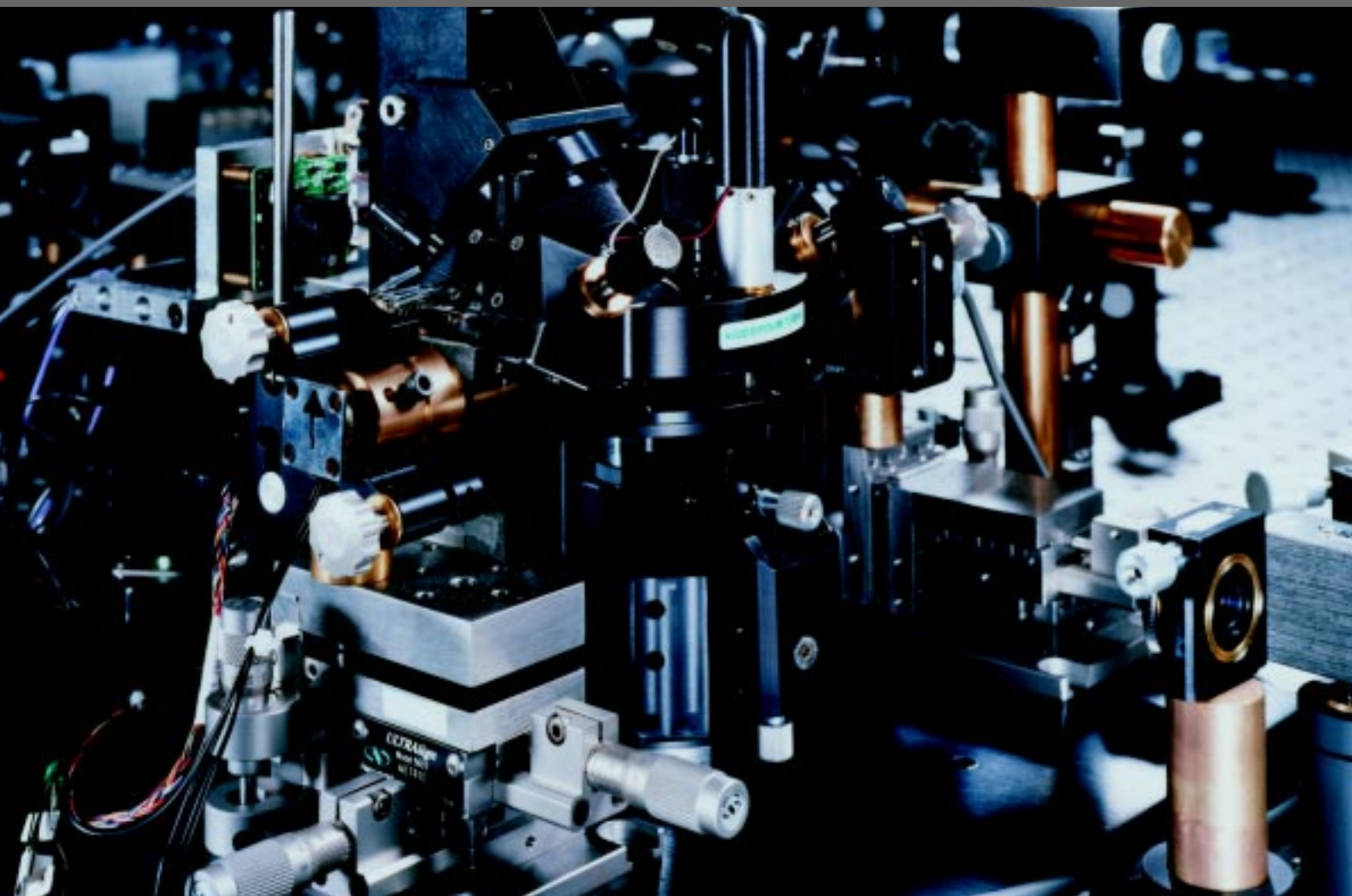


ETL NEWS

ISSN 0011-846X



電総研ニュース

フェムト秒時間分解走査型近接場光学顕微鏡の開発と
光スイッチ材料の評価

超短パルスレーザーによる半導体中のスピンの超高速制御

第40次南極地域観測に参加して

電子技術総合研究所創立記念式典

受賞・その他

2000.7 vol.606

フェムト秒時間分解走査型近接場光学顕微鏡の開発と 光スイッチ材料の評価

Development of Femtosecond Time-Resolved Scanning Near-Field Optical Microscope (SNOM) and Its Application to Evaluation of Molecular Thin Films

材料科学部 極限時空間フォトニクスラボ

Materials Science Division, Femtosecond Optoelectronic Materials Lab.

A scanning near-field optical microscope is combined with a two-color time-resolved pump-probe measurement system. The sample was a molecular thin film that revealed an excitonic resonance and also had a characteristic domain structure. The measurement system has a noise-equivalent transmittance change as small as 5.0×10^{-5} for a probe with an intensity of 30nW, which allows us to detect an optical gate action of the single domains. The results included key features leading to a spatial range over which the film composition was uniform.

1 .はじめに

走査型近接場光学顕微鏡(Scanning Near-Field Optical Microscope, SNOM)は、走査型トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡等と同様、試料表面を探针で掃引して画像を構成する走査型顕微鏡の1つである。空間分解能は、微小開口や微小突起などの近接場探针として使われる構造物の寸法によって決まり、回折限界に拘束されない。このため、超高密度光メモリーの書き込み・読み出しデバイスのプロトタイプとしても最近注目を集めている。

微小領域で起こる超高速光学応答を捉えるための最も直接的なアプローチは、SNOMをフェムト秒光パルスを用いた時間分解計測系に組み込むことである。時間分解能・空間分解能がともに優れている点を活かせば、伝播や拡散といった時間 - 空間相関を持った現象の可視化をはじめ、試料の広い範囲に渡る平均量でなく真に限定された領域の応答を取得することが可能となる。組み合わせられる2つの測定手法は、それぞれにノウハウの蓄積があり、ともに成熟した手法である。しかしながら、それぞれが通常想定している測定環境には重なりが乏しい。例えば、フェムト秒光パルスを用いた測定手法の主だったノウハウが測定光の光量不足が問題とならない環境を前提にしている一方で、SNOM技術のそれは、主に微弱光を扱い線形光学応答を画像化することを前提にしている。こうした組み合わせ上の困難があり、欧米諸国でも開発は進められているものの、実施例は多くない。

本研究では、微弱光に対してもダイナミックレン

ジを広く確保した測定ができるよう配慮して、SNOMの組み込みを進め、(1)近接場探针の出力光について時間波形を評価する技術を開発し、「微小開口を通過する際にフェムト秒光パルスの時間波形が歪むか否か」という基礎的かつ重要な問いに対する答を得た。その上で、(2)透過率の過渡応答を記録する測定技術を開発し、これを(3)光 - 光スイッチ材料である分子薄膜試料の評価に応用して、微小単一ドメインの非線形応答を観測することに成功した。成果(1)は、測定手順の一部として(2)に活かされているため、以下では、成果(2)、(3)を軸に解説を進める。

2 .測定装置

透過率の過渡応答を測定する装置について、主要部分の概略を図1に示した。光源はモード同期タン・サファイアレーザーである。出力光をハーフミラーで2つに分けて、一方を制御光、もう一方を測定光とする。光ファイバーやその他の光学素子を通過する際に、光パルスの時間幅が広がるので、その効果をプリズム・回折格子対を用いて補償している(分散補償)。測定光は、回折格子対を通った後、シングルモード光ファイバーに導入される。このファイバーのもう一方の末端はテーパ形状を持ち、側面にアルミ蒸着が施されていて、先端の微小開口が近接場探针として働く。試料透過後の測定光は、対物レンズで集められて受光器に向かう。制御光は、反対方向から対物レンズに入射し試料薄膜に集光される。制御光が入射すると、それが点灯している間だけ、試料は

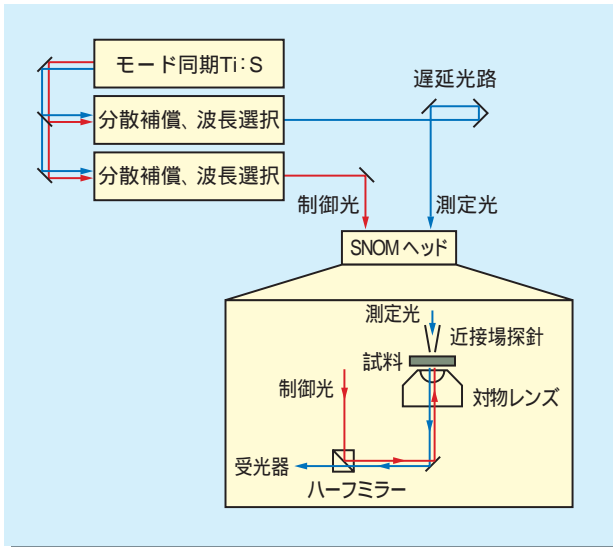


図1 装置概略

僅かに透明になる。光 - 光スイッチの機能は、誘導透過と呼ばれるこの効果に依るものである。制御光パルスから時間をおいて測定光パルスを送り込み、時間差を変えながら透過率変化を記録する。分散補償光学系内にはスリットを置き、必要なスペクトル成分を切り出している。図2に示すように、制御光と測定光の中心波長を、それぞれ820nm、780nmに置いている。これは、試料の光 - 光スイッチ動作を速くして、なおかつ透過率変化を感度良く捉えるための波長割り当てである。

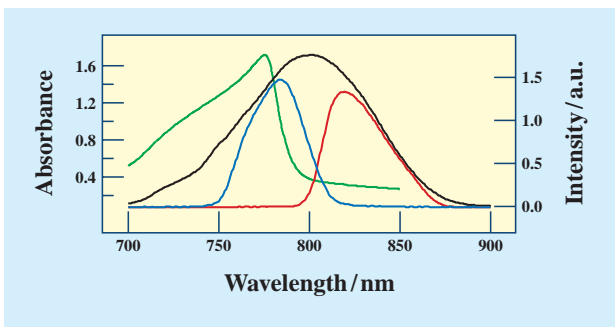


図2 試料(スクエアリウム会合体)の吸収スペクトル(緑線) 光源出力(黒線) 制御光のスペクトル(赤線) 測定光のスペクトル(青線)

ところで、光近接場探針が光パルスの時間波形に与える影響は、装置固有の応答として把握しておく必要がある。微小開口型探針から放射される光の強度はしばしば、nWあるいはそれ以下と微弱であり、第2高調波発生やカー効果といった非線形光学効果を利用する通常の方法で、時間波形を測ることは困難

をとまなう。本研究では、線形干渉効果のみを用いる相互相関測定からパルス波形を評価する方法を、干渉計の機械的不安定を打ち消すための工夫を含めて、開発した。測定結果を図3に示す。これは光強度の時間プロファイルの近似形にあたる。一方、微小開口の光パルスに対する透過特性に対する考察から、微小開口そのものがフェムト秒光パルスの時間波形を歪ませる効果は極めて小さいという見通しを得た。図3は、この予測を支持するものでもある。これを踏まえて、近接場探針のついた光ファイバーを、一時的に通常の末端処理を行った同じ長さの光ファイバーに置き換えた。100%のスループットを持つ、この「レプリカ」を用いて、第2高調波相関波形を見ながら分散補償光学系の調整を行った。

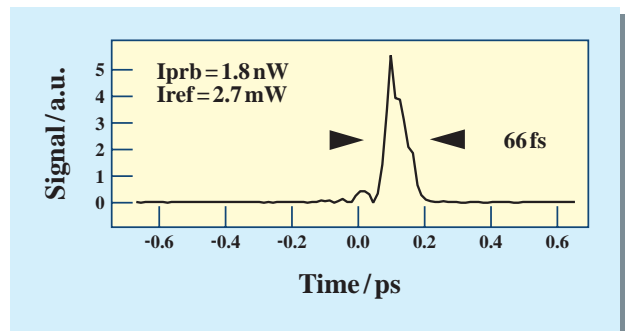


図3 近接場探針出力光の時間相関波形

探針と試料表面との距離は、原子間力顕微鏡に用いられているものと同等の制御機構によって一定に保たれる。探針が試料表面を走査することで、近接場画像とともに表面凹凸像を取得する。

近接場探針の開口直下で測った光強度は27nWであった。この放射強度から、微小開口のサイズは150~200nmであると推測された。これが、吸収体である試料、偏光子、バンドパスフィルター等を経て、3.2nWに減衰して受光器に至る。雑音レベルを決めているのは受光器内プリアンプの暗雑音で、その大きさは $0.053\text{pW}/\sqrt{\text{Hz}}$ であった。透過率変化 $\Delta T/T$ の検出限界は 5.0×10^{-5} に達している。

3. 試料

今回、評価対象としてスクエアリウム色素の会合体(ナノメートルオーダーの微結晶)を選んだ。会合体の形成に伴い特徴的な吸収帯が現れる。この吸収帯が関与する非線形光学効果は、常温で動作する超高速光 - 光スイッチを実現するものとして注目を集めている。これまでに、水面上単分子膜やラング

ミュー・プロジェクト膜についての研究から、光励起に伴い吸収帯の過渡的なシフトが起こること、会合体が基板上を隙間無く埋め尽くしており、会合体でつくられるシートが多数のドメインから成るモザイク状の構造をとっていること、また、ドメインの各々について光吸収の双極子モーメントの配向が揃っていることなどが分かっている。本研究ではスピコート法で作製した固体薄膜について一連の実験を行った。スピコート膜は、その機械的強度と光化学的安定性の点で実用に耐える薄膜である。試料は、スクエアリリウム色素のジクロロエタン溶液をガラス基板にスピコート塗布した。スティラスプロファイラーによる評価を行い、膜厚は約100nmであることが分かっている。図2に示した吸収スペクトルの波長774nmをピークに持つ吸収帯は、会合体が生成されていることを示している。

4 .測定

上記試料について、(1)制御光を入れずにプローブ光のみで線形SNOM透過像を取得し、(2)その画像中の何点かに探針を置き、制御光を入れて誘導透過(光スイッチ効果)をそれぞれの場所について測定した。また、近接場光で見た過渡応答と比較するため、(3)マクロ応答も測定した。これはSNOMを使わない通常の方法で、即ち、制御光と測定光を焦点距離の長いレンズで直径 $50\mu\text{m}$ の同じスポットに集光して、測定したものである。スペクトルの割り当てはSNOMを用いた測定時と同じである。

5 .結果

測定の結果、(1)分子薄膜がドメイン構造を持ち、それが偏光依存性を示すこと、(2)光スイッチ動作の強さがドメインごとに異なること、応答速度はドメインによらず50fsであること、が分かった。以下で、これらの実験事実とその解釈について述べる。

近接場探針直下の限られた領域にも、数多くの会合体が含まれている。そのサイズは会合体ごとに異なっていると推測される。薄膜は、化学的には単一種の分子で出来ているが、その「組成」には空間的な変動があってもよい。観測領域内の会合体のサイズ分布を、ここで「組成」と呼ぶことにする。光スイッチ効果の場所依存性を議論する際の基準として線形SNOM像は重要である。図4は、制御光をSNOMヘッドに入れずにプローブ光のみで測定した、線形SNOM透過像である。ここには、明暗の交互するドメ

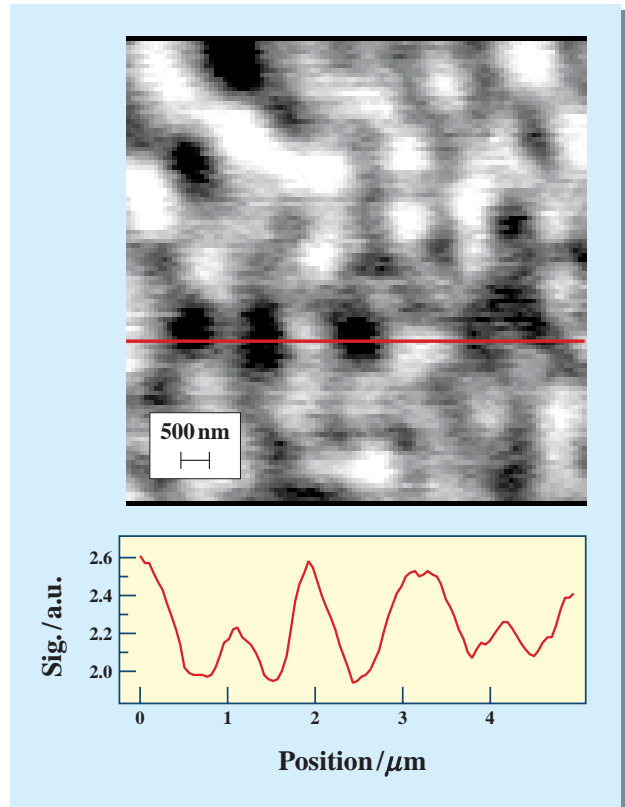


図4 上：線形SNOM透過像
下：横線に沿った断面図

インからなるモザイク状の構造が認められる。個々のドメインの寸法は500nmから $1\mu\text{m}$ である。探針制御の結果として得られる表面凹凸像は、この領域が平坦であることを示しており、図4の近接場像は透過率の空間マップと解釈してよい。受光器に至る光路には偏光子があり、図4のドメインの明暗は、吸収体の密度だけでなく、光吸収に関する双極子配向を反映したものである。事実、偏光方向を90度回転させると、近接場像は著しいコントラストの変化を示した。ただし、像変化の中には、コントラストの反転と解釈できない場所もあり、基板の法線方向に沿って双極子モーメントの方向が一樣でない所も分かった。単分子膜に見られた配向秩序を持ったドメイン構造が、スピコート膜についても認められること自体は、何ら不自然なことではない。

図5(a)は、図4とは異なる場所の線形NSOM像である。この画面中、明るいドメインから2点、暗いドメインから2点を選び、そこに近接場探針を置いて、誘導透過信号を測った結果を同図(b)に示した。暗いドメインで信号強度が大きいのは、一般的に誘導透過信号がその場所の吸光度に比例することによる。時間波形そのものについて4つの間で目立った差は認

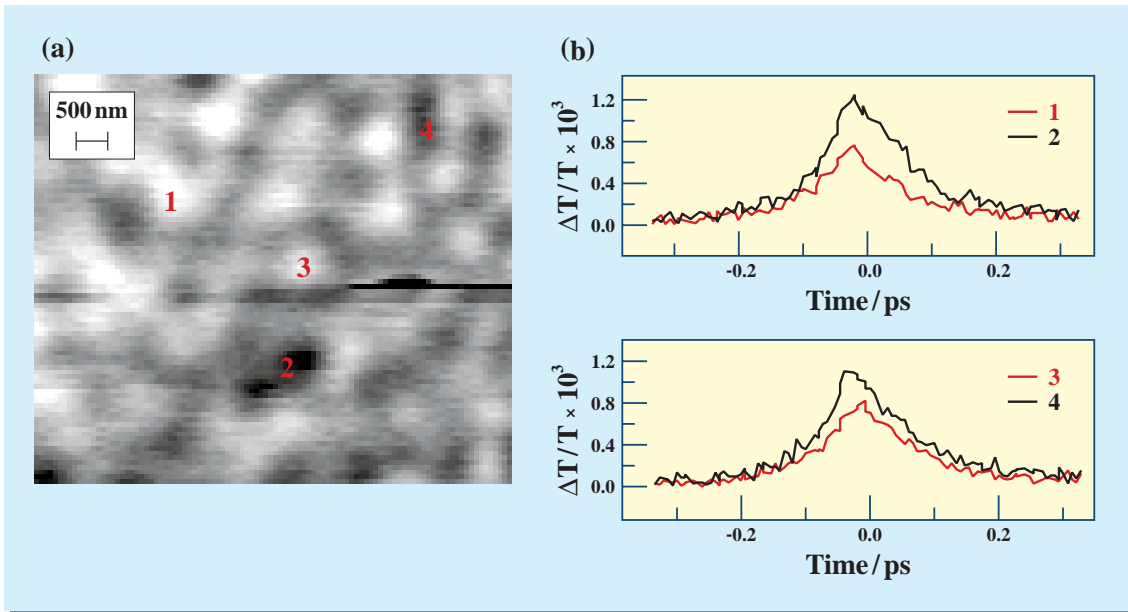


図5 (a) 線形 SNOM 透過像 (b) 左画像中4点での誘導透過信号

められないことから、少なくとも図5(a)の領域では、ドメインごとの組成のばらつきは比較的小さいと考えられる。時間波形データから装置固有の応答を取り除く数値的処理を行い、材料固有の応答時間は約50fsであることが分かった。これは、誘導透過が励起子吸収に由来することを示唆している。

図6は、SNOMを用いて測定した誘導透過信号をマクロ測定の結果と比較したものである。基準の一つとして、装置応答にあたる第2高調波波形もここに示した。マクロ測定の結果には、SNOM測定に現れていない時定数0.5psを越える遅い緩和的振る舞いが見られる。数ミクロン程度の領域内部では、薄膜の組成は均一と見なせる、という結果を先に得たが、より大きい範囲を見渡したとき、組成に何らかの不均一があり、異なる応答速度を与えている可能性が考えられる。それ以外にも、探針に蒸着された金属の影響で緩和が加速されている可能性もあり、確定的な解釈を得るためには、実験データを更に積み重ねる必要がある。

以上の知見をまとめると、今回評価対象に選んだ分子薄膜は、(1)分子配向秩序に依るサブミクロン寸法のドメイン構造を持ち、(2)数ミクロン程度の領域については組成が均一である、ことが分かった。後者は、事実としては平凡に聞こえるかも知れないが、回折限界を上回る空間分解能を以って空間的に均一であることを確認することも、何らかの微小構造物を観測する場合と全く同様に、すべからく近接場光学顕

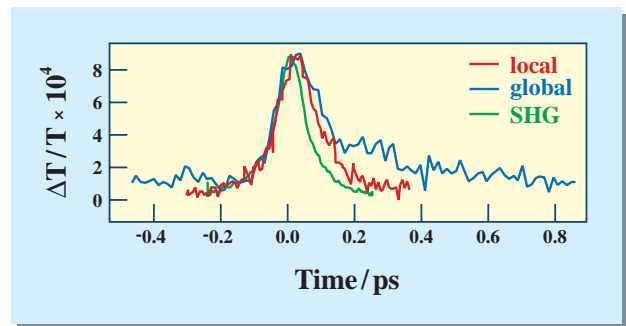


図6 SNOMによる測定(赤線)、マクロ測定(青線)の結果、及び装置応答(緑線)

微鏡を唯一の観測手段とする作業であることを強調しておく。

SNOMを用いた評価軸を新しく設けることで、材料プロセスの変化に呼応した光学特性の変化をより多面的に捉えることが出来れば、薄膜作製プロセス個々の作業の意味、作製条件の波及効果が明らかになり、製膜プロセス改善のための重要な指針になると考えて研究を進めてきた。今後、評価対象を広げるために、信号雑音比、空間分解能の向上、測定波長域の拡大など評価技術としての高性能化・高機能化を図ってゆく予定である。

6. 結論

走査型近接場光学顕微鏡をフェムト秒2色ポンプ-プローブ測定系に組み込んだ。時間、空間分解能はそれぞれ、100fs、200nm、透過率変化 $\Delta T/T$ の検出限界

は 5.0×10^{-5} に達した。この装置を用いて、ドメイン構造を持った分子薄膜について、その単一ドメインの光スイッチ効果を観測した。ドメインの起源や、薄膜組成が均一であると見なせる空間スケールを示唆する実験結果を得た。

本研究は、技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構、並びに富士ゼロックス(株)との共同研究によるものである。

研究課題

産業科学技術研究開発
フェムト秒テクノロジーの研究開発
フェムト秒共通要素基礎技術の研究
フェムト秒光電子材料基礎技術の研究

参考文献

H. Kawashima, M. Furuki, and T. Tani, J. Microscopy 194, 516 (1999)
M. Furuki, L. S. Pu, F. Sasaki, S. Kobayashi, and T. Tani, Appl. Phys. Lett. 218, 67 (1998)

ラボメンバー (Lab. Members)

河島 整 (Hitoshi Kawashima)	材料科学部 (Materials Science Division)
e-mail: e9506@etl.go.jp	
時崎 高志 (Takashi Tokizaki)	材料科学部 (Materials Science Division)

超短パルスレーザーによる半導体中のスピンの超高速制御

Ultra-fast Optical Manipulation of Spins in Semiconductors by using a Ultra-Short Pulse Laser

材料科学部 極限時空間フォトニクスラボ

Materials Science Division, Femtosecond Optoelectronic Materials Lab.

The dynamical processes of the magnetic moments of photo-injected carriers and resultant perturbed magnetic moment of Mn ions in CdTe/Cd_{1-x}Mn_xTe quantum wells were observed by means of the femtosecond time-resolved magneto-optical Kerr rotation measurement in transverse magnetic fields. The initial hole exchange field estimated by the Bloch model so as to fit experimental data is in reasonable agreement with the exchange field estimated from *p-d* exchange interaction, which supports the mechanism of perturbing Mn moment, i.e., a transient *p-d* exchange field. Further, we demonstrate the control of the Larmor precession of Mn moment by inputting two successive optical short pulses with its duration of 200 fs. We show the amplitude of the Larmor precession of Mn moment can be amplified or destroyed by controlling the separation time between two transient exchange field of hole spin and their directions.

1 .はじめに

電子は質量、電荷、スピンを有する素粒子である。これまでの半導体エレクトロニクスは、その電子の電荷を利用して大きな発展を遂げてきた。一方、大容量化のすすむハードディスクに代表される磁気記録装置などでは磁性体の電子のスピンの重要な役割を果たしているが、これもまたエレクトロニクスには欠くことのできないものとなっている。近年それぞれの分野で、デバイス微細化による高密度・大容量化の原理的限界が見え隠れするようになってきた。このような状況のなかで、半導体中の電子のスピンの自由度を積極的に制御・利用し、かつその自由度を磁性体と融合させ、新しいデバイスパラダイムを開拓していこうという機運が、「半導体スピントロニクス」とうかけ声のもとに盛り上がりつつある。我々はこのような流れのもと、超高速光・スピン制御デバイス基礎技術を確立するため、電子スピン(非局在)と磁性スピン(局在)間の相互作用に基づく新規なフェムト秒超高速光学応答現象を探索してきた。今回、超短パルスレーザーを用いて、希薄磁性半導体を含む量子井戸中にスピン偏極したキャリア(電子とホール)を注入することにより、磁性イオンのスピンのラーモア歳差運動を引き起こすことができることを直接的な観測により実証すると共に、複数の光パルスを用いてこの歳差運動を増幅したり停止させたりすることができることを見出した。この研究成果は、半導体中の超高速スピン素過程を明らかにした基礎

的な意義をもつばかりでなく、超高速な書込み・消去が可能な次世代の磁気メモリーの実現可能性も示すものである。

2 .試料および実験方法

まず、本研究の舞台となる CdTe/Cd_{1-x}Mn_xTe 量子井戸構造(図1)について説明する。この量子井戸構造においては、CdTe が井戸層、Cd_{1-x}Mn_xTe が障壁層となっている。光励起により CdTe 井戸層に生成されたキャリア(電子、ホール)の波動関数は Cd_{1-x}Mn_xTe 障壁層にわずかに沁み出して、Mn イオンと接触する。励起光源に円偏光状態の光を用いるとキャリアのスピンの向きを一方に揃えることができるが、このキャリア・スピンと Mn のスピンの間には交換相互作用と呼ばれる力が働く。この力を利用してレーザー光によって Mn イオンのスピンの運動を制御する。

スピンのラーモア歳差運動はピコ秒(10⁻¹²秒)程度の非常に短い時間で起こる高速な運動であるため、実験には200フェムト秒(フェムト=10⁻¹⁵秒)の超短パルスレーザー光を用いた。超短パルスレーザー光源より出射したレーザーパルスを、強度の強い励起用の光(ポンプ光)と強度が弱い観測用の光(プローブ光)に分ける。ポンプ光は円偏光状態として、スピン偏極キャリアを試料に注入する。一方、直線偏光させたプローブ光は、ポンプ光より一定の時間遅れて試料に照射され、その偏光面の回転角を測定する。偏光面の回転は磁気カー効果と呼ばれる磁気光学効果

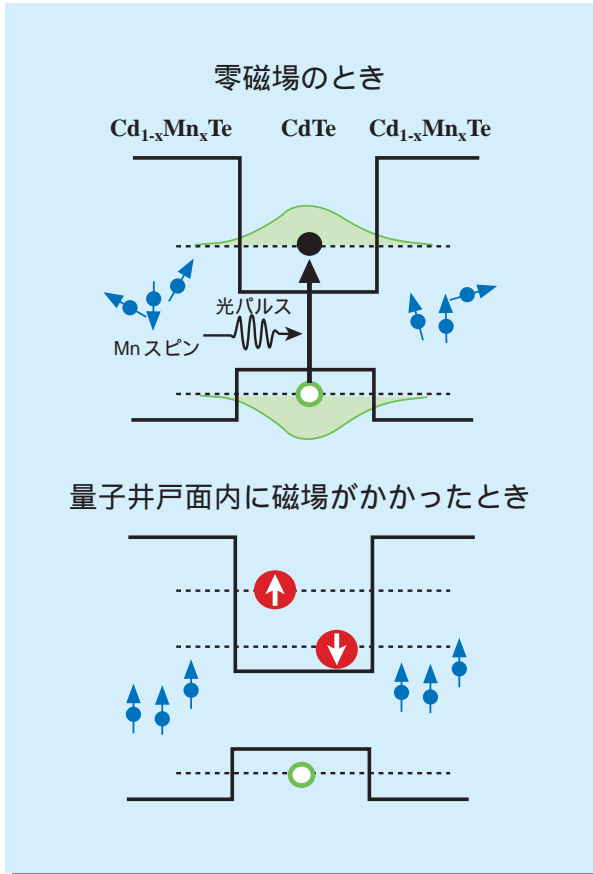


図1 $Cd_{1-x}Mn_xTe$ 量子井戸構造

であり、その大きさは光の進行方向に平行なスピンの成分に比例することが知られているために、その時間変化から磁気モーメントの運動状態を知ることができる。

3 .スピンの歳差運動の観測結果

図2 (a)-1のグラフは、ポンプ光により誘起された磁気カー効果の時間変化を測定した結果である。試料には、井戸面に平行に、3テスラの磁場がかかっている。パルス幅200フェムト秒の円偏光状態のポンプ光を時間0ピコ秒において試料に照射すると、プローブ光から得られる信号(磁気カー回転角)には、振動しながら数ピコ秒で減衰する信号と、図2のなかで青い線で示した12ピコ秒の周期で振動しながら100ピコ秒で減衰する信号が現れる。信号に振動が現れることは、試料内で磁気モーメントが周期的な運動をしていることを示している。また、2種類の振動があることから、磁気モーメントをもつ2種類のスピンの運動していることがわかる。

試料の中でスピンのどのような運動をしているかを、図2の右の模式図で説明する。井戸面に垂直に入

射する円偏光状態のポンプ光が試料により吸収されると、角運動量の保存則により、井戸面に垂直にスピンの揃った光励起キャリアが生成される。これが励起の第一段階である。外部磁場はこのスピンの向きと垂直であるので、電子スピンはトルク力を受けて外部磁場の周りでラーモア歳差運動を始める。数ピコ秒程度の時定数で減衰しながら振動する信号は、この電子スピンのラーモア歳差運動起源によるものであり、その周期は歳差運動の周期に対応している。この運動を量子力学的な考え方で説明すると、磁場により電子スピンはゼーマン分裂し、磁場に対して平行・反平行なスピン状態に量子化されているが、これらの状態を円偏光状態のパルス光によりコヒーレントに励起し、その量子ビートを観測していることに対応している。一方、ホールスピンの磁気的異方性のため、回転せずその方向を変えずに単純減衰する。これは磁場を量子井戸面内に加えたときホールは磁気的異方性のために井戸面に垂直に量子化されているため、ゼーマン分裂しないことを意味する。Mnの磁気モーメントは、光励起キャリアが生成される以前は、もっともエネルギーの低い外部磁場方向を向いている。ところが、後で説明するように、キャリアの生成によりMnの磁気モーメントは一斉にある方向に倒される。これが励起の第二段階である。その後、Mnの磁気モーメントは外部磁場のためにトルク力を受けて、ラーモア歳差運動をする。これが時間分解磁気カー効果における、100ピコ秒程度で減衰する成分の起源となっている。

Mn スピンがポンプ光で倒される理由を説明しよう。電子およびホールスピンの(s)は、Mnスピン(S)との間に $s \cdot S$ の形に比例する相互作用をする。これは、スピンと磁場との間のゼーマン相互作用と同じ形をもつ。このため、スピン偏極しているキャリアは、その波動関数の沁みだし効果により相互作用しているMnスピンに対して、キャリアのスピンの緩和時間で決まる過渡的な磁場を及ぼすを考慮することができる。このキャリアのつくる磁場が、Mnスピンを外部磁場方向から倒すときのトルクを発生させている。Mnスピンの目から見ると、電子のつくる磁場はその方向を急速に変えるために変化が速すぎて見えないが、ホールのつくる磁場は方向を変えないためほとんど止まっているように見える。このため、ホールのつくる磁場が上述のメカニズムの大部分を担っていることが詳細なシミュレーションの結果から明らかになった。

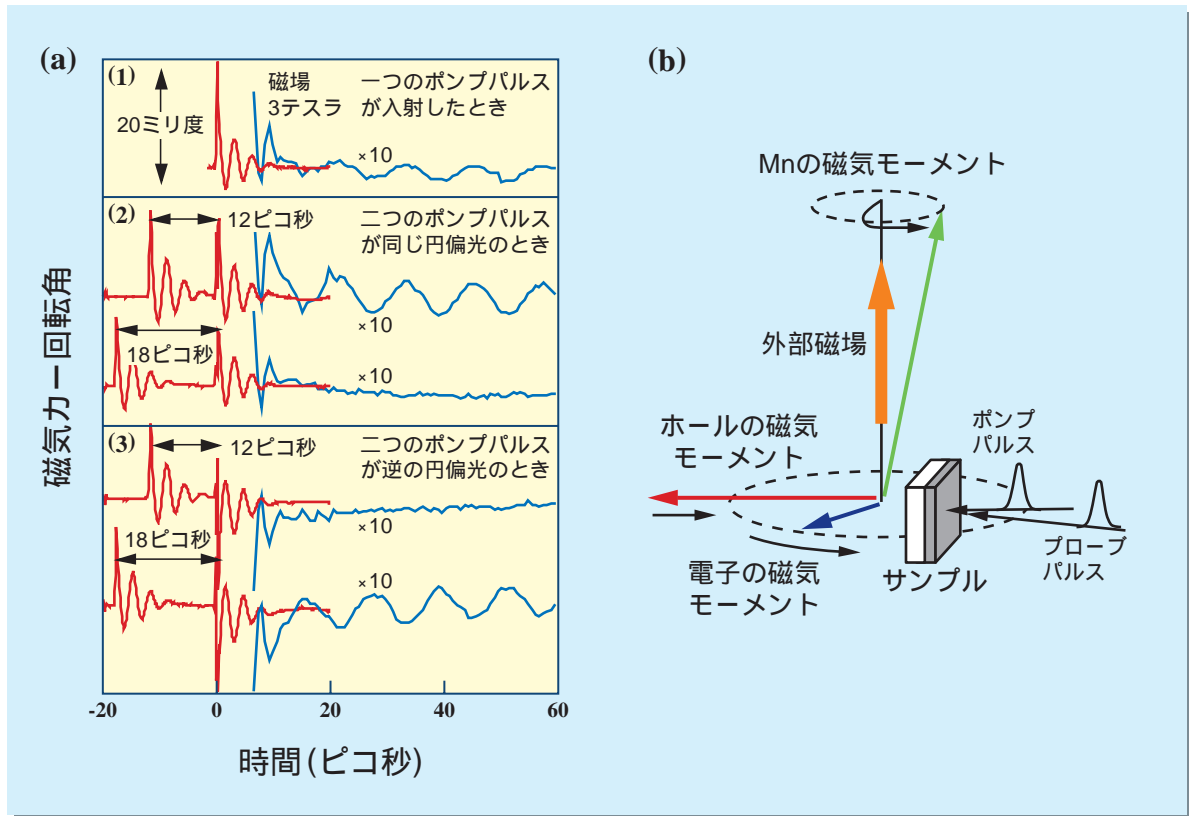


図2 フェムト秒時間分解磁気カー効果で観測した、スピンのラーモア歳差運動とその模式図

4.2 パルスによるスピンの歳差運動の制御

この現象を活用することで、複数の光パルス列による(光励起キャリアを媒介とする)局在磁性スピンの運動のコントロールが可能となる。図2(a)-2のグラフは、2つのポンプ光を用いてMnスピンの歳差運動を増幅したり停止させたりした例である。同じ円偏光をもつ2つのポンプ光の間隔を、ちょうどMnスピンの歳差運動の1周期(12ピコ秒)に合わせることで、歳差運動の振幅が増幅される。第二のポンプ光が逆円偏光のときには、第一のポンプ光により開始された運動が、第二のポンプ光により停止させられる。さらに、2つのポンプ光の時間間隔が1.5周期のときには、これらの関係は逆になる(図2(a)-3)。これは、あたかも子供の乗るブランコの振幅を増幅させるために、周期的にブランコが自分の手前まで戻ってきたときに、子供の背中を押してやればよいのと同じことである。反対にブランコが自分から一番遠くなったときに、子供の背中を押せばブランコは止まってしまう。この実験結果は2つのポンプ光を用いた場合であるが、最近進歩してきた光繰り返し短パルス半導体レーザーと組み合わせることにより、ラーモア歳差運動に同期したさらに多数のパル

ス列を用意することが容易に可能となり、Mnスピンの歳差運動をさらに増幅することができることを示している。

5.まとめ

近年、チタンサファイアレーザーのような非常に安定にフェムト秒の超短パルスを生成できるレーザーが普及し、各方面にわたって応用されてきている。このような超短パルスレーザーを使用することにより、固体中のさまざまな超高速現象の観測が可能となってきた。我々は、このような超短パルスレーザーによる物理計測技術を通じて、メゾスコピック構造を有する光電子材料におけるフェムト秒領域での光と電子の基礎物性の探求・解明と基礎的評価技術の開発を行ってきた。メゾスコピック材料の1つとして希薄磁性半導体量子井戸構造を取り上げ、電子スピン(非局在)と磁性スピン(局在)間の相互作用に基づく新規な超高速光学応答現象を探索しメゾスコピック材料の有する光学応答の本質を評価してきた。磁性イオンのスピンのラーモア歳差運動を、超短パルスレーザーにより直接時間軸上で観測し、スピンの歳差運動を光パルス列によってコントロールする

ことに成功した。将来、Mn スピンが歳差運動している状態としていない状態を利用した、メモリーが実現される可能性もある。高速な書き込み・消去が可能な次世代高速磁気メモリーへのブレークスルーを期待したい。

研究課題名

フェムト秒光電子材料の基礎技術

用語説明

希薄磁性半導体

II-VI 半導体に遷移金属イオンとして Mn を混入したものが良く知られている。母体半導体のキャリアのスピント、局在磁性を担う d 電子スピンの間に交換相互作用が働くため、巨大ゼーマン分裂などの大きな磁気光学効果を引き起こす。

交換相互作用

二つのスピン (S_1, S_2) に働く $S_1 \cdot S_2$ の形の相互作用を交換相互作用という。本質的にはクーロン力とパウリの原理との組み合わせによって引き起こされる。希薄磁性半導体では、伝導電子スピン・局在スピン間および正孔スピン・局在スピン間にそれぞれ s-d, p-d 交換相互作用が働いている。

ラーモア歳差運動

磁気モーメント μ は磁場 H のもとで $d\mu/dt = \gamma[\mu \times H]$ の運動方程式に従って運動する。ここで γ は磁気回転比である。この運動方程式は磁気モーメントが磁場の方向を軸として $\omega_0 = \gamma H$ の角速度で回転運動することを表している。このとき、磁気モーメントの回転運動のことをラーモア歳差運動という。

磁気カー効果

物質が磁化をもっているとき、直線偏光を垂直に入射すると、磁化の大きさに比例して主軸の向きが傾いた楕円偏光となって反射してくる。このような現象を磁気カー効果という。このとき磁気旋光角を磁気カー回転角、楕円偏光の短軸と長軸の比を磁気カー楕円率と呼ぶ。

ラボメンバー (Lab. Members)

秋本 良一 (Ryoichi Akimoto)

e-mail: akimoto@etl.go.jp

佐々木 史雄 (Fumio Sasaki)

安藤 功兒 (Koji Ando)

時崎 高志 (Takashi Tokizaki)

材料科学部 (Materials Science Division)

材料科学部 (Materials Science Division)

材料科学部 (Materials Science Division)

材料科学部 (Materials Science Division)

第40次南極地域観測に参加して

1998年11月14日から2000年3月末日までの500日間、文部省国立極地研究所に出向し、第40次南極地域観測に従事して来ました。

担当した気水圏系観測の南極域での活動内容や成果、越冬中の出来ごとの一端を紹介します。

南極域での観測活動

担当した気水圏系の活動は、南極域での大気循環に関する研究、グローバルな地球環境をモニターする一環として位置づけられている研究分野です。その範囲は垂直方向空間で地上から上空30km程度の範囲を対象としていて、これは気象観測系と類似しています。これ以上高い空間を宙空系が受け持っています。

観測、研究は長期的な視野で推移しており、プロジェクト観測とモニタリング観測に大別されています。また、各種用途に応じた昭和基地周辺の大気サンプリングをも実施しています。

第40次越冬隊における大気観測の概要、関連する大学や研究所から依頼された昭和基地周辺における

各種用途別大気サンプリングの実施内容を表1にまとめます。

プロジェクト観測では、大型気球を使用してオゾン濃度測定、窒化物等の垂直方向分布観測を合計8回飛揚実施しました。概略データ解析ではオゾンホールが発生に関与する極成層圏雲の観測で硝酸雲粒子の存在がエアロゾルゾンデ観測によって観測されています。

モニタリング観測として微量大気成分の二酸化炭素、メタン、オゾン等の地上付近濃度を連続的に測定しています。さらに、衛星受信データによる極域地球環境変動のモニタリングを含め、これらの観測の結果から地球規模の環境変化、観測している物質のおよぼす影響、これらを知る手段と予測の研究が推し進められています。

40次で観測された二酸化炭素等の観測値の暫定解析値を図1に示します。温暖化に影響する二酸化炭素やメタンの濃度は概略的には季節変動をしながら右上りの傾向(増加)を、オゾンは横ばいとなっています。

プロジェクト研究観測「南極大気・物質循環計測」		
エアロゾルの粒径別数濃度計測	・0.3~5 μmの5粒径(37次、1996~) ・0.01 μm以上(38次、1997~)	
エアロゾルゾンデ観測	定常気象部門との共同、10回(打ち回気水圏分)	
モニタリング研究観測「大気微量成分モニタリング」		
観測区分	観測項目	開始隊次
連続測定	・二酸化炭素(CO ₂)濃度測定	25次(1984~)
	・メタン(CH ₄)濃度測定	29次(1988~)
	・地上オゾンO ₃ 濃度測定	29次(1988~)
	・成層圏オゾン(O ₃)・二酸化窒素(NO ₂)濃度測定	31次(1991~ 1999.12終了)
サンプリング	・東京大学(ハロカーボン類:1回/月)	23次(1982~)
	・東北大学(微量気体成分:1回/週)	24次(1983~)
	・NOAA(微量気体成分:2回/週)	29次(1988~)
	・プリンストン大学(O ₂ /N ₂ :1回/2週)	35次(1994~)
	・極地研究所(¹³ C:1回/週)	36次(1995~)
	・極地研究所(アーカイブエア:1回/月)	36次(1995~)

表1 第40次越冬隊における大気観測概要

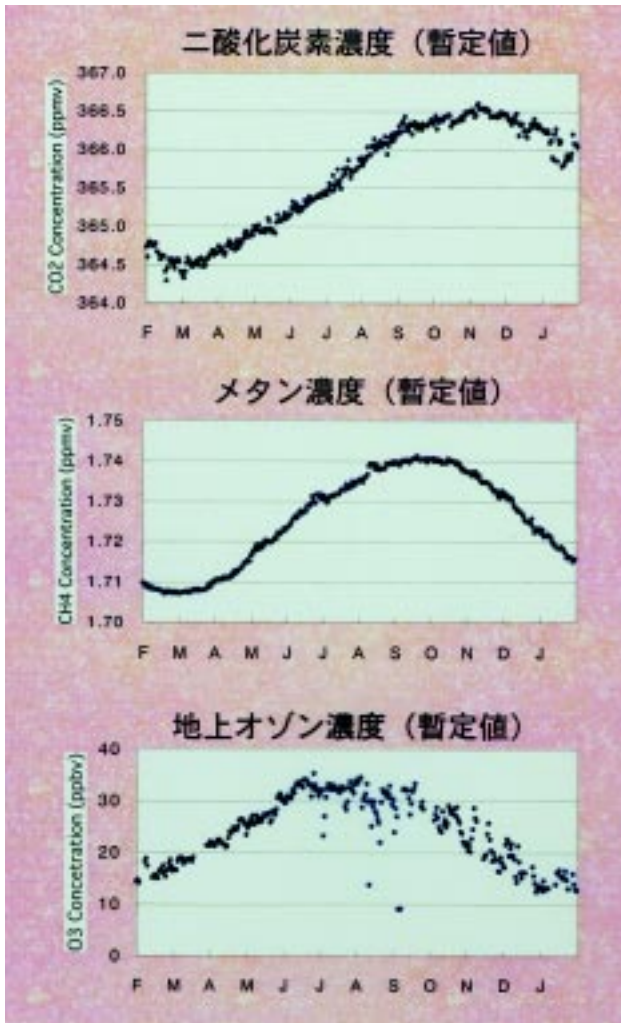


図1 微量気体成分の連続観測；1999.2~2000.1

これらの詳細な分析、解析は国立極地研究所、気象庁および関連する研究機関、大学で行われ、極域関連学会、関連誌に適時発表されています。

南極域での観測は、限られた人員で多くの課題を達成するために部門を越えた協力体制が取られています。例えば、生物、地学関連の野外活動には通常、雪上車を使っての旅行が伴います。この野外行動に必要な人員として該当する分野の専門家、設営&機械関連隊員、食料担当、気象&通信担当等が必要になります。このような行動に伴う燃料や食料の確保を含め、行動計画段階から多くの人たちの支援が求められています。この支援行動が専門外の隊員にとって野外に出る機会が得られる数少ないチャンスと言っても過言ではないでしょう。

私自身の事で言えば、自分の観測やサンプリング予定を調整しながら野外行動に参加します。南極の自然の雄大さに畏怖の念を感じ、肌で楽しみ、汗をか

き満喫して来ました。

昭和基地周辺状況

昭和基地は東南極のリュツォーホルム湾東岸、南極大陸氷縁から西に4km離れた東オングル島(南緯69度、東経40度付近)にあります。経度で北半球に上るとモスクワ付近の経度となります。日本時間よりマイナス6時間のズレ、東京から約14,100kmの距離、一番近い大陸の南アフリカ共和国ケープタウンまで約4,100km、インド洋に面した地域に有ります。

昭和基地へ行くためには、現在、昭和58年(1983年)就航した砕氷艦「しらせ」(満載排水量：18,900トン、全長：134m、最大幅：28m、馬力：30,000PS、最大速度：19ノット、ディーゼル電気推進式)に乗船し往路14,000km、復路6,000kmの暴風圏を二度通過する船旅、そしてオーストラリアからの飛行機を使って帰国するという手段しか公式にはありません(観光での方法は他にあるそうです)。

将来構想として飛行機による移動計画が検討されていると聞いています。

地質学的には39億年(プレカンブリア時代)から10億年前に固化し、その後約5億年前から広く若返り



写真1 奇岩 穴空き岩



写真2 全体画面-海氷から管理棟を見、雪上車が海氷上に有る

現象の起こった片麻岩(へんまがん) 花崗岩(かこうがん)から出来ています。その後、大陸移動が2億5千万年前から起こり現在の姿を保っていると言われています。長い年月、風と砂による侵食で生じたと思われる奇岩が基地の通称「蜂の巣山」付近に見られず(写真1)。

昭和基地は近代的な建物に変革しつつあります。中央部には通信、食堂、医務室、娯楽施設等のある管理棟、2階建て個室がある居住区2棟、汚水処理棟、発電棟、冷蔵冷凍庫と倉庫棟、設営隊員室や風呂洗面所、各棟を結ぶ通路、これらが一体となって中央居住空間を作っています。かつて、映画「南極物語」;タロ、ジロの生存していた話」で知られる赤い色の箱形建物(内部は食堂と娯楽室)は物資の保管庫、物置として使われたりしています。傷みも多くなり、近い将来解体されると聞いています(写真2)。

観測棟(観測部門ごとに建てられている)は、この管理棟から分離されており、離れた場所に意識的に建設されています。近いところで50m、遠い所では200m位離れています。このようにした主な理由は火災時の類焼防止と聞いています。このため、観測隊員は悪天候時には防寒対策などをして大変な思い(決意)で、時にはお茶用の水を背負子に結び付けトボトボ歩いて移動します。

基地には沢山の用途別アンテナが林立しています。アンテナ島です。目を見張るのは大型短波レーダーアンテナ(極域電離層対流の観測用) 南極VLBI(超長基線電波干渉計) 観測計画に使用されているドームの中に入ったパラボラアンテナ等がどの地点に居ても目に付きます。

基地での生活は、サラリーマンの行動パターンで、朝起きて、食事をして職場に向かうという状態は通勤時間が極端に短いと言うだけで同じす。

食事は通常、管理棟の食堂で決められた時間に食します。特に夕食時は全体ミーティングを兼ねており、隊員の相互確認を含め大事な時間となっています。

普段の寝起き(通常でない事が多いので)は居住区で過ごしています。

ここには各自の個室が有ります。広さは壁側に二段ベット(梯子付きで途中に引出しが付いており、下部は物置になっている) その横に机、縦長のロッカー、そして整理棚を収め、残りは若干の床空間です。四畳半と言うところかな？。

室内は15℃前後で乾燥しています。洗濯物を夜干して置くと朝には乾いて着られます。湿度調整に濡れたままの洗濯物、タオルを吊して置くと良いと解り実行していました。

居住区を結んでいる通路棟(幅4m、高さ3m位)は色々なイベント、作業の空間として活用されています。自然の岩盤をそのまま利用して建てられている種々な建物とこれを結ぶこの通路は、殆どスロープ付き廊下です。お祭りの出店の屋台、競技会のコース、品物を運ぶゴロの斜面、生鮮野菜(キャベツの皮



写真3 通路棟での生鮮野菜の保存作業



写真4 アデリーペンギン; 集団繁殖地/ルッカリーにて
(注釈): 南極条約により人間が南極域に生息する
動植物にむやみに近付き、接触してはいけないこ
とになっています

むき)の確保作業等に使われていました(写真3)。
基地周辺ではアデリーペンギンの集団営巣地
(ルッカリー)が数カ所確認されています。春10月頃
は露岩地域にルッカリーを作るために海水氷上を移動
するペンギンの姿が多く見られます。南極域で活動
している世界中の研究者が、ペンギンの頭数を日を
決めて(11月の第1週)数えて、報告しあっています。
勿論、この頃になるとアザラシも子育てのシーズン
で近くで見ることが出来ます(写真4)。

穏やかな日、散歩に出かけてみました。基地の周り
のオングル海峡には大型の氷山が漂っていました。
海水氷上の氷のきしむ低いミシッという音、氷山を照
らす太陽光線が描くパノラマな景色、そして、音が突
然無くなったような静寂が訪れます。長いことたず
み、時と共に変化して行く景色に見とれていました
(写真5)。

極地での生活と野外活動

基地の生活は大きく2つの区切りがあります。昭和

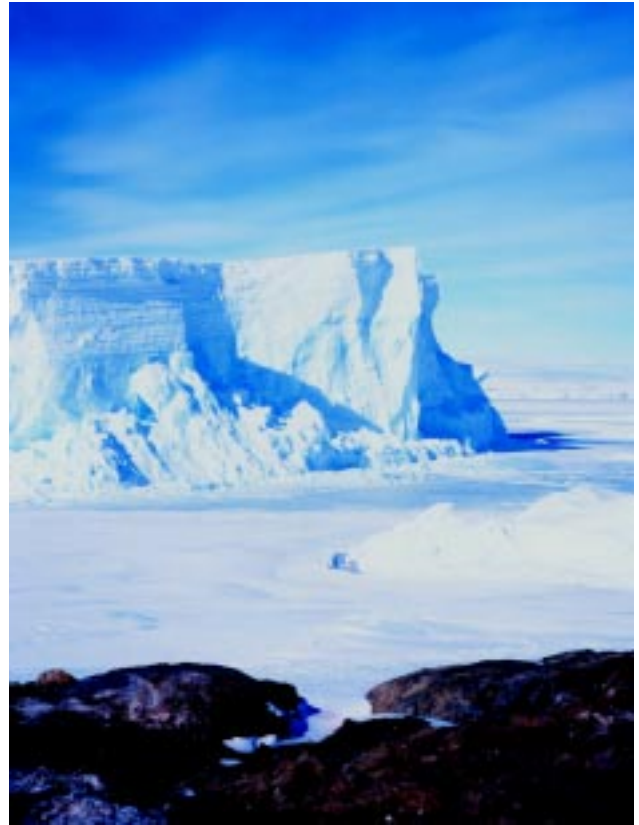


写真5 大型冰山、氷山上部には数千年の時を刻んだ縞上
の模様(表層)が見える

基地に到着した時期(12月~1月末まで)から越冬交
代式までの前半部の期間と、「しらせ」が帰路につき、次
に迎えに来るまでの長い越冬中の生活に大別されます。

前半部。第40次の例(作業期間50日と言われている
夏作業)では、日中は「しらせ」から越冬に必要な
荷物の積み下ろし作業(ヘリコプター輸送される燃
料ドラムの受入はきつかった)年次計画の基地建設
(建物の解体、移設作業で氷部分から掘り出す作業、
コンクリートミキサーの運転では寒い風と吹き飛ば
されたコンクリートの粉に悩まされた)夜間は観測
系の引き継ぎ(眠い)という作業が並行して進められ
ました。この頃は、一日中明るい空、長い影を作る沈
まない太陽が輝いています。

2月1日が越冬交代式です。この日を境に生活が大
きく変化します。越冬用の建物、物資が使える様にな
ります。送別を含めて開かれたパーティーには沢山の
食材が並び、別れの言葉が交わされ、残る者の顔は
強張っていました。

本格的な越冬になった当初(3月~4月頃)慣れな
い観測機器の取り扱いにマニュアルと格闘、更に加
えてパソコンが頻繁にハングアップしていました。

触るとパチッと放電が起こるのです。今、メンテナンスノートを見ると混乱と戸惑い、いらだちの走り書きが目につきます。南極からのメール通信にトライしたりしましたが通信、情報の交換に関する環境整備はこれからの課題かと思います。

5月、朝焼け、夕焼けが美しい。日中の明るい時間が徐々に少なくなって来ます。気水圏系観測棟の屋根に登り、空気取り入れ口や関連装置の点検をしていた時のこと、ふと見ると、薄明かりに照らされた大地は吹く風に風紋を作り、地表をはう雪は Snake の様にうねりながら移動して来て去って行きます。幻想的な動きに寒さを忘れて立ちすくみ見つめていました。

6月、MWF(ミッドウエーターフェスティバルと言っていた、南極域恒例のお祭りらしい)が催されます。北半球の夏至に相当する時期、南極は夜の時期に入ります(冬至だ!)。前夜祭を含め3日間、趣向を凝らした酔っ払い横丁(通路部に作られた)の出し物、写真&ポスター展、演芸大会、競技会、食事会等が企画されました。居住棟1階、2階と別れ、4チーム編成で全員参加の各種対抗戦、パフォーマンス演出、チームそして個人、秘策を抱えて祭りの2週間前から準備に余念がありません。自分も北国風オデン屋、焼

き魚の屋台と呑べーの為の憩いの場を提供?、演芸会では見えない芸(その内披露します) チーム戦ではキャプテンを勤め大いに楽しんで過ごしました。越冬に入ってから新たな人間模様、関係が見い出された時期でもあった感じがします。

8月、野外行動が活発になって来ます。ルート調査に始まる一連の野外行動は多くの隊員の支援を必要とします。参加する者のリスト欄に一番先に名前を書いて、時間が許すかぎり積極的に多方面へ出るチャンスを待っていました。チャンスは来ました。1週間の予定でラングホブデ生物、地学合同調査隊が編成され、通信、医療兼食料担当として参加することになったのです。必要な器具類の調達と整備、念入りな食料の吟味(!?)のため参加仲間の意向調査等をして準備を進め出発時を待っていました。しかし、全てが凍り付くと言う南極域での行動はそうは容易では有りませんでした。野外での水の確保、温かい食事と飲物を得る努力と時間がとても大きな比重を占めていました。

食べた後は排泄です。日本隊は便所部に相当する物を持って移動していませんので野外の処理は一苦労です。特に風が有る時は風のいたずらと寒さが増して大変です。1週間、大便を排泄せず、貯めて帰っ



写真6 大陸での風紋(サスルツルギ;ロシア語)

て来た猛者もいます。基地に着いた隊員は、後片付けも早々に、直ぐに風呂に入りに行く、さっぱりした顔が夕食時には見られます。

10月、帰路の準備が始まります。持ち帰り物資のリストの作成、観測データの整理、次期の隊の受け入れの準備、私物の整理等の並行した作業がやって来ました。前年の「しらせ」出港、その時が思い出され、一気に里心が附いた様な気がしたのもこの頃です。

南極大陸への上陸

S-16補給基地での車両の掘り出し、ドーム隊の観測機器の調整作業の支援に大陸に上陸する機会を得ました。そこに至る道々、広漠としてうねりながら果てしなく続く稜線、雪紋を描く雪原を上下左右に動きながら進む大型雪上車で、地表をはう様に吹いてくる風に肌を切る様な冷たさ、これらを経験して始めて極地での観測の厳しさを味わった気がしました(写真6)。

その他の話は皆さんとお会いした時、貴方の問いに答えたいと思います。この様な掲載の機会を頂いた事に感謝します。

現 基礎計測部

元 第40次南極地域観測 気水圏系 越冬隊員
櫻庭俊昭

7月3日、創立109周年の記念式典が当所大会議室において行われ、児玉皓雄所長の挨拶に引き続き下記の業務表彰が行われました。



所長挨拶

児玉 皓雄

小渕前総理が設けられた「21世紀日本の構想」懇談会の最終報告書にも述べられているように、日本の中に潜む資質、才能、可能性を活かすことが日本の将来のカギとなります。21世紀の我が国においては、明治以来の「追いつけ追い越せ」モデルによる発展は望めないわけで、正に「世界のフロンティアは日本の中にある」わけです。

科学技術についても、日本の中に潜む資質、才能、可能性を活かして独自の研究開発に取り組み、その成果を積極的に国際社会に向けて発信していくことで我が国のプレゼンスを示していくことが、「科学技術立国」の第一条件となるでしょう。しかも、モノだけではなく心も豊かな生活、安心でうるおいのある生活を支えていくための科学技術でなければなりません。やはり小渕前総理が主催された産業競争力会議のもとで策定された「国家産業技術戦略」において、バイオや情報通信、エネルギーなどの16分野についての技術戦略が取りまとめられました。当所としても、その中で規定されている重点研究課題の遂行と、知的基盤の創造とに真摯に取り組むと共に、技術革新を生み出す真の産学官連携の実現を通じて、この「国家産業技術戦略」の具現化に貢献していかなければなりません。

ところで、1990年代後半に興ったIT革命、生命科学革命は、基礎研究と生産現場との距離を短縮し、再び国立研究所に「出口」への貢献が求められる時代をもたらしました。当所はこれまでも時代の要請に応じた研究所のあり方を追求して参りましたが、今日

のような100年に1度の変革の時代には当所単独での機構改革では対応できないものと判断し、工業技術院傘下15研究所の統合により新しく独立行政法人として再出発をする決断を致しました。短くはありますが、当所に残されたあと9ヶ月弱の時間を有効に使い、是非とも有終の美を飾っていただきますよう、改めてお願い致します。そして、職員一人々々がその勢いを新法人へ持ち込むことができれば、必ずや産総研はその意義を国民に認められる存在になると信じます。

平成 12 年度業務表彰

業績賞（3件）

先端シリコンプロセス技術の解析と原子配線網応用に関する研究

三木 一司（電子デバイス部）

（業績内容）

情報技術(IT)革命を推進することで「日本新生」を目指すためには、シリコン集積回路の更なる高集積化・高機能化が不可欠です。本研究では、次世代シリコン集積回路用絶縁膜の信頼性向上に繋がる成果として、走査型トンネル顕微鏡の高度化によるシリコン酸化過程のリアルタイム観察に世界で初めて成功しました。さらに、高集積化に伴って急速に困難となる微細配線の問題を解決する糸口として、ビスマスの原子配線が立体交差できることを世界で初めて実証しました。

フェムト秒レーザーの高安定化に関する研究

土田 英実（光技術部）

（業績内容）

フェムト秒レーザーは次世代のテラビット情報通信ネットワークへの応用が期待されていますが、従来は出力パルスにタイミング変動があり、それが引き起こす伝送品質劣化が問題となっていました。本研究では、デジタル位相検出器の開発により、フェムト秒固体レーザーのタイミング変動を7.5フェムト秒にまで抑圧することに世界で初めて成功しました。なお、このような短い時間のタイミング変動を高精度に測定する手法自体、本研究で開発されたものです。

高純度オゾンを利用した新しい表面制御技術の開発とその応用的展開

黒河 明、中村 健（極限技術部）、野中 秀彦（材料科学部）、井藤 浩志、村上 寛、川田 正國、一村 信吾（極限技術部）

（業績内容）

シリコン集積回路の更なる高集積化・高機能化において重要な表面酸化技術と表面クリーニング技術について、高純度オゾンビームを用いる新しいプロセスの有用性を科学的に実証しました。これらの成果は、次世代半導体実現のための主要なブレークスルーであると捉えられています。併せて、高純度オゾン発生・制御技術を確立し、技術指導によりその成果を産業界へ波及させることに成功しました。

貢献賞（1件）

永年にわたる企画室業務の推進

菅野義之（量子放射部・企画室併任）

（貢献内容）

受賞者は、電気試験所から電子技術総合研究所へと所名が変更された昭和45年に企画官付となって以来、30年の永きに亘り研究企画・管理業務を推進してきました。この間、研究所の円滑な運営、研究事務

資料のデータベース化、所内OA化に多大な貢献がありました。特に、当所における研究活動の長期間に亘る分析は、技術史的に見ても貴重な情報であり、10編に上る論文として彙報に掲載されています。これらの情報は、外部評価等の資料としても非常に有用なものとなっています。

優秀ホームページ賞（3件）

創造フォトニクスラボ（代表：土田 英実）

事情通口ポットラボ（代表：松井 俊浩）

企画室（代表：横山 茂樹）



受賞

平成12年度（第13回）通商産業省研究業務優秀者表彰

通商産業大臣賞

横山 浩（超分子部）



研究の名称：液晶界面現象に関する実験的・理論的研究
 研究の内容：本研究は、液晶がその界面で示す特異な挙動を、物理現象として解明し制御することを目的としたもので、理論、実験および評価技術の広範な側面にわたって、統一かつ世界的にも先駆的な立場で行なわれたものであるところに特徴がある。氏が発見した新しい液晶界面現象とその理論は、学界における液晶界面学の基礎として定着している（これらの成果は、氏が執筆した "Handbook of Liquid Crystal Research", Chap.6, Oxford Univ. Press, 1997 にまとめられている）。また、氏が開発した種々の界面評価技術は、現在では産業界においてますます重要性が認識されて液晶デバイスの研究開発に活用される一方で、半導体デバイスなど液晶を超えた領域へも応用が進められている。

液晶ディスプレイ(LCD)において、液晶とガラス基板との間の界面状態の制御は、TFT(薄膜トランジスタ)とならぶ基幹技術の一つであり、近年のLCDの大型化・高精彩化によって、その重要性は益々高くなっている。その成否はディスプレイの品質を左右する最大の因子であるとともに、製造コストを決める主要素となっている。

氏の研究開発の成果は、液晶界面制御の科学的基礎を与えるという意味で、LCD産業に基盤的貢献をする一方で、強電場法などの界面評価法は、液晶デバイス開発における必須の手法として、LCD産業の高度化に直接的に貢献している。省エネルギー型表示素子として、また、光通信デバイス材料として、今後さらに液晶への期待が高まるなかで、界面制御には常に新しいブレークスルーが求められると考えられる。氏の成果は、この背景のもとで更に大きく貢献していくものと期待されている。

工業技術院長賞

阿部 修治(電子基礎部)



研究の名称：導電性高分子の光物性理論に関する研究

研究の内容：導電性高分子は光通信に用いられる非線形光学材料やディスプレイに用いられる電界発光材料などとして、無機結晶材料の性能を凌駕する可能性を有しているが、基本的に非晶質である高分子材料はその特性の理論解析が難しく、強相関の電子状態が固体のバンド理論では正しく記述できないため、構造と物性を十分制御できるには至っていない。そのため、材料探索や特性向上の研究は経験に頼ってきたと言っても過言ではない。

本研究は、高分子の電子励起状態を一次元励起子として捉えることにより、バンド理論的アプローチ

と量子化学的アプローチを結びつけ、線形吸収や各種の非線形光学応答(2光子吸収、電場変調吸収、第3高調波発生、誘導吸収など)を統一的に説明する基礎理論を構築したものである。

この理論は実際にさまざまな導電性高分子の非線形光学特性の解析に応用されて成功を収めた。その結果、それらの高分子においては、通常の無機半導体に比べてはるかに大きい束縛エネルギーをもつ一次元励起子が存在することが明らかになり、この概念に基づいて励起状態の非線形性や格子緩和・発光のメカニズムも理解できるようになった。本研究は有機非線形光学材料の開発の理論的指針を与え、発光素子や光スイッチング素子などの応用に道を開くものと期待されている。

工業技術院長賞

大串 秀世(材料科学部)



研究の名称：半導体の新評価技術(ICTS法)の開発と新半導体材料創製の研究

研究の内容：半導体中の欠陥や不純物の作る電子状態(深い準位)の知見を得る測定・評価技術は、高品質な半導体材料・デバイスの製造プロセスにおいて重要であるが、従来法では微量な準位を短時間で高精度に測定・評価できなかった。氏は、従来法の欠点を克服し、半導体接合の容量の過渡特性を等温下で測定・解析して、欠陥や不純物による深い準位の情報をスペクトロスコピックに取り出すことのできる等温過渡容量分光法(ICTS法)を提案し、アイデアの段階を含め20年以上に渡り、本技術を学術的応用と産業的応用の両面で発展させた。現在、ICTS法は国際的にも認知され、これによる研究論文が国内外から数多く発表されるとともに、技術用語として物理学

事典等にも採用される半導体ウエハや半導体素子の標準的な評価技術として確立し、半導体材料・デバイスメーカーの研究・開発部門で使用されており、測定器メーカー4社による市販化の経済的効果の他に、半導体材料・プロセスの研究・開発に多大な貢献をしている。

さらに、氏は、1994年より今日まで、半導体としてダイヤモンドの持つ原理的優位性に着目し、電子デバイス用材料としてのダイヤモンド半導体薄膜の合成とその電子デバイス化プロセスの研究・開発を推進し、合成時に用いるメタンと水素のガス比を極

端に押さえることより、従来法では達成できなかった基板全体で原子レベルで平坦なダイヤモンド単結晶薄膜の合成に成功させた。このダイヤモンド薄膜は、結晶性、電気的光学的特性、簡単な電子デバイス特性において従来のもものと比較し、一桁以上優れた画期的なものである。この結果は、ダイヤモンド半導体の電子デバイス実現に向けての重要なステップを達成したブレイクスルーとして国内外で注目されている。

人事異動

氏名	(新)	(旧)
平成12年6月26日付		
山田 拓三	工業技術院	総務部長
星名 定雄	総務部長	通商産業省
平成12年6月30日付		
増田 俊久	辞職	エネルギー基礎部主任研究官
植村 禎夫	辞職	光技術部主任研究官
平成12年7月1日付		
津田 泉	採用(エネルギー部主任研究官)	新エネルギー・産業技術総合開発機構
諏訪 牧子	採用(知能情報部主任研究官)	
	(任期は平成20年3月31日まで)	
東 晴彦	情報科学部に併任	工業技術院研究交流企画官付

編集 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-4 工業技術院 電子技術総合研究所 0298(61)5059

表紙写真：フェムト秒近接場光学顕微鏡

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail: info@etl.go.jp

印刷・製本 ニッセイエプロ株式会社