

研究助成成果発表会

旭硝子財団研究助成成果発表会2003

ナノ構造の制御と応用



瀬谷理事長

7月15日国際連合大学ウ・タント国際会議場で第11回研究助成成果発表会を開催しました。瀬谷理事長の挨拶に引き続き、当財団理事の明治大学工学部 伊藤良一 教授(自然科学系第2分野選考委員長)が開会の辞を述べ、京都大学 新庄 輝也 名誉教授(同選考委員)および東京大学大学院工学系研究科 白木 靖寛 教授を座長として次の5件の研究成果が発表されました。



伊藤選考委員長



座長 新庄教授



座長 白木教授



磁気トンネル効果のスピニエレクトロニクスへの展開

東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻 教授 宮崎 照宣

物質は原子の集合体であり、原子は原子核とその周りを運動している電子から成っている。この電子は電荷とスピンを持ち、しかもその自転の向きによって右回りと左回りの2種類のスピンがある。このため、電子は回転と自転によるそれぞれの角運動量を持つが、自転によるスピン角運動量は原子の磁気モーメントを発生する。その向きが平行に並んでいるものを強磁性体、バラバラのものを常磁性体と呼ぶ。電気的な絶縁体を強磁性体でサンドイッチのように挟んで接合し、絶縁体の厚さを1nmまで薄くすると、量子効果によってトンネル電流が流れ、大きな磁気抵抗効果が現われる。このような原理によるトンネル接合薄膜を用いて、磁性と電気伝導に関する研究が盛んになり、スピニエレクトロニクスと呼ばれる新たな領域が開拓された。これにより、高機能・低消費電力の磁気メモリ開発へと応用・展開されている。



巨大な光・磁気機能の発現

東京大学大学院理学系研究科化学専攻 教授 長谷川 哲也

常磁性物質は電子スピンの向きがバラバラであり磁石としての性質を示さないが、ある種の物質では光を当てたときにスピンの向きがそろい、磁石の性質を現わす。逆に、磁場によって光を操ることも可能である。この光と磁気の相互作用を利用すると、光に応答し、光を意のままに制御するデバイスの実現が可能になる。本研究では、「組み合わせの化学(コンビナトリアルケミストリ)」の技術を活用して、多数の元素を組合せた酸化物薄膜の試験片をレーザー-MBE法で一度に合成し、微小なプローブを用いて、光-磁気効果を迅速に評価した。その結果、多数の組合せの中から、コバルト添加二酸化チタンやマンガ酸化物など

の薄膜が、巨大な光-磁気効果を示すことが分かり、光メモリなど次世代通信技術の要素技術として期待されている。



自己形成ピラミッドの光共振器への応用と ナノフォトニクスへの展開

北海道大学電子科学研究所 教授 末宗 幾夫

物質と光の相互作用を制御する具体例として、3次元の空間内に光子を閉じ込めた共振器が効率の良い発光素子になる可能性がある。一方、量子ドットの単一のエネルギー準位を利用して一度に1個の光子だけを発生出来る。しかし量子ドットのみでの応用では、いろいろなエネルギー状態の発光が混入し易いので、最適な条件は限られている。そこで、量子ドットと3次元光共振器を組合せれば、高速に一度に単一の光子を放出する光源を作ることができる。このコンセプトを実現する方法として半導体薄膜を選択的に成長させ、1個のパターンサイズが約790nmのZnSピラミッド型共振器にCdSなどの量子ドットを埋め込んだ結果、室温でシャープな自然放出光を観測できた。これにより、自由に光の波長を選択できる単一光子発生ダイオードの実現など、次世代の量子情報処理への展開が可能になった。



走査プローブ顕微鏡によるナノ構造の物性評価

東京大学物性研究所先端領域部門 助教授 長谷川 幸雄

デバイスの微細化はサブミクロンからナノのスケールへと移りつつある。ナノメートルの世界では、これまでは見えていなかった量子的現象が無視出来ず、デバイス構築においても、どんな現象が起こり、何が利用出来るのかの見極めが要求される。走査トンネル顕微鏡 (STM) では物質表面の電子状態密度を水面に立つ波紋のごとく振動するパターンで観察でき、その表面に薄膜などを乗せた時のパターン変化と物性との対応を評価出来る。また、原子間力顕微鏡 (AFM) の針状プローブの自励振動機構を工夫して、プローブ先端と物質との間に働く化学結合による力の大きさを観測した。このプローブを利用して、原子を1個ずつ基板表面へ人為的に配置する原子マニピュレーションにも成功したが、この技術はデバイス構築と評価の両面で、応用が期待できる。



光でナノ構造を見る、作る

大阪大学大学院工学研究科応用物理学専攻 教授 河田 聡

フォトン(光子)でナノの世界を拓くことが出来れば、広い領域の産業への応用が期待できる。フォトンのエネルギーは低いので、生体組織、細胞や各種有機材料に対するダメージが小さく応用範囲が広がる。しかし他方で、可視や赤外領域の光のエネルギー密度は、光の波動性によって回折して、空間的には数百ナノメートル程度まで広がる。この欠点を乗り越える方法には、第1にフォトンのトンネリングを利用するニアフィールド顕微鏡による近接場ラマン散乱がある。第2にフォトンを極めて短い時間と狭い空間に閉じ込める方法がある。すなわちフォトン密度を高くするためにフォトンの上にさらにフォトンを重ねる方法であり、多光子・非線形分光による光子の吸収過程を利用する。第2の方法による微小構造体の例として、高分子材料の光重合により近赤外レーザー光を3次元走査して、 $5 \times 8 \mu\text{m}$ のミクロの牛を造るなど、ナノ微細加工の技術を実現できた。