嗣(大阪大学),
香川景一郎(静岡大学)
推薦：津田裕之 記者
(旧大分類：光)



右図

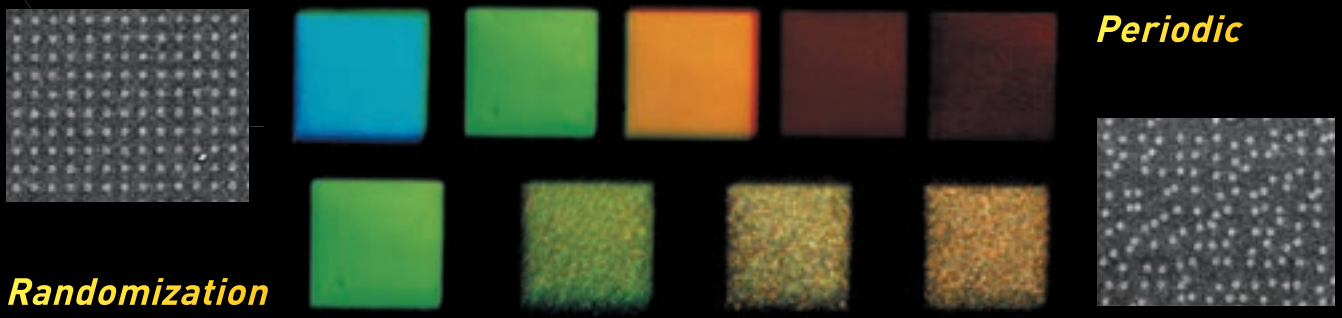
フォトメカニカル波を用いた遺伝子導入技術：ナノ秒パルスレーザーを光吸収体に照射してプラズマを生成すると，その膨張に伴って強い圧力波（フォトメカニカル波）が誘起される．これを生体組織に作用させることによりさまざまな組織に*in vivo*において安全かつ高効率に遺伝子を導入することが可能である．

提供：佐藤俊一（防衛医科大学校）
推薦：編集部
（旧大分類：光）



フォトメカニカル波の発生法

ラット皮膚への遺伝子導入（*ex vivo*）



上図

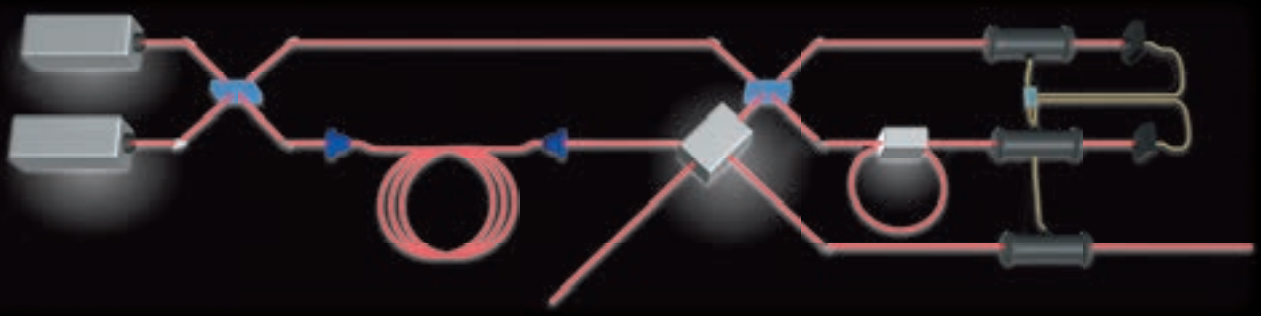
ランダム金ナノ構造体の暗視野顕微鏡写真と電子顕微鏡写真：周期に対応した回折色が発色する（上段）．系のランダムさが増すに伴い，回折色は消え，プラズモン共鳴由来の赤色の発色が現れる．

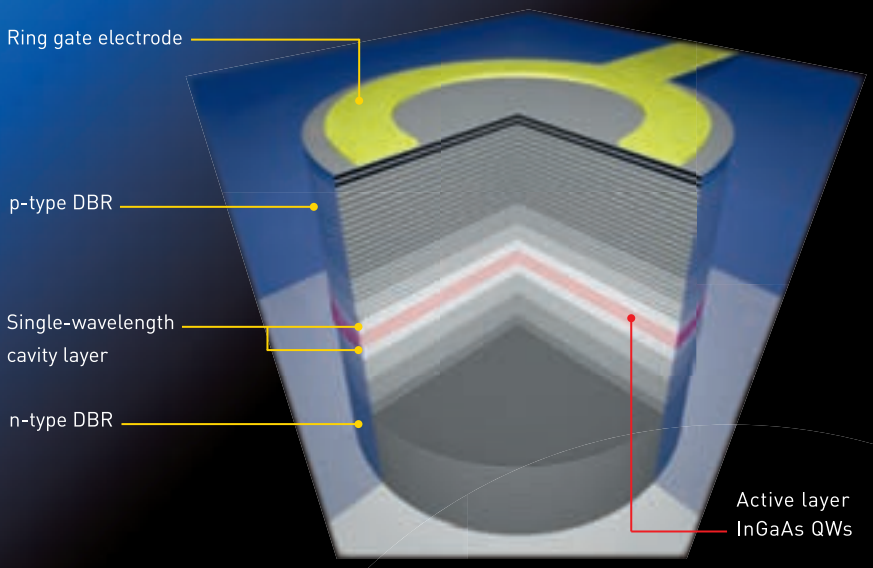
提供：西島喜明（横浜国立大学）
推薦：丸尾昭二 記者
（旧大分類：光）

下図

時間領域で多重化した量子もつれを用いた量子テレポーテーションによる大規模量子演算の概念図．時間領域多重により10,000以上の量子波束間での量子もつれ生成に成功．

提供：古澤 明（東京大学）
推薦：竹内繁樹 記者
（旧大分類：量子エレクトロニクス）





左図

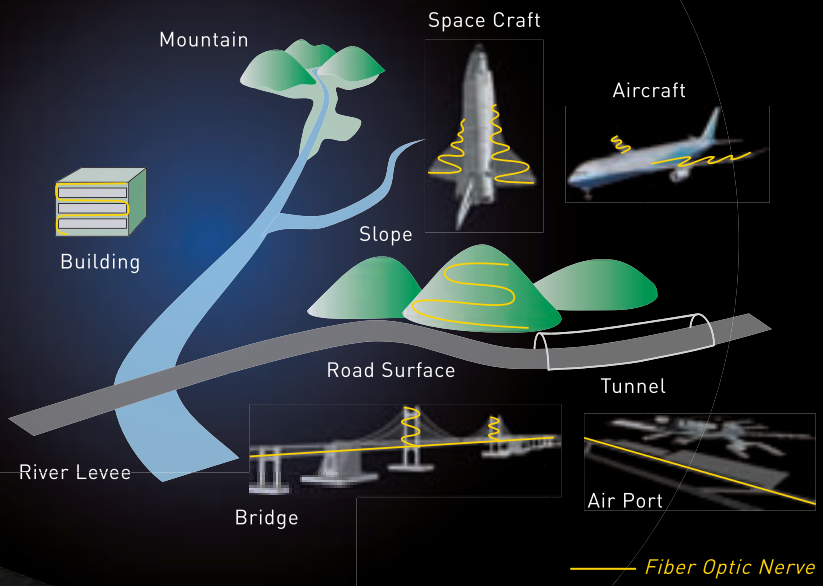
電流励起ポラリトンレーザー：励起子ポラリトンは量子井戸励起子とマイクロ共振器光子が強結合を起こして生成するボーズ準粒子である．ポラリトン凝縮体は通常光ポンピングによる量子井戸への励起子の注入により生成されるが，量子井戸にpn接合を介して電子，正孔を注入して生成することも可能である．マイクロ共振器の Q 値を犠牲にせず電気抵抗を下げる特殊な不純物ドーピング法の採用により，電流励起ポラリトン凝縮体の実現に初めて成功した．

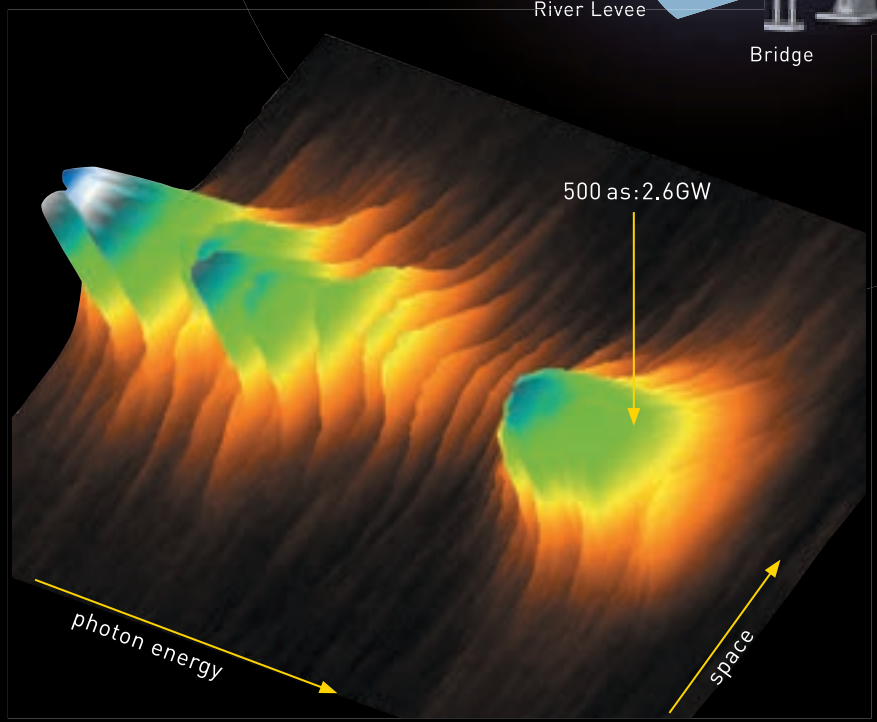
提供：山本喜久（国立情報学研究所）
推薦：竹内繁樹 記者
（旧大分類：量子エレクトロニクス）

右図

光ファイバに加わる歪（ひずみ）や温度を後方散乱光の強度や周波数により分布測定する「痛みのわかる光ファイバ神経網」技術を開発．この「光ファイバ神経網」で21世紀社会の安全·安心を確保する．

提供：保立和夫（東京大学）
推薦：河本 滋 記者
（旧大分類：光エレクトロニクス）

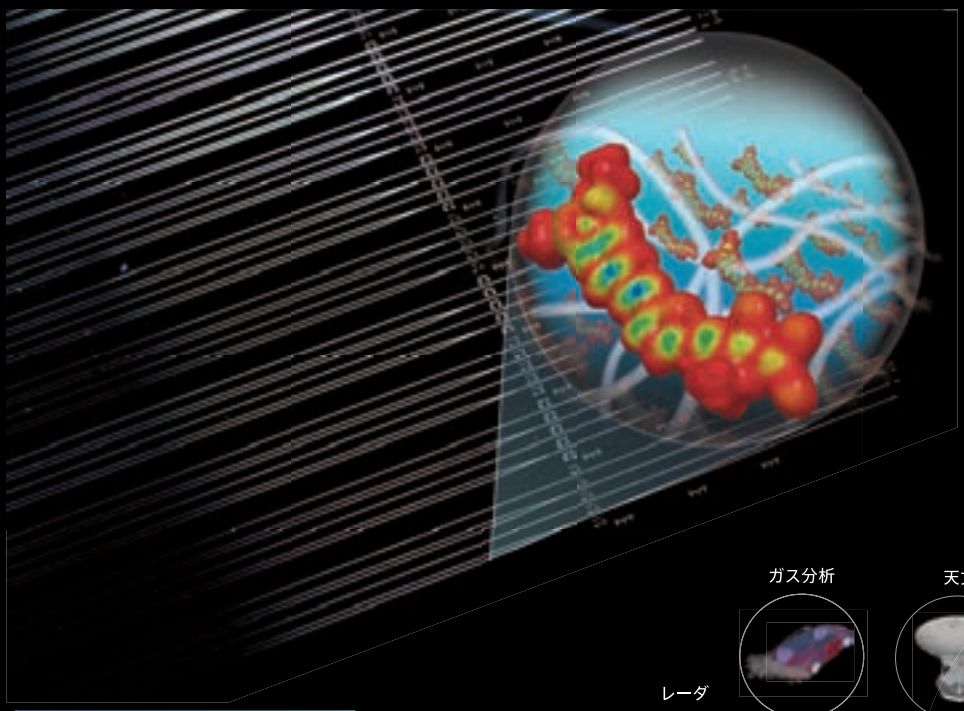




左図

レーザー高次高調波によって生成されたアト秒レーザーの2次元分光スペクトル：高光子エネルギー側に見える連続スペクトル帯が，パルス幅500アト秒，瞬間パワー2.6 GWの出力をもつ完全コヒーレントな極端紫外光となる．

提供：緑川克美，高橋栄治（理化学研究所）
推薦：編集部
（旧大分類：量子エレクトロニクス）



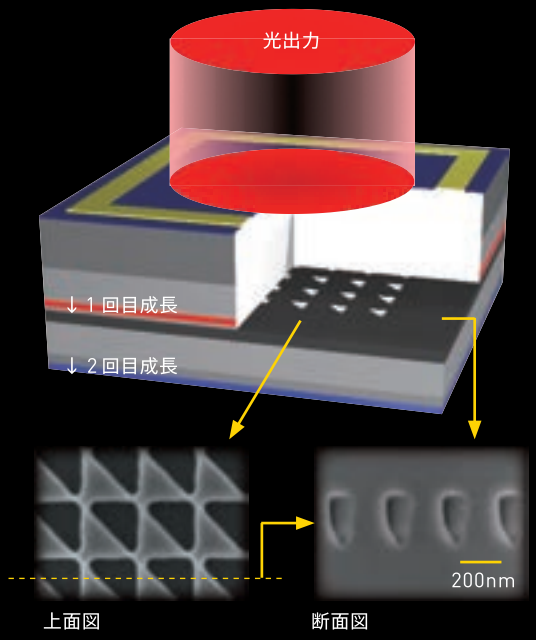
左図
電気光学（EO）ポリマーを用いたマッハツェンダ光変調器：EOポリマーは誘電率が低くEO効果が大きいことから，従来，材料により制限されていた高速化の壁を破り，100GHz以上の超高速光制御を実現する．

提供：大友 明（情報通信研究機構）
推薦：菊池 宏 記者
（旧大分類：光エレクトロニクス）

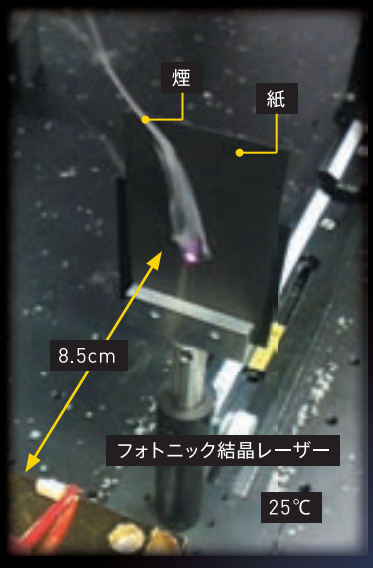


右図
光波と電波の境界に位置するテラヘルツ（THz）ギャップを橋掛けする周波数の物差し「THzコム」．THzコムという信頼性の高いTHz周波数標準技術を確立することにより，幅広い産業応用が可能になる．

提供：安井武史（徳島大学）
推薦：美濃島薫 記者
（旧大分類：量子エレクトロニクス）



フォトニック結晶レーザーのデバイス構造



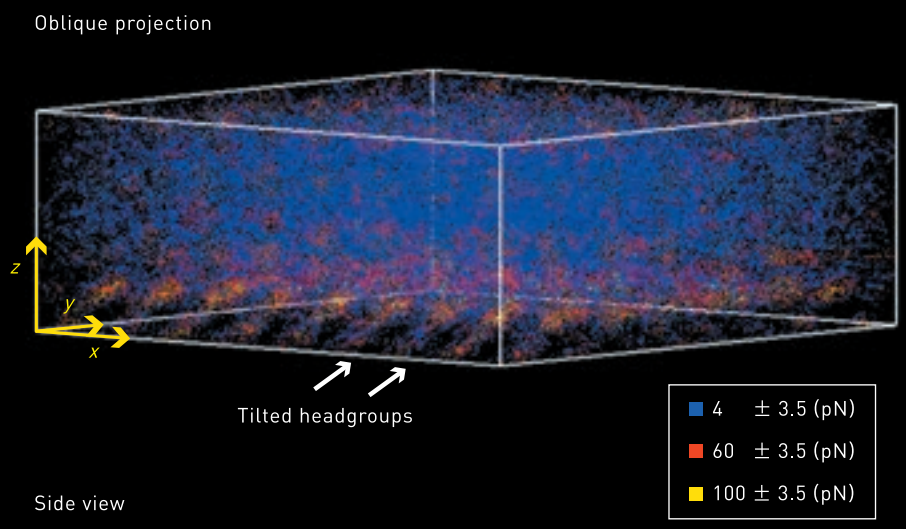
レンズフリーによる紙の燃焼実験の様子

左図
高輝度・高出力フォトニック結晶レーザー：京都大学と浜松ホトニクスの共同開発により，フォトニック結晶レーザーにおいて，狭放射角（＜3°）を維持したまま，光出力1.5Wというワット級の室温連続動作に世界で初めて成功した．図は，デバイス構造とレンズフリーによる紙の燃焼実験の様子．光製造，光励起，バイオ，分析などのさまざまな分野への応用可能性を示す．

提供：野田 進（京都大学）
推薦：編集部
（旧大分類：量子エレクトロニクス）

◉薄膜・表面
Thin Films and Surfaces

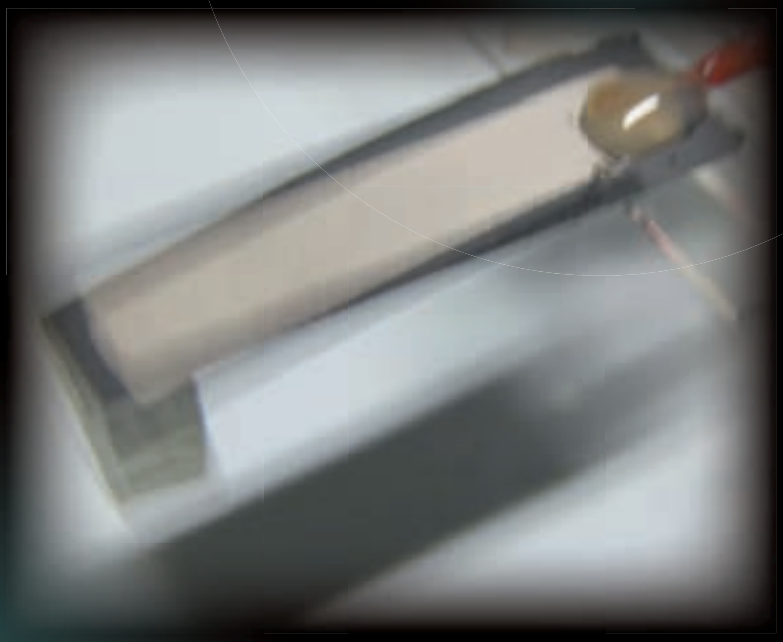
物質・材料の外界に対する相互作用・物性発現には必ず表面が介在する．これからの産業素材の開発で必要とされるのは物質機能の制御であり，そのためには「表面」もしくは表面を被覆する「薄膜」という局所ナノ領域でのダイナミクスに関する研究が要求される．今，最もアクティブで魅力的な研究対象が薄膜・表面である．



左図

3次元走査型力顕微鏡による脂質膜／水界面の3次元計測：ストライプ状のコントラストは，表面に垂直な方向からやや傾きをもって分布する脂質頭部の構造を反映している．ストライプ状の分布の上に，帯状に分布するコントラストは，界面に形成された水和層の分布を反映している．

提供：福間剛士（金沢大学）
推薦：久保 理 記者



右図

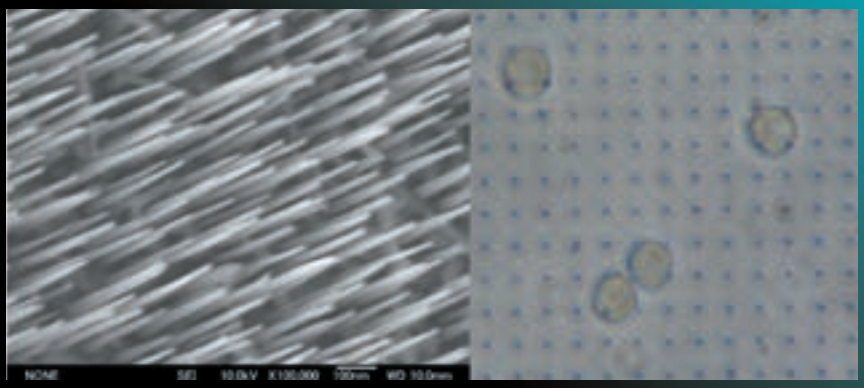
フレキシブルな圧電体膜を用いて，環境振動から発電を行う振動発電．振動センシング機能と合わせることで無電源振動モニタリングデバイスが実現可能であり，構造物の安全性確保への応用が期待される．

提供：舟窪 浩（東京工業大学）
推薦：宮崎誠一 記者

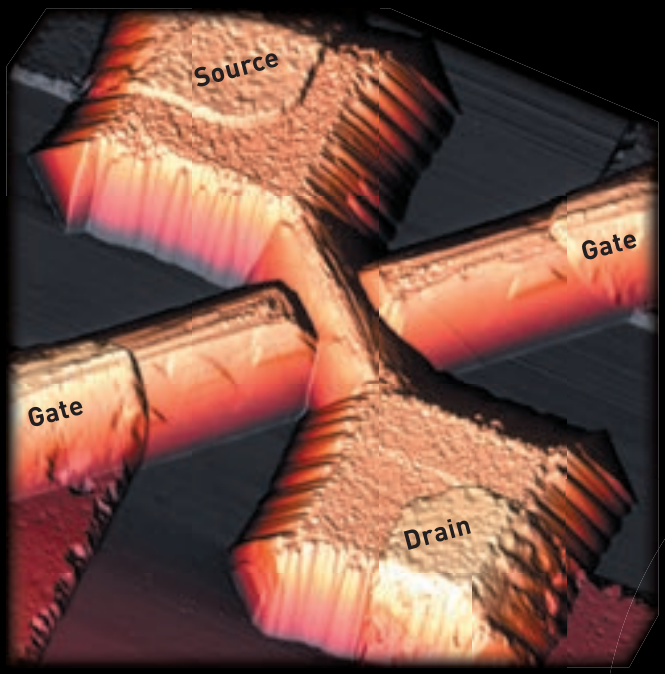
右図

エレクトロニクス，フォトニクス，バイオ分野で応用が期待される酸化物材料は，誘電性，磁性，光学特性など多彩な物性を有する．原子レベルでの元素配列制御や界面制御による新機能創成研究が進められている．

提供：田畑 仁（東京大学）
推薦：久保 理 記者



酸化物ナノロッドと低侵襲細胞センサ



左図

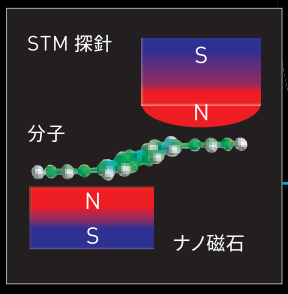
次世代低損失パワーエレクトロニクスに向けたダイヤモンド半導体を用いた接合型電界効果トランジスタ：450℃での高温下において低リーク電流を保ち，600Vを超 える耐圧を有する極限環境下で動作するデバイスである．

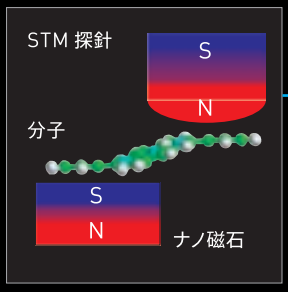
提供：岩崎孝之，波多野睦子（東京工業大学）
推薦：宮崎誠一 記者

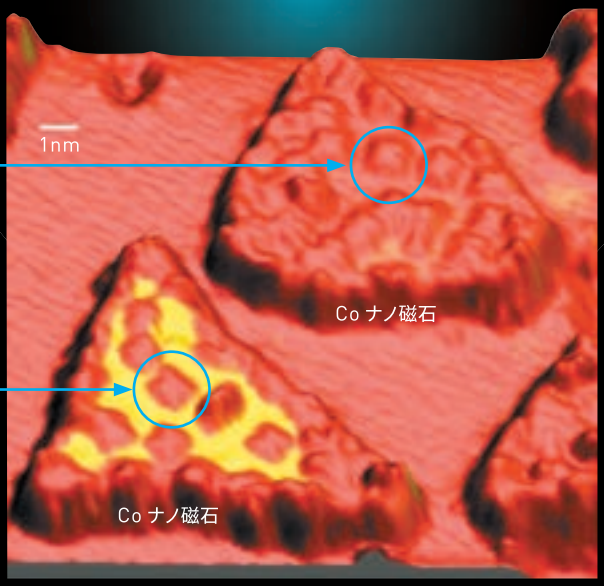
右図

スピン偏極走査型トンネル顕微鏡（SP-STM）による1nmサイズの単一有機分子を用いた世界最小・磁気抵抗センサの実証実験．フタロシアニン分子を介する伝導を磁性探針とナノ磁石の磁気結合（平行・反平行）で制御．

提供：山田豊和（千葉大学）
推薦：久保 理 記者







単一有機分子・磁気抵抗センサ

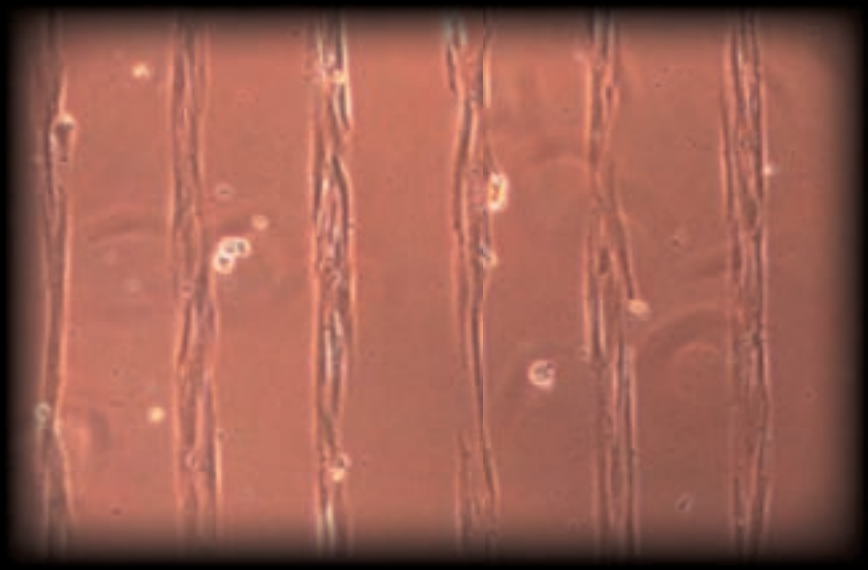
◉ビーム応用
Beam Technology and Nanofabrication

電子，イオン，X線などの量子ビームを応用して，半導体リソグラフィ・微細加工プロセス，X線光学，電子放出から電子顕微鏡応用，量子ビーム誘起表面反応解析，イオンビーム工学などの研究領域に貢献する．半導体プロセス開発のみならず，量子ビームを応用した新プロセス開発・評価技術の基礎をカバーする大分類である．

右図

酸素クラスタイオンビームを照射したポリスチレン基板上に成長させたラットの間葉系幹細胞．幅50μmの照射ライン上にのみ細胞が成長している．再生医療や生体ーエレクトロニクス分野への応用が期待される．

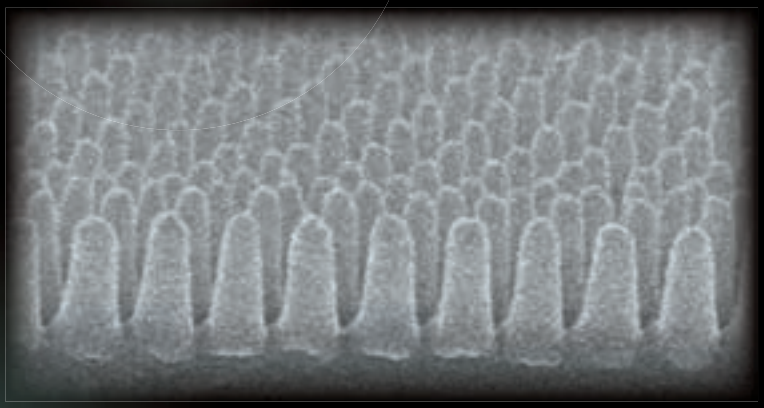
提供：竹内光明（京都大学）
推薦：瀬木利夫 記者



左図

Alを酸性浴中で陽極酸化することにより得られるナノホールアレイ構造材料であるポーラスアルミナ．図はこれをモールドとした光ナノインプリントプロセスにより形成されたポリマーモスアイ構造．

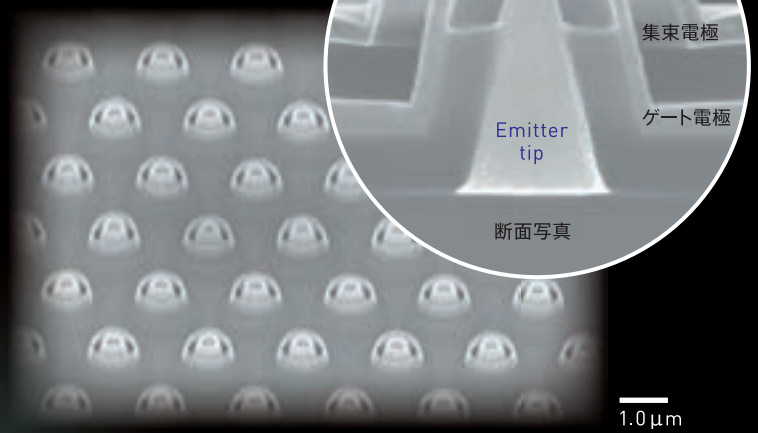
提供：益田秀樹（首都大学東京）
推薦：瀬木利夫 記者



右図

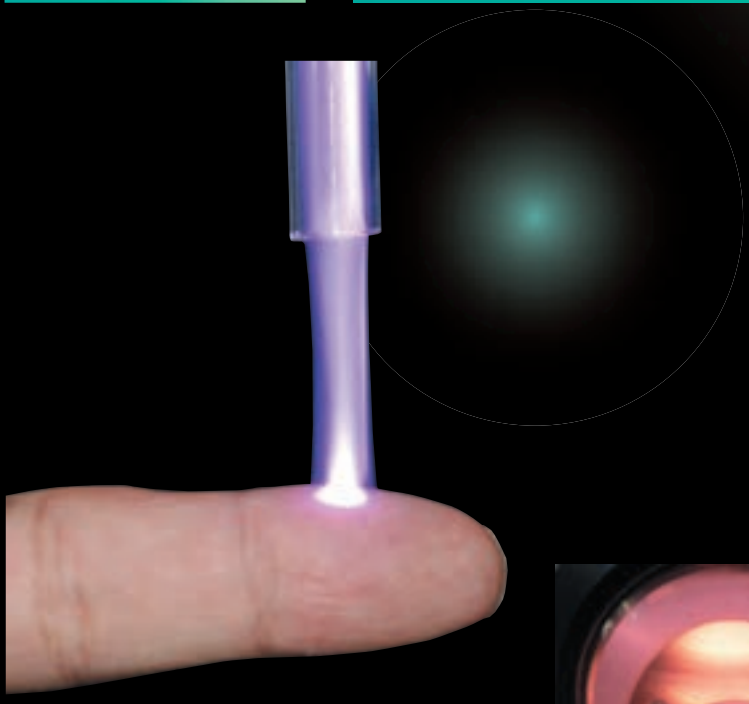
ボルケーノ構造ダブルゲート電極一体型エミッタアレイ：ボルケーノ構造は電子ビーム集束に有利で，Niを用いることで高アスペクト比のチップを実現．超高感度撮像素子や耐放射線撮像素子への応用が期待されている．

提供：長尾昌善（産業技術総合研究所）
推薦：瀬木利夫 記者



◉プラズマエレクトロニクス
Plasma Electronics

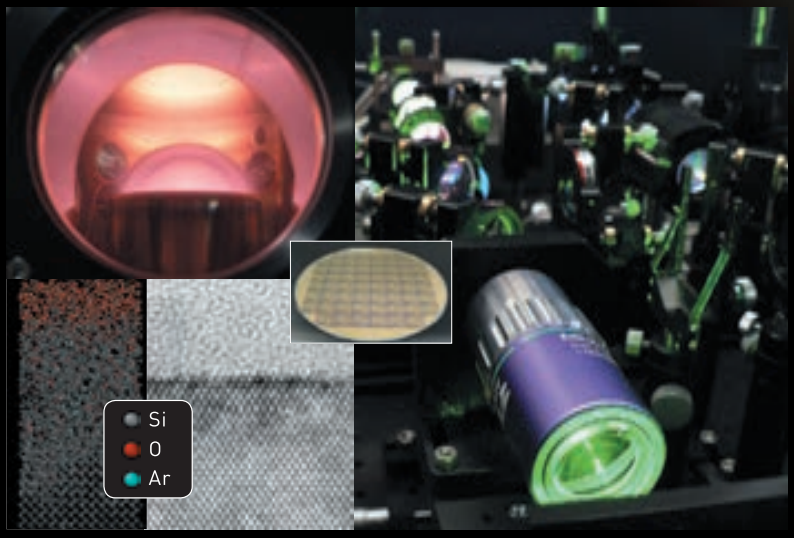
社会の根幹を支えるエレクトロニクスデバイス製造プロセス技術の極限を目指し，プラズマの生成と制御，診断と計測，成膜と表面処理，エッチングを取り扱う．ナノ構造材料分野，有害物質処理などの環境分野，殺菌などの医療分野，農水産業分野へのプラズマ応用技術開発など，プラズマを介して多くの学際研究が発展している．



左図

パルス放電などにより生成された大気圧低温プラズマは，熱負荷を与えないプロセスが可能である．プラズマ医療応用はさまざまな活性種を人体へ照射することで消毒，止血，治癒などの新しい治療効果が期待されている．

提供：北野勝久（大阪大学）
推薦：関根 誠 記者



右図

プラズマに暴露された半導体デバイス内には結晶構造の乱れた欠陥（ダメージ）が形成される．透過型電子顕微鏡観察では同定し難いこれら欠陥を，光学的手法で 定量化することにより半導体デバイスの高信頼性化を目指す．

提供：江利口浩二（京都大学）
推薦：関根 誠 記者



左図

スリットに沿って広がる水中気泡内のマイクロ波励起プラズマ：液体とプラズマが関与する反応場を作るため，さまざまな新しいプラズマ生成法が考案されている．ウェットプロセスとプラズマプロセスが相互に関与する異分野連携が期待される．

提供：石島達夫（金沢大学）
推薦：関根 誠 記者

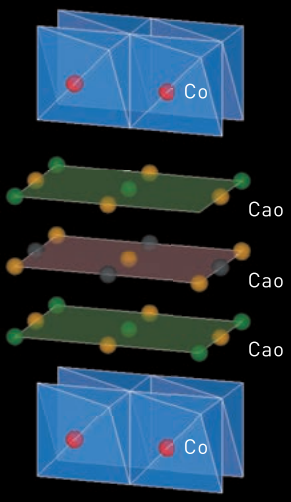
◉応用物性
Applied Materials Science

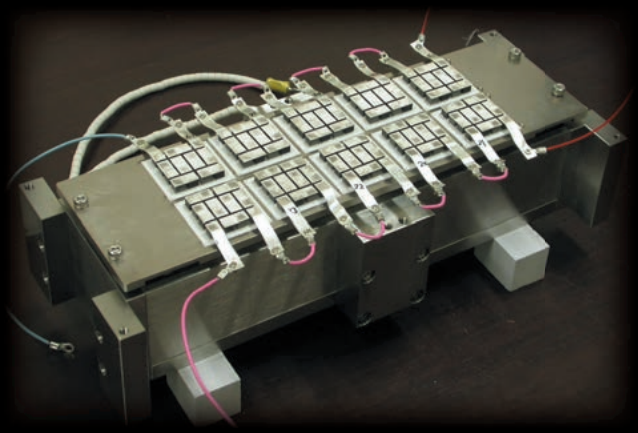
2013年春季学術講演会より発足した中分類：ナノワイヤ·ナノ粒子をはじめ，誘電材料，ナノエレクトロニクス，熱電変換，新機能材料と，将来のグリーン·ナノエレクトロニクスの発展を目指す異分野融合研究の最先端領域．いくつもの大分類がここから巣立ち，発展している．エレクトロニクスのゆりかごともいうべき大分類である．

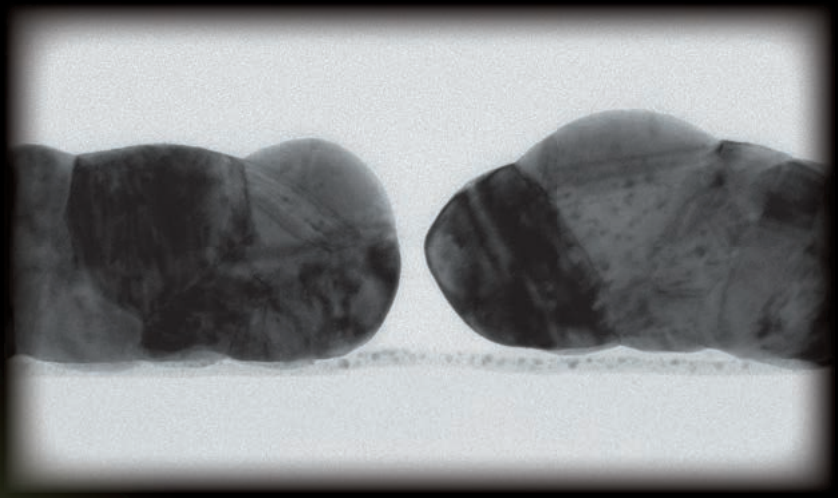
右図

日本発の熱電材料である層状コバルト酸化物（左）は，大気中高温で優れた性能を示す．右の写真は産総研で試作された酸化物熱電モジュール．

提供：寺崎一郎（名古屋大学），
舟橋良次（産業技術総合研究所）
推薦：編集部







左図

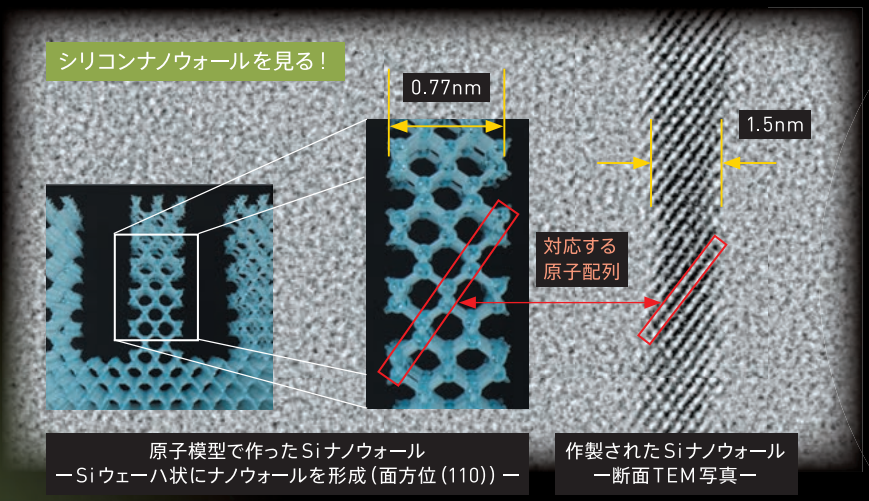
無電解金メッキの自己停止機能を用いて，作製した5nmギャップ長のナノギャップ電極の断面透過型電子顕微鏡像：自己組織化を用いてナノギャップ間に機能性分子を導入すると，分子デバイスが実現できる．

提供：真島 豊（東京工業大学）
推薦：編集部

右図

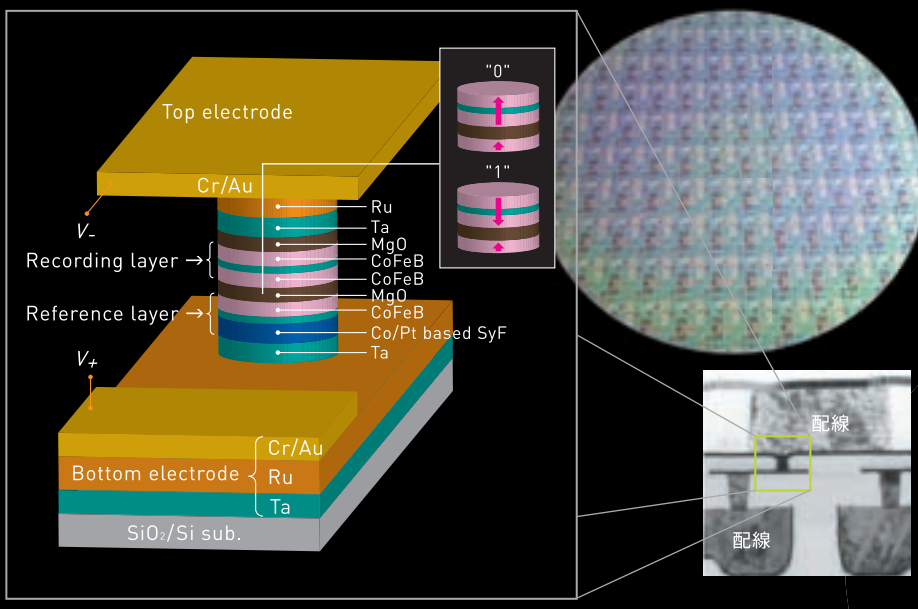
Siを塀状に加工したナノウォール（NW）の幅を2~3nm以下にすると，量子サイズ効果によりバンド幅が広がり，太陽電池に適用すれば効率40％超が期待できる．図は幅約2nmのSiNWの断面を原子模型と対比したもの．

提供：市川幸美（科学技術振興機構）
推薦：増田 淳 記者



◉スピントロニクス・マグネティクス
Spintronics and Magnetics

「スピン」は電子の自転運動に対応するもので，究極の微小磁石としての性質を有している．このスピンを磁場・電場・光・熱などを用いて自在に操り，画期的な物理現象，材料，デバイスを創成する最先端の研究領域がスピントロニクスである．従来のエレクトロニクスの限界を打破するために，ますますの発展が期待される大分類である．



左図

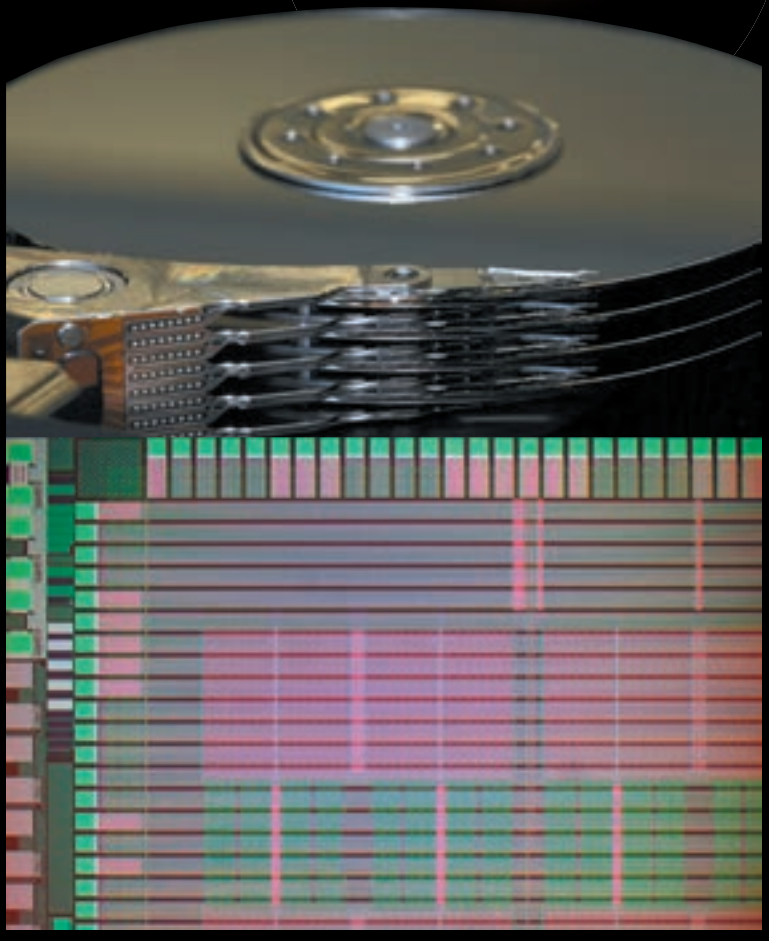
垂直磁気トンネル接合素子を配線間に形成し，90nm世代CMOS回路と融合した素子数100万個を超える省エネルギー不揮発性スピントロニクス論理集積回路．左図と右下写真は垂直磁気トンネル接合素子．右上写真は性能実証チップを試作した300mmウェーハ写真．

提供：大野英男（東北大学）
推薦：編集部

右図

磁気トンネル接合素子のトンネル磁気抵抗効果（TMR効果）は，ハードディスクの磁気ヘッドや不揮発性メモリMRAMに用いられる．写真上はハードディスクの記録媒体と磁気ヘッド，写真下はキャッシュ向け高速MRAMのテストチップ．

提供：湯浅新治（産業技術総合研究所）
推薦：編集部



提供：東芝研究開発センター（NEDO委託業務の成果を含む）

◉有機分子・バイオエレクトロニクス
Organic Molecules and Bioelectronics

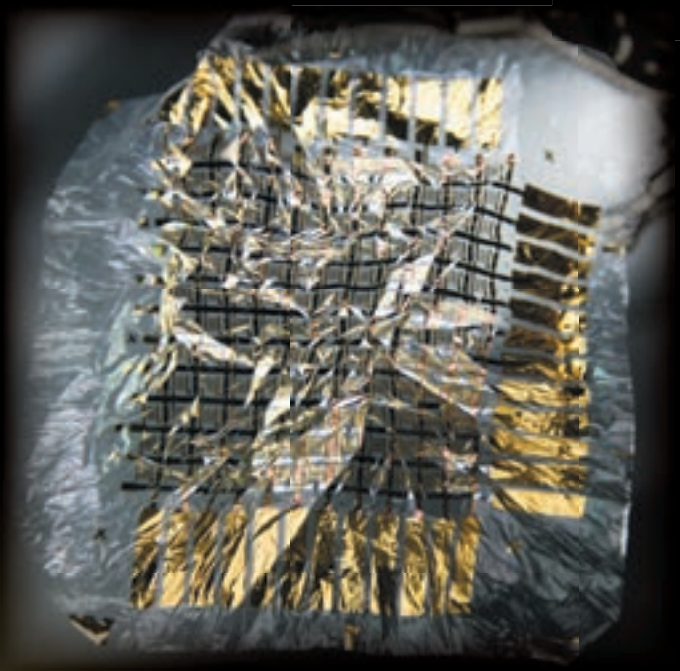
来年設立30周年を迎える同名分科会が牽引する大分類．液晶ディスプレイに始まり，有機EL，有機半導体，有機太陽電池，フレキシブルプリンタブルデバイスと発展を続け，今まさに医療・バイオ分野との融合の時代を迎えようとしている．講演会での発表件数は500件を超え，今や応用物理学会の一大勢力である．

右図

熱活性型遅延蛍光（TADF）の開発と高効率有機ELデバイスの実現（図右）．TADF材料を利用したフルカラーディスプレイ（図左）．

提供：安達千波矢（九州大学）
推薦：中 茂樹 記者





提供：東京大学染谷研究室

左図

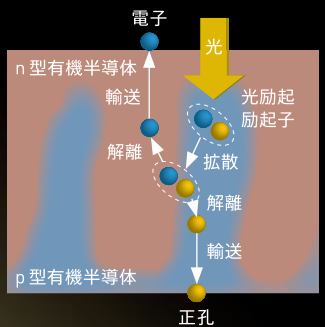
羽のように軽く，薄く，フレキシブルな有機トランジスタ集積回路：薄さがおよそ2 μm，曲げ半径が5 μm，紙のようにくしゃくしゃに丸めても壊れない．医療デバイス，ウェアラブルヘルスモニタなどへの応用が期待される．

提供：染谷隆夫（東京大学）
推薦：横山大輔 記者

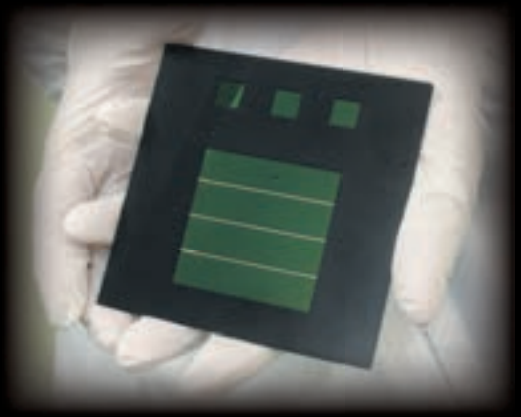
右図

ドナーアクセプタ型ポリマー（p型有機半導体）とフラーレン誘導体（n型有機半導体）を塗布して得るバルクヘテロ構造の有機薄膜太陽電池．5 cm×5 cmモジュールでエネルギー変換効率9.1%（世界記録更新）．NEDO委託事業．

提供：五反田武志（東芝）
推薦：嘉治寿彦 記者



バルクヘテロ構造の模式図

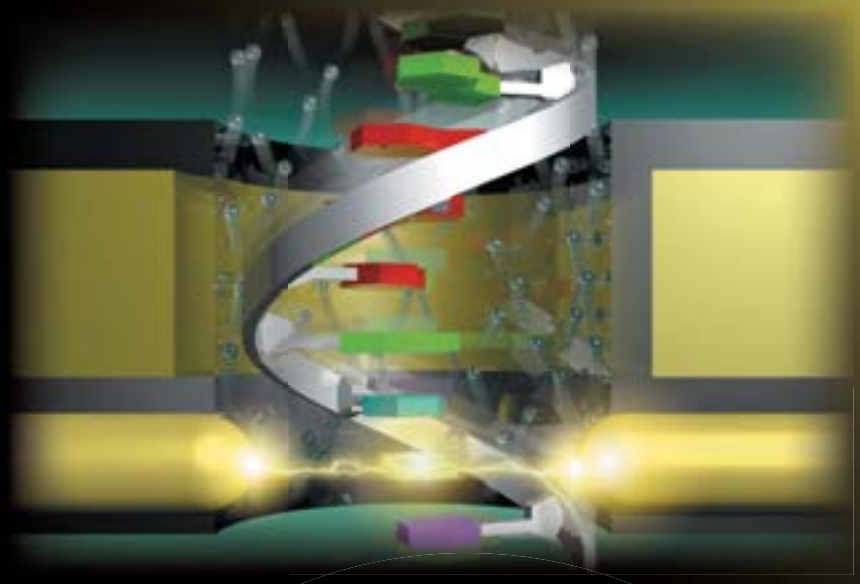


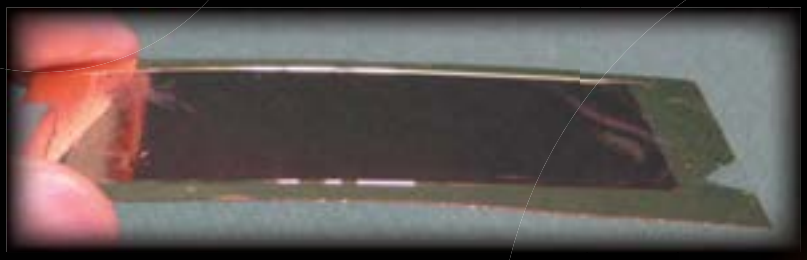
右図

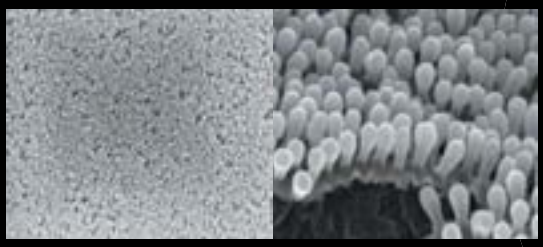
ナノポアを使った1分子シーケンサの原理図：ゲート電圧により，流路壁面の電気浸透流を調整することで，1分子DNA･RNAの流動速度を制御し，ナノ電極間を通過するDNAやRNA上の1塩基分子を，トンネル電流の大きさで識別する．

——

提供：谷口正輝（大阪大学）
推薦：編集部







左図

ナノインプリント技術により作製した金ナノピラーハイブリッド構造：プラズモンバイオセンサとして応用する．

——

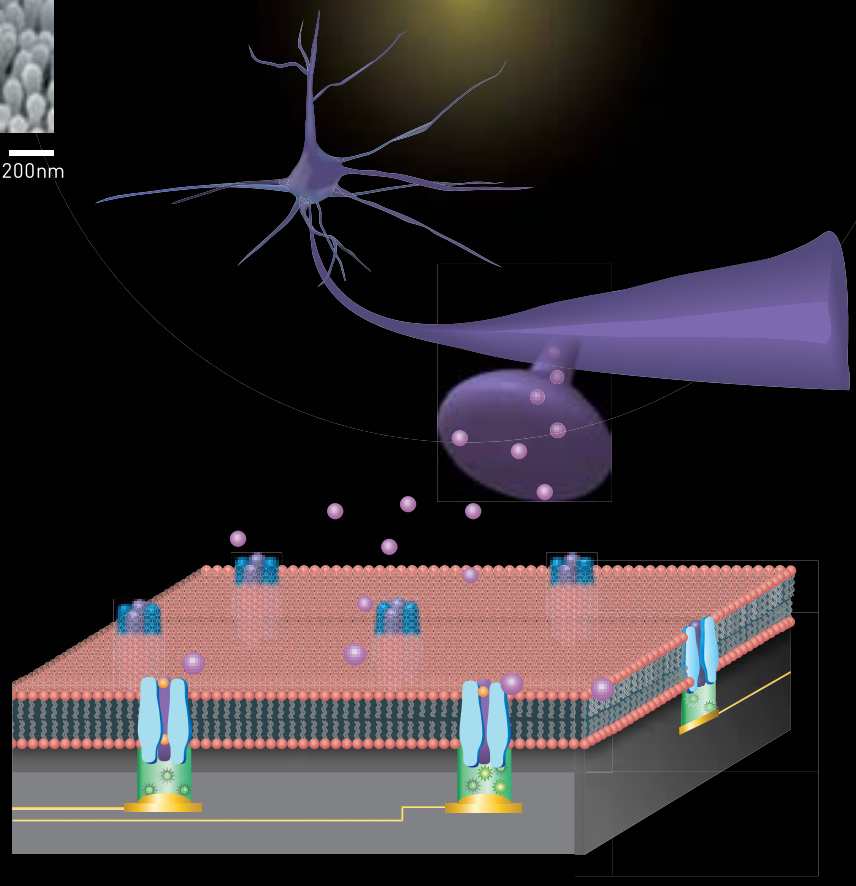
提供：民谷栄一（大阪大学）
推薦：編集部

右図

生体分子（受容体タンパク質）の機能を利用したナノバイオデバイスを構築し，神経細胞との間のシナプス結合を人工的に形成することで，生体内情報伝達を忠実に再現するバイオインタフェースを実現する．

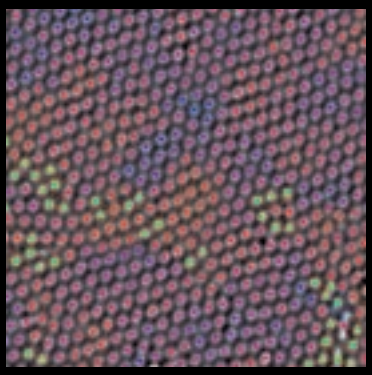
——

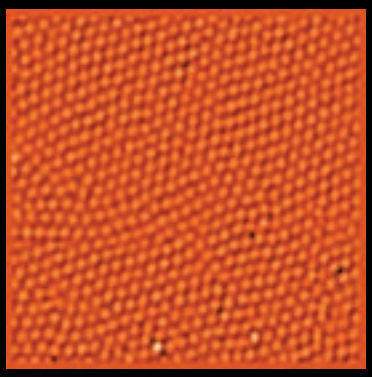
提供：住友弘二（日本電信電話）
推薦：編集部



◉超伝導
Superconductivity

電気抵抗ゼロ，磁束の量子化，ジョセフソン効果など，ほかの分野ではみられない多くの特異な現象を含む「超伝導現象」の応用を目指す大分類．基礎では物性研究や薄膜・テープなどの材料開発，応用では電力応用から極限性能を発揮するセンサ，(アナログとディジタルの両方を含む) デバイス，システムまで，非常に幅広い領域をカバーする．





下図

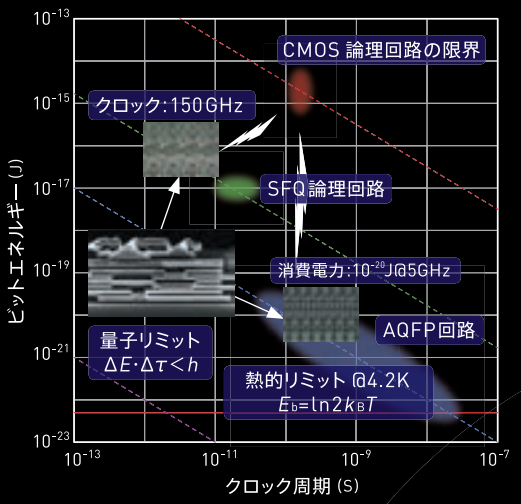
超伝導ディジタル回路は，CMOS回路の限界をはるかに越える高速・低消費電力動作を可能にする．単一磁束量子 (SFQ) 回路では集積回路の150 GHz動作が実現されている．断熱型磁束量子パラメトロン (AQFP) 回路では熱的リミットに迫るゲート消費電力が実証されている．

提供：日高睦夫 (産業技術総合研究所)　推薦：編集部

左図

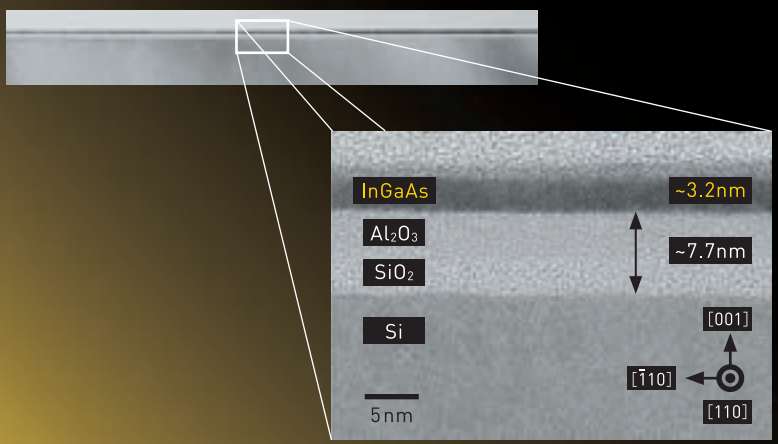
走査型トンネル顕微・分光 (STM/STS) 法で観測した超伝導体中の量子化磁束構造：図中マークは磁束ピン止めによる欠陥構造．磁束構造や相転移，ピン止め機構をナノスケールで理解することで臨界電流密度 J_c の制御が可能になる．

提供：西嵜照和 (九州産業大学)
推薦：牧瀬圭正 記者



◉半導体A (シリコン)
Semiconductors A (Silicon)

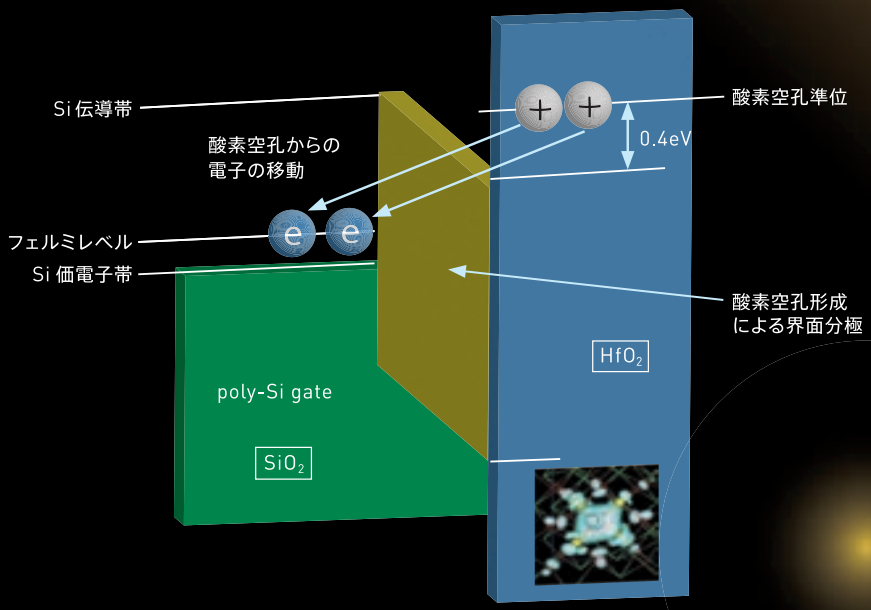
シリコンを中心に発展してきたLSI (大規模集積回路) は，スマホ，パソコンなどの心臓部として使用され，現代の情報通信技術を支えている．半導体Aでは，この技術をさらに深化させるべく，新たな材料開発・構造提案・作成技術・低消費電力化・新機能デバイスなどに関する最新のデータを基に，活発な議論を行っている．



左図

Siプラットホーム上III-V MOSFET形成のため，ウェーハ貼り合わせ技術によりSi基板上に直接形成された極薄$In_{0.53}Ga_{0.47}As$-On-Insulator構造の断面透過型電子顕微鏡写真．

提供：横山正史，高木信一 (東京大学)
推薦：河本 滋 記者



左図

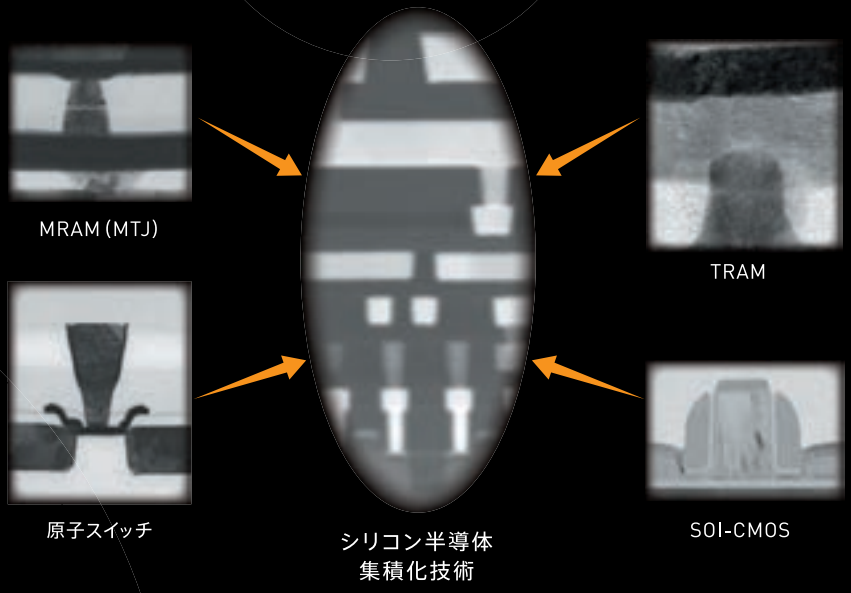
SiとHfO$_2$がSiがHfO$_2$を還元し，HfO$_2$中に酸素空孔が形成される．この結果，フェルミレベルが界面反応で決まる固有の位置にピニングされる．本概念が現在のLSI作製の指導原理となった．

提供：白石賢二（名古屋大学）
推薦：角嶋邦之 記者

右図

低電圧動作が可能な新構造のSOI-CMOSトランジスタ，原子スイッチ，磁性メモリ（MRAM），超格子抵抗変化メモリ（TRAM）などを開発．半導体集積化技術を用いて低電力LSIを実現し，IOT時代を支える機器やシステムのさらなる低電力化に貢献する．

提供：住広直孝（超低電圧デバイス技術組合）
推薦：藤村修三 記者





左図

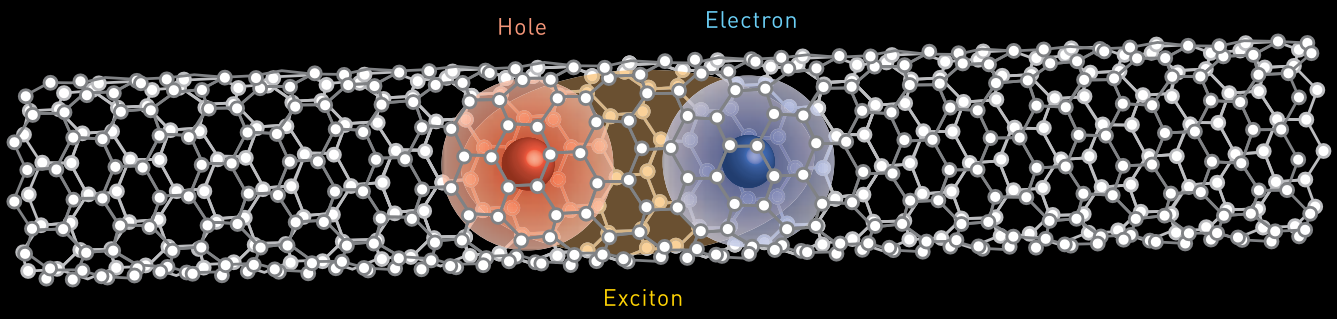
世界で初めて実現した立体構造：ダブルゲートMOSFET（DELTA）の俯瞰（ふかん）SEM写真．シリコンで形成したフィン型チャネルを，ゲート電極が乗り越え，両側から挟んでいる様子が見られる．

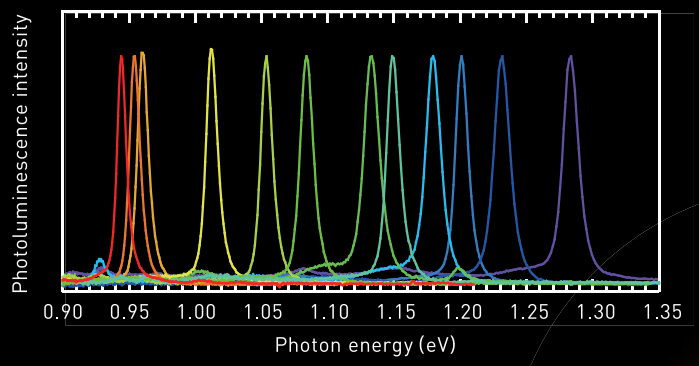
提供：久本 大（日立製作所）
推薦：角嶋邦之 記者

◉半導体 B（探索的材料・物性・デバイス）

Semiconductors B (Exploratory Materials, Physical Properties, Devices)

主として化合物半導体を取り扱い，異なる種類の半導体を積層したヘテロ構造により出現する新たな物理現象の探索や，それを利用した実用半導体デバイスの実現を目指す．衛星放送の受信機などに使われている高電子移動度トランジスタや青色 LED など，この分野から輩出された技術は，日本発の技術として世界に認知されている．





左図

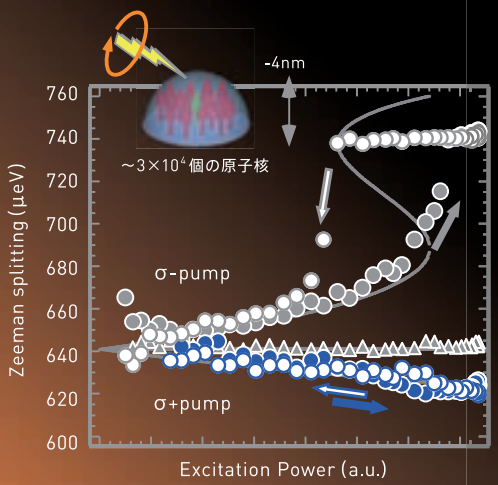
量子ナノ材料の光物性：カーボンナノチューブやナノ粒子からの発光を局所測定することで，サイズに依存した量子ナノ材料の本質的な特性を理解し，新しい光学現象を発見する．

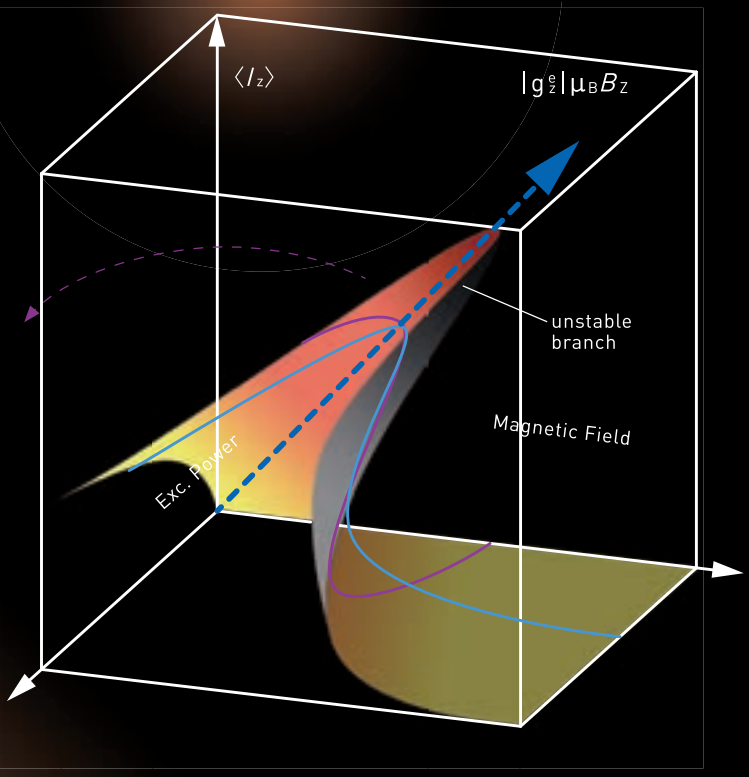
提供：金光義彦（京都大学）
推薦：野村政宏 記者

右図

半導体量子ドットにスピンの揃った電子を光注入することで，ドットを構成する格子の核スピンが揃う．この手法によって数 T に及ぶ外部磁場を相殺できる強力な「ナノマグネット」を形成することが可能になる．

提供：鍛治怜奈（北海道大学）
推薦：熊野英和 記者

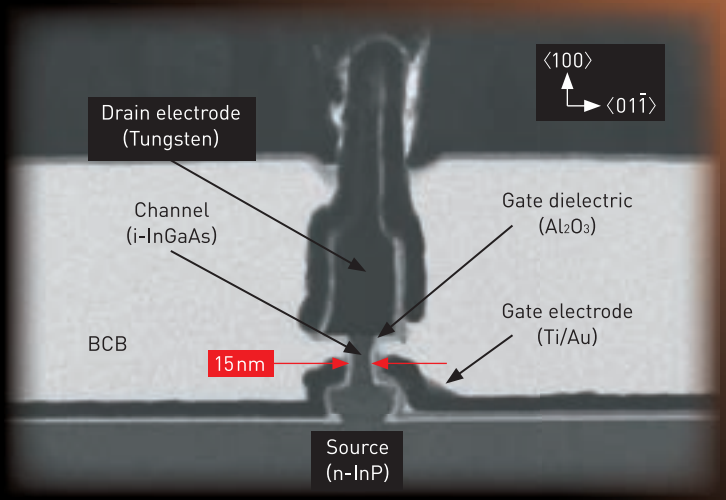


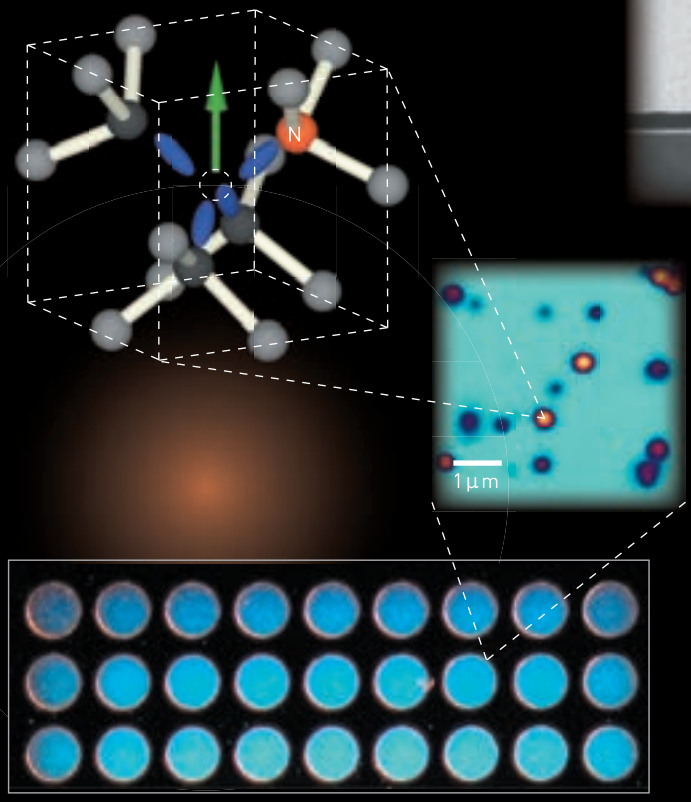


右図

InGaAsチャネルのボディ幅が15 nmの縦型ダブルゲートMOSFETの透過型電子顕微鏡像：ソース/チャネルはInP/InGaAsヘテロ構造による．

提供：宮本恭幸（東京工業大学）
推薦：関根 誠 記者





左図

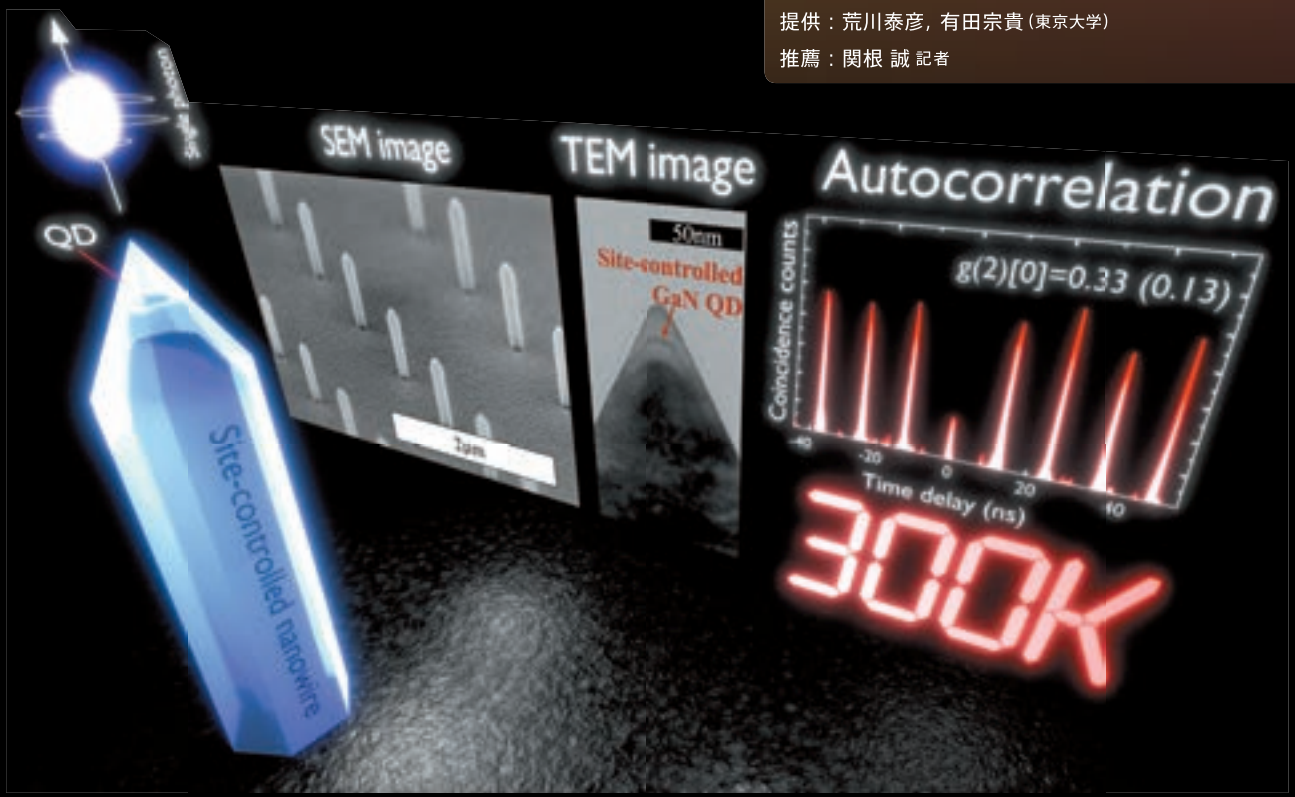
ダイヤモンド中の単一NV（窒素・空孔複合体）からの発光観測：ダイヤモンドLED（pin型）を上から見た写真．丸はn型薄膜上の金電極．

提供：水落憲和（大阪大学）
推薦：熊野英和 記者

下図

位置制御GaNナノワイヤ量子ドットからの室温単一光子発生：量子情報処理集積回路の室温動作に道を拓くことが期待される．

提供：荒川泰彦，有田宗貴（東京大学）
推薦：関根 誠 記者



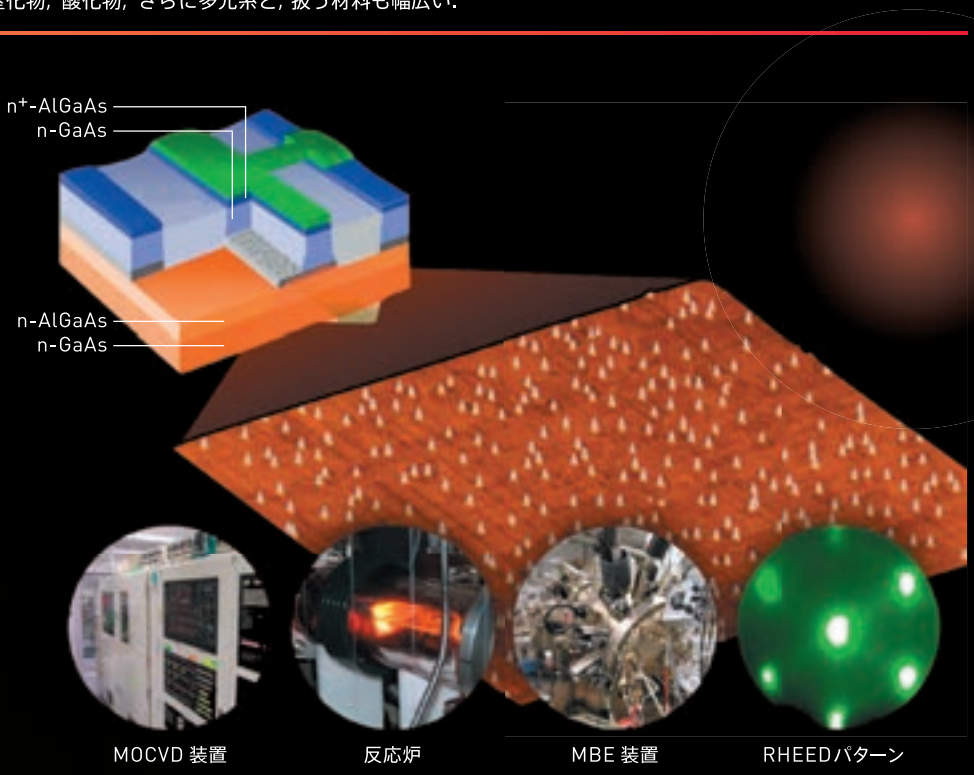
◉結晶工学
Crystal Engineering

結晶はあらゆるデバイスの機能の根幹である．結晶工学では，低欠陥バルク結晶の成長はもちろん，量子ドットなど高次の機能を実現するナノ構造を，環境条件の巧みな制御により自己組織化形成する．太陽電池などに求められる極限の低コスト化と結晶機能の両立も結晶工学の大きな挑戦である．シリコン・III-V族はもちろん，窒化物，酸化物，さらに多元系と，扱う材料も幅広い．

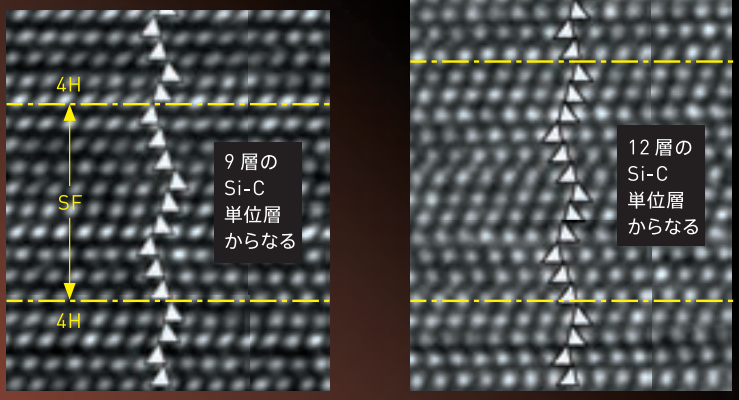
右図

Stanski-Krastnanov成長モードにより形成された量子ドットは，半導体レーザー，単一光子発生素子，太陽電池などに応用される．本成長モードは，III-V族のみならず，I-VI族，やIIV属など多様な半導体材料系において量子ドットの形成を可能にした．

提供：荒川泰彦（東京大学）
推薦：川崎雅司 記者，
菊池 宏 記者



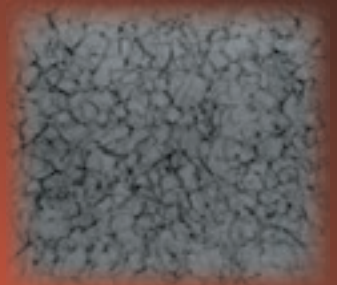
4H-SiC 積層欠陥（SF）の透過電子顕微鏡評価
左はX線トポグラフィで検出可能、右は不可

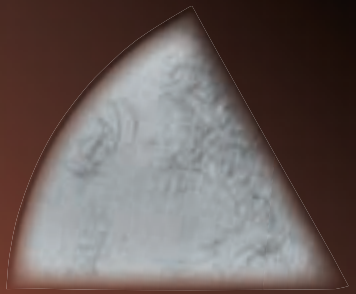


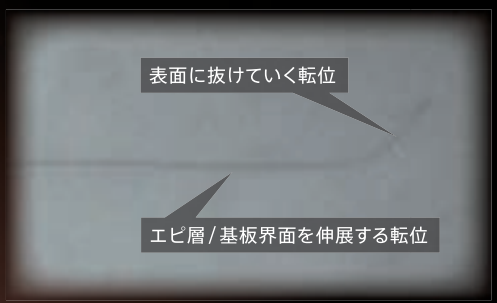
左図

結晶欠陥の評価法を確立し，制御することで，パワーデバイスの特性および歩留まりの向上を図る．X線トポグラフィ，ラマン散乱分光，透過型電子顕微鏡（TEM），反射電子顕微鏡，原子間力顕微鏡（AFM），フォトルミネッセンスなどによる評価を実施．

提供：山本秀和（千葉工業大学）
推薦：編集部


SiC 転位の反射X線トポグラフィ評価


GaN 研磨傷の反射X線トポグラフィ評価



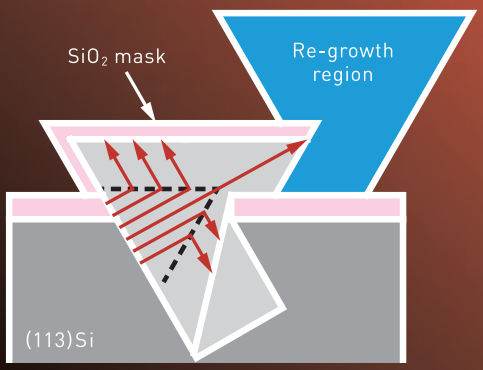
Siミスフィット転位の透過電子顕微鏡評価

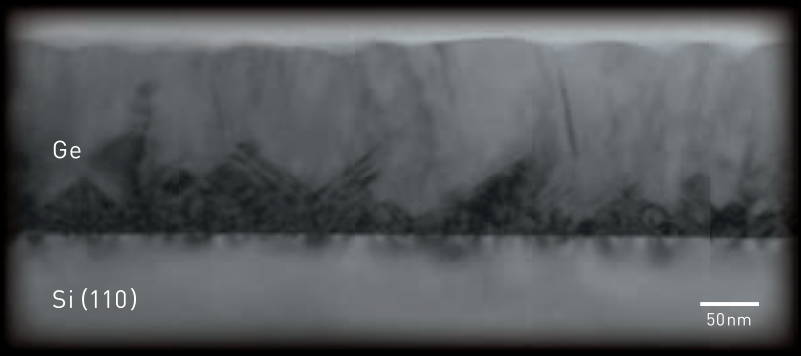
右図

2段階選択成長による加工Si基板上の無転位半極性面GaNストライプの断面透過型電子顕微鏡写真．将来は，ドライバ用LSIと多色レーザーの混成集積による超小型レーザーディスプレイシステムなどへの応用が期待される．

提供：天野 浩（名古屋大学）
推薦：川崎雅司 記者



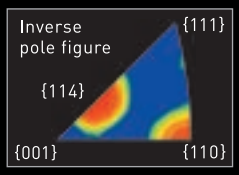


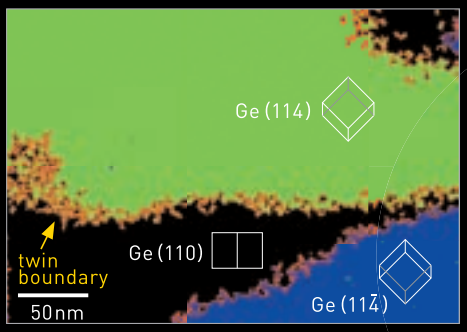


左図

Si(110)基板上に低温(200℃)で成長させたGe薄膜の断面図および平面図：各結晶の界面には双晶境界が存在する．低融点のSnを*in situ*ドーピングすることで，{114}面（図中緑および青領域）は消失し，均一なヘテロエピタキシャル成長が実現する．

提供：財満鎭明（名古屋大学）
推薦：編集部

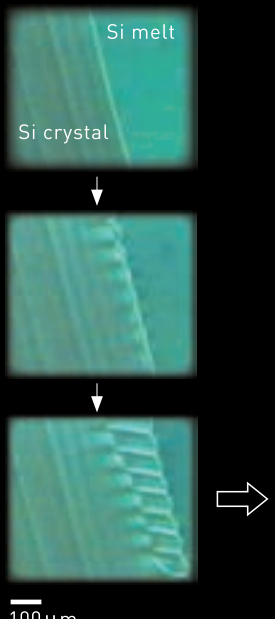




右図

約1400℃でSi融液からSi結晶が成長する様子：成長速度が上昇すると，固液界面の形状が平坦–波状–ジグザグ状と変化する．Si多結晶基板の高品質化には，固液界面形状など結晶成長の諸現象の制御が重要である．

提供：藤原航三（東北大学）
推薦：柳谷伸一郎 記者





太陽電池用Si多結晶基板

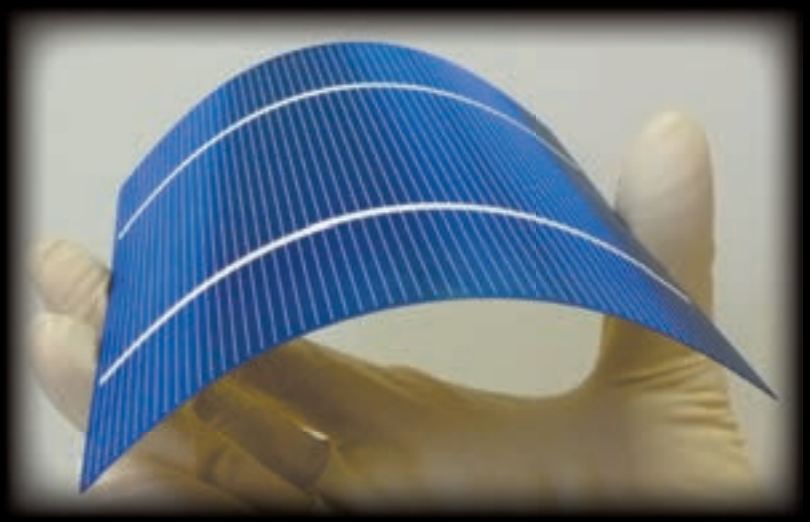
◉非晶質・微結晶
Amorphous and Microcrystalline Materials

アモルファスおよび微結晶材料，ガラス材料に関する研究分野の発展に貢献し，相変化型光メモリや液晶ディスプレイ，薄膜太陽電池などの産業を支えてきた大分類である．現在は，バルク結晶シリコン太陽電池関連のセッションも加わり，シリコン系太陽電池全般について議論する場としての役割も担っている．

右図

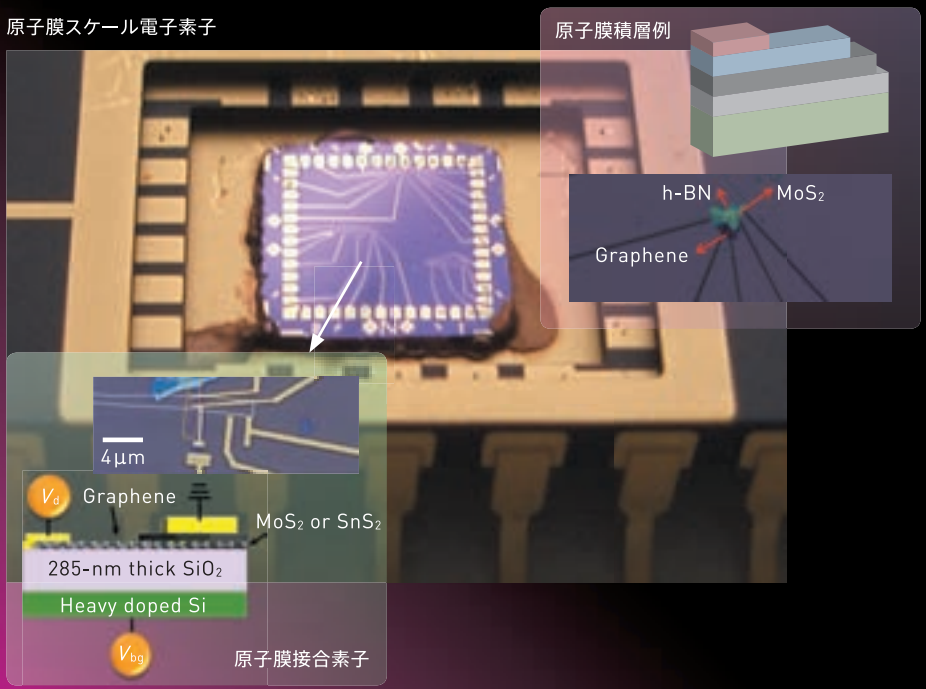
100 μm 厚結晶シリコン太陽電池：次世代太陽電池実現のため，結晶成長，パッシベーション，電極などに関する新技術，理論限界効率を目指した新規デバイスの産学連携研究の成果．

提供：大下祥雄（豊田工業大学）
推薦：編集部



◉ナノカーボン
Nanocarbon Technology

カーボンナノチューブやグラフェンなどのナノカーボン材料は，非常に高いキャリヤ移動度を有し，比表面積が大きく，フレキシブルであるなどの特性のため，さまざまな分野で応用が期待されている．この大分類では，これらの材料の合成，基礎物性，応用開発について活発に議論する．近年，MoS_2 などの層状物質もこの大分類で注目されている．



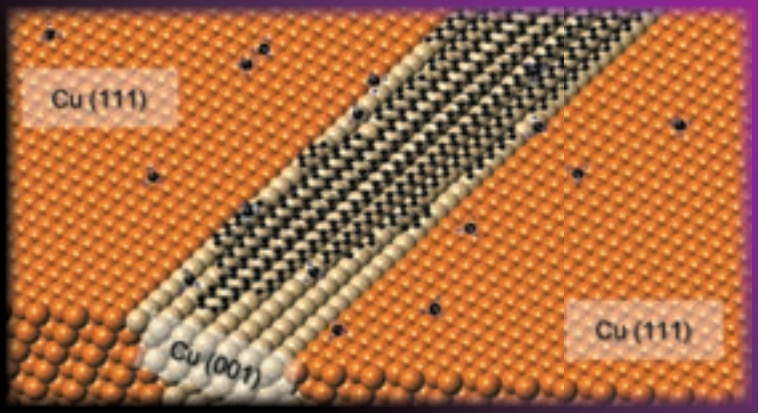
左図

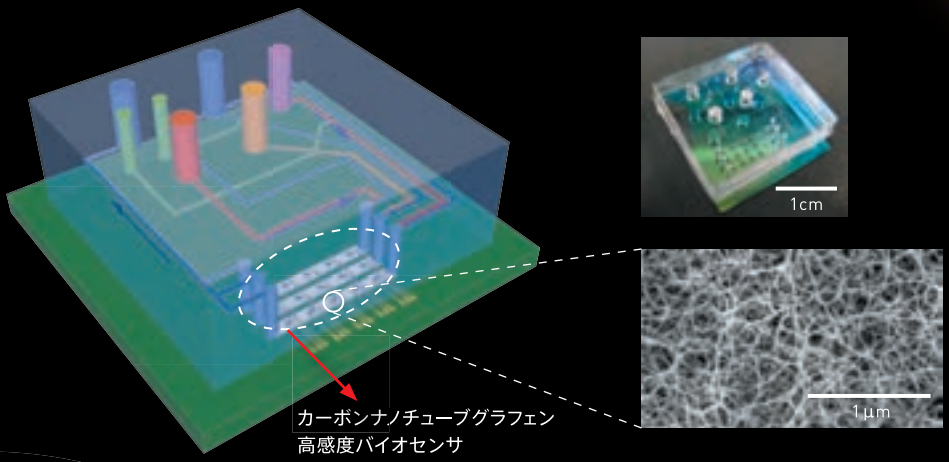
原子スケール厚の超薄膜を単層もしくは少数層に分離し，端子をつけ電子素子とする．さらに，金属的，半導体的，絶縁体的な特性を有する異種原子膜を積み上げて積層することで，人工的にデザインした電子状態を有する機能電子素子を作ることができる．図はショットキー素子の例．

提供：塚越一仁（物質・材料研究機構）
推薦：上野啓司 記者

右図
銅薄膜の細い双晶領域にグラフェンが選択的に形成される様子を示す模式図：双晶領域表面でのカーボン前駆体の吸着エネルギーがほかの部分より大きいことがその一因．ナノリボンの自己組織的形成が可能に．

提供：佐藤信太郎（富士通研究所，産業技術総合研究所）
推薦：前橋兼三 記者

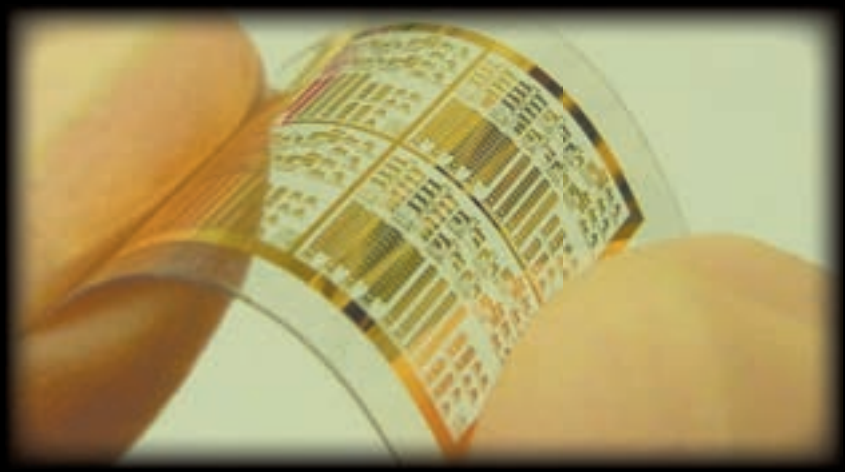


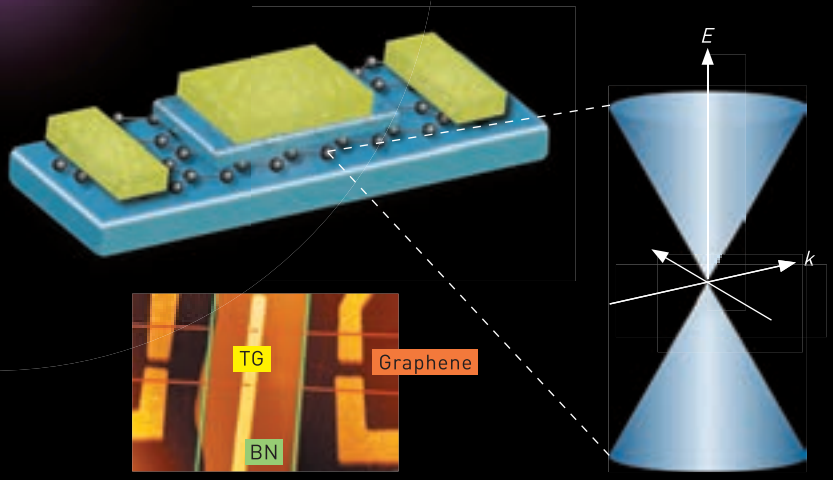


左図
在宅医療を基礎とした生体情報計測システムを目指して，カーボンナノチューブグラフェン高感度バイオセンサを組み込んだマイクロフローチップ．

提供：松本和彦（大阪大学）
推薦：前橋兼三 記者

右図
柔軟性をもつカーボンナノチューブ（CNT）集積回路：CNT 薄膜は簡単な転写法により形成されている．配線や電極をCNTで形成することにより透明な集積回路が実現できる．
提供：大野雄高（名古屋大学）
推薦：吾郷浩樹 記者





左図
原子層転写法により作製したグラフェンデュアルゲート素子：六方晶窒化ホウ素を下地およびゲート絶縁層として利用し，極めて高いキャリヤ移動度を実現．ディラックフェルミオンの量子輸送現象が観測される．

提供：町田友樹（東京大学）
推薦：吾郷浩樹 記者