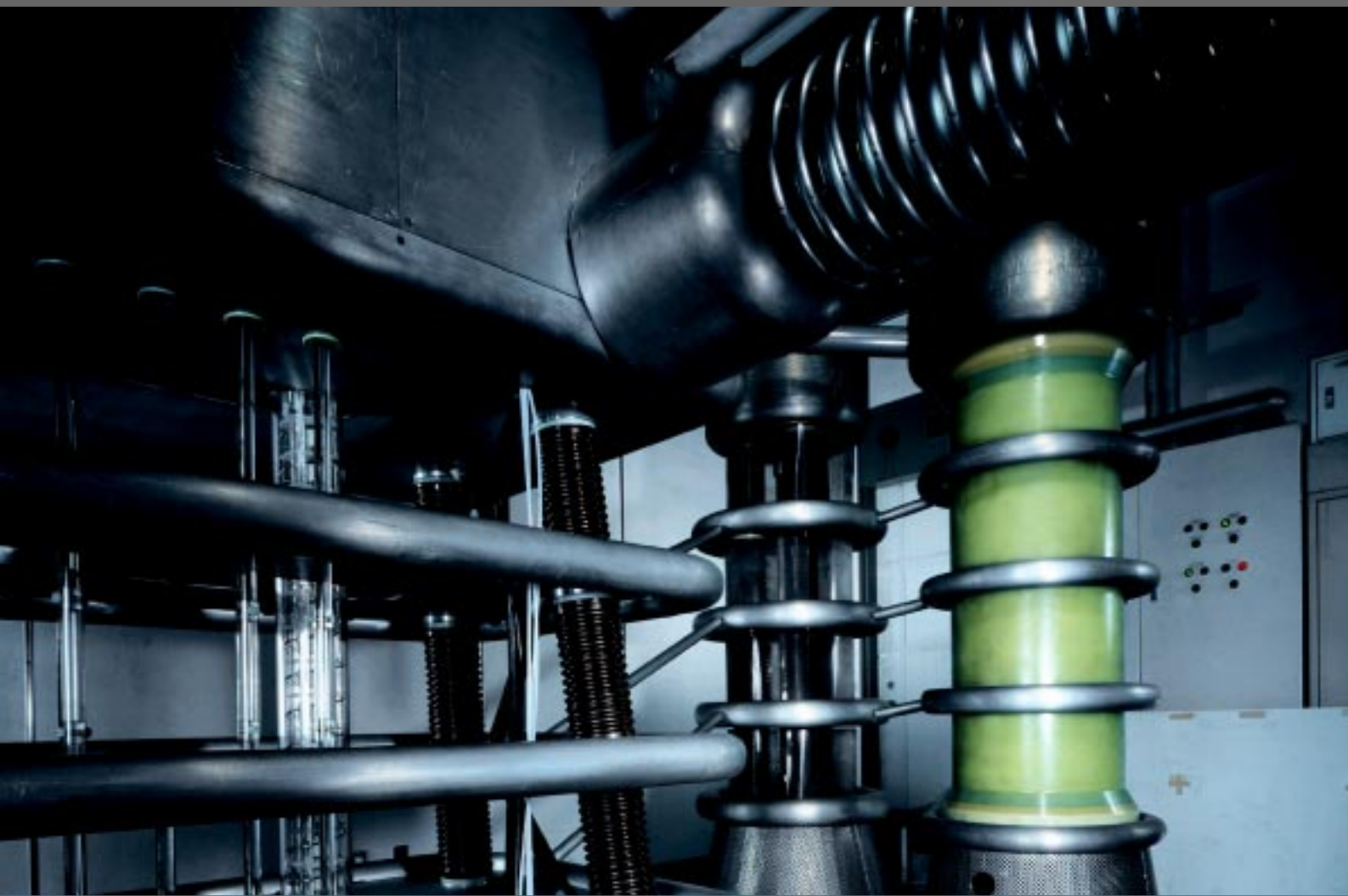


# ETL NEWS

ISSN 0011-846X



## 電総研ニュース

ダイヤモンドでのエキシトン発光の非線形効果を発見  
イオン注入によるダイヤモンドのn型電気伝導性制御  
へ端緒を開く

平成12年度の研究課題一覧

その他

**2000.6** vol.605

# ダイヤモンドでのエキシトン発光の非線形効果を発見

## - ダイヤモンドによる紫外線発光デバイス化が現実化 -

### Nonlinear Effect in Ultraviolet Emission due to Exciton from Diamond

#### - A Way to Realize Diamond Ultraviolet-LEDs -

材料科学部 先進半導体材料技術ラボ

Materials Science Division, Advanced Semiconductor Materials Technology Lab.

We have observed a strong ultraviolet emission of 235 nm due to free exciton at room temperature, and also have discovered a nonlinear relationship between the intensity of free exciton emission and the incident beam current in cathodoluminescence (CL) spectra from homoepitaxial diamond films. This result guarantees that the free exciton emission from the high quality homoepitaxial diamond films is able to apply as a light source for deep ultraviolet spectral range (deep-UV) of light emitting devices (LEDs).

#### 1 .はじめに

当所では、次世代半導体デバイスの要となるダイヤモンド半導体の研究開発を進めている。特に、ダイヤモンドを電子デバイスへ応用する上で重要であるダイヤモンド薄膜高品質化や、原子レベルでの平坦化技術の開発を進め、その結果、人工合成されたダイヤモンド薄膜は、現在の電子デバイスの基盤材料となっているシリコン半導体と同程度の高品質化、平坦化が可能であることを明らかにした（電総研ニュース548号：1995.9）。これらの技術を発展させ、従来の結果をさらに上回る高品質ダイヤモンド薄膜の合成技術と、それをベースにしたホウ素添加によるp型ダイヤモンドの合成によって、世界最高の電荷移動度をもつ薄膜の合成にも成功した（電総研ニュース590号：1999.3）。

今回このダイヤモンド薄膜の研究の成果として、ダイヤモンド半導体固有の特性と思われる室温下での強い紫外線発光と、その非線形な光学特性を発見した。この現象はダイヤモンドによる紫外線発光素子への応用に直結するもので、近い将来ダイヤモンドによる紫外線レーザーが実現できる可能性を強く示唆するものである。以下に本研究のポイントを述べる。

#### 2 .ダイヤモンド薄膜でのエキシトン発光

当所ではメタン(CH<sub>4</sub>)と水素(H<sub>2</sub>)の混合ガスを用いたマイクロ波プラズマCVD法において、極端に水素希釈した極低CH<sub>4</sub>濃度条件により、ステップフロー成長した原子レベルで平坦なホモエピタキシャルダイ

ヤモンド薄膜の合成に成功している。そして、この薄膜に電子ビームを照射し、カソードルミネッセンス(CL)スペクトルを観測すると、ダイヤモンド特有のエキシトンによる235nmの波長を持つ紫外線が室温で観測されることを見出している（電総研ニュース590号：1999.3）。このエキシトンは、価電子帯から励起によって生じた電子正孔対が十分に解離せず、クーロン力で弱く結合して一つの結合体として結晶

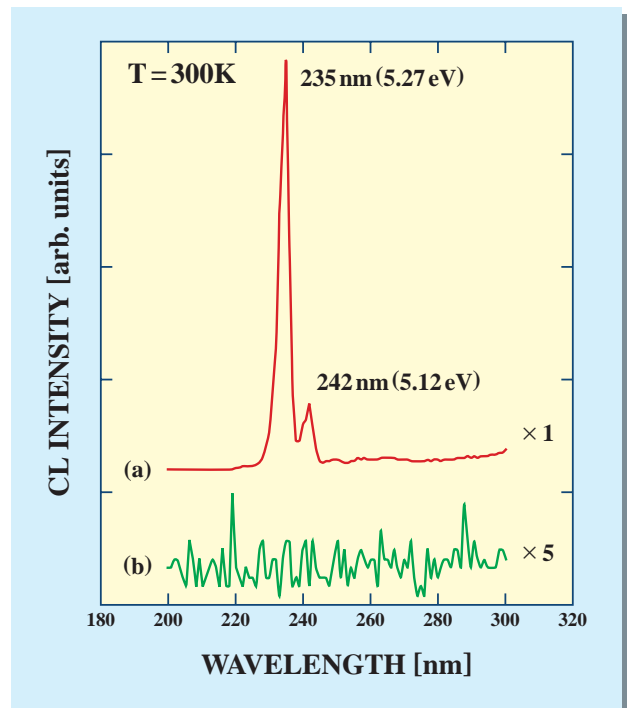


図1 (a)ステップフロー成長膜と(b)基板に対する、室温で測定したカソードルミネッセンススペクトル

中を動くことができる中性粒子の状態をいい、日本語では励起子とよばれる。

図1は、(a)ステップフロー成長膜(b)基板に対する、室温で測定した波長200nm~300nmの紫外光領域のCLスペクトルを示したものである。原子レベルで平坦なステップフロー成長膜から、235nm、242nmに強いピークが観測された。これに対し、基板からは観測されなかった。このステップフロー成長膜から観測された235nmのピーク強度の温度特性から、この発光は間接遷移型であるダイヤモンドのTOフォノンを伴ったフリーエキシトンからの発光であり、242nmはそのフォノンのサイドバンドであることが示されている。いままで、CVDのダイヤモンド薄膜ではエキシトンの発光は低温(たとえば液体窒素温度(77K)以下)にしないと観測されておらず、図1の結果は、CVDダイヤモンド薄膜としては世界で初めてのデータである。

今回この発光の機構を詳細に検討したところ、次に述べる様に、発光デバイスへの応用上重要な非線形なエキシトンの高密度励起現象が発見された。さらにスペクトルは単色性に優れ、ピーク位置が低温から高温までほとんど変化しない、間接遷移型に起因するフォノンとの相互作用は小さいことが示され、この発光を応用する上で、他の光デバイスに应用されている直接遷移型のIII-V系やII-VI系の化合物半導体材料にない優れた特性を有していることがわかった。

### 3. ダイヤモンドのエキシトン発光での非線形効果の発見

上述したように、CVDダイヤモンド薄膜から初めて室温でエキシトン発光を観察した。この結果から、ダイヤモンドのエキシトン発光を利用した、室温の環境下で動作可能な深紫外発光デバイスへの応用が期待される。そこで、このエキシトンの発光スペクトルの特性をいろいろな角度から調べてみた。

図2は、電子ビームの励起プローブ電流に対する、ダイヤモンドのエキシトン発光強度の変化を示したものである。測定は室温で行っている。図に示されるように、励起プローブ電流30 $\mu$ Aをしきい値として指数関数的に増大し、50 $\mu$ A以上では検出器で測定できないほどの強い発光が観測された。この非線形効果の現象が、ダイヤモンドの固有なものかどうかを確認するため、ダイヤモンドと近いバンドギャップを持ち、直接遷移型と考えられているAlNを用いて、図2のダイヤモンドの測定と同じ条件で測定したのが、

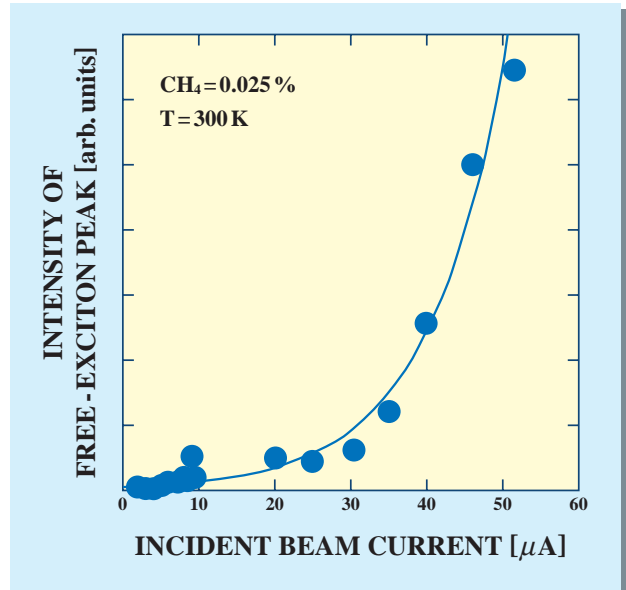


図2 ダイヤモンド薄膜での、励起電子ビームプローブ電流に対するエキシトン発光強度の変化

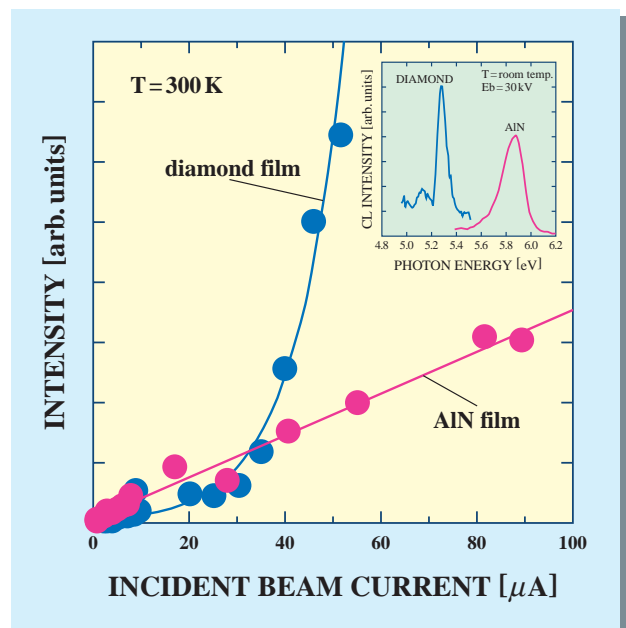


図3 ダイヤモンド薄膜とAlN薄膜に対する励起電子ビームプローブ電流と発光強度の関係 (挿入図: ダイヤモンドとAlNのバンド端付近のスペクトル)

図3の結果である。図に示すようにAlNの場合はバンド端による発光ピークが約212nmのところに現れ、その強度は、励起プローブ電流の増加と共に直線的に増加し、非線形効果は観測されなかった。一方、ダイヤモンドは、室温でエキシトン発光可能なダイヤモンド薄膜すべてから非線形効果が観測された。このことから、ダイヤモンド薄膜から観測された非線

形的なエキシトン発光強度の振る舞いは、ダイヤモンド本来の性質であると考えられる。ダイヤモンドのエキシトンの非線形効果は低温においても報告例がなく、今回の結果が初めてである。

高密度のエキシトン生成により発現される非線形光学効果は、様々な半導体材料から報告があり、励起子分子、励起子液滴、Bose-Einstein凝縮など量子力学効果を考慮したモデルが提案されている。エキシトンは、結晶中の電子と正孔がクーロン力により結びついたもので、水素原子モデルによりダイヤモンドの場合1.5nmのボーア半径を持ち束縛されている。本研究の実験条件では、高密度のエキシトンが結晶内でまだ十分に存在できる領域であることから、上記の様なモデルで説明される現象が発現していると推測されるが、詳しいメカニズムを言及するにはさらなる実験と考察が必要であり、現在進行中である。

また、発光スペクトルの半値幅とピーク位置の温度依存性を調べたのが、図4と図5の結果である。図に示されるように、18Kで測定したスペクトルの半値幅は0.24nm(5meV)となり、他の発光デバイスに利用されている半導体材料の発光センタのものと比較すると非常に小さく単色性の優れた発光であることがわかった。またピーク位置は図に示されるように、温度に対してほとんど変化しないことがわかる。一般に、エキシトンの発光ピークの位置はバンドギャップの大きさの温度依存性を反映して変化して

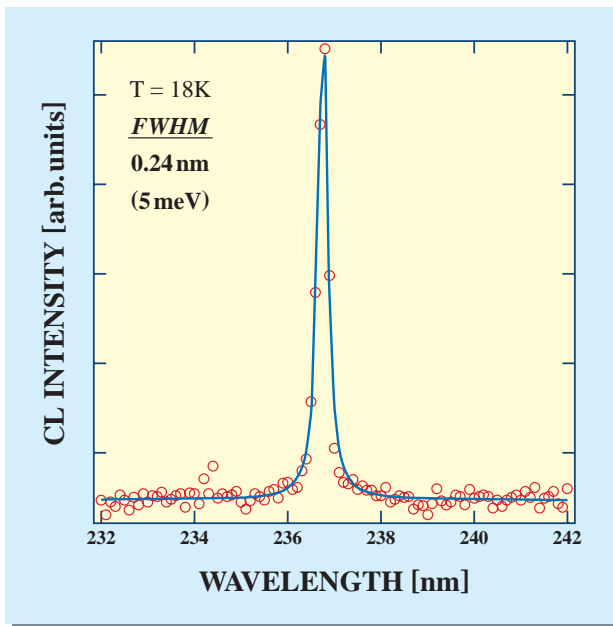


図4 ダイヤモンド薄膜におけるエキシトンの高分解発光スペクトル(測定温度=18K)

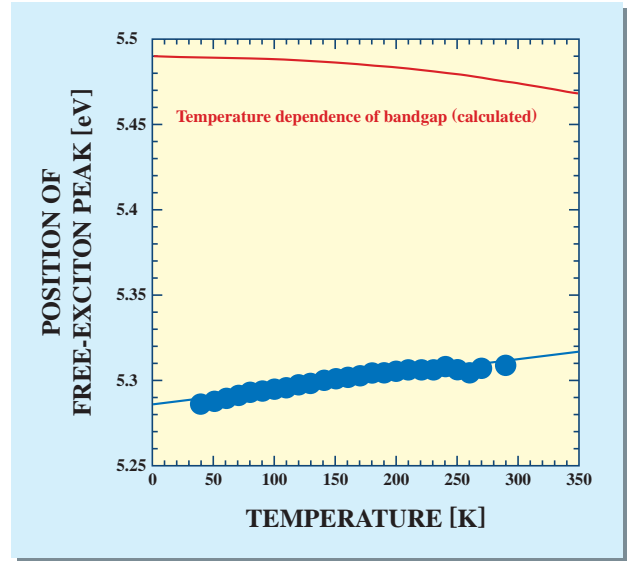


図5 試料温度40Kから290Kまでの、ダイヤモンド薄膜のエキシトン発光ピーク位置の温度依存性

しまうが、ダイヤモンドの場合、バンドギャップの大きさの温度依存性があまりないからである。図に示されるように、バンドギャップの大きさが減少する高温側で、むしろピーク位置がわずかに増加するが、これは高温側で、熱による発光ピークの半値幅が増大していることによるピーク位置の見積もり上の問題と考えられる。このように、ダイヤモンドのエキシトン発光は、単色性にすぐれ、温度に対してほとんど変化しない特長を持ち、発光デバイスへ応用する上で、他の半導体と比較し大きな利点になっていることがわかった。

#### 4. 室温でのエキシトン発光現象の発現理由

ここで、従来のダイヤモンドでは観察できなかったエキシトンの非線形効果が、上述したように本研究のダイヤモンド薄膜で何故観測できたかについて言及したい。

本研究で用いた原子レベルで平坦なステップフロー膜と、従来までに報告されている異常成長粒子や成長丘などの不完全な構造欠陥を有している膜とどこが違うのかを、電子ビーム励起による発光スペクトルから評価してみた。

従来の膜からは、可視光領域において約430nmを中心としたブロードな発光が観測される。この発光は、バンドAと呼ばれ、転位によるものと帰属されており、CVDダイヤモンド薄膜から観測される典型的なスペクトルの1つである。これに対し、ステップフロー成長した薄膜からは、バンドA発光は観測され

ず、可視光領域で窒素と空格子点の複合欠陥による503nm、575nmの鋭いピークとそのフォノンサイドバンドからの発光により主に構成されており、それが合成条件の供給ガスのCH<sub>4</sub>濃度の割合を減少していくと消滅していく傾向が得られた。

図6は、合成条件の供給ガスのCH<sub>4</sub>濃度を変えて合成した薄膜に対するエキシトン発光強度の変化を示したものである。この図に示されるように、単位体積当たりの発光強度は、CH<sub>4</sub>濃度の減少とともに急激に増加する。特に0.025%以下という極端に低いCH<sub>4</sub>濃度により合成した薄膜は、0.5%以上のCH<sub>4</sub>濃度の合成膜より1桁以上の強いエキシトン発光を示している。上述したように、この傾向と可視光領域のバンドAや窒素-空格子の複合欠陥による発光強度とは相補的な関係にある。これらの実験結果から、室温でもエキシトンによる発光が観測できたのは、それを妨げるミッドギャップ付近の欠陥や不純物による発光セ

ンターや非発光センターが減少していることに対応しており、特に極端に低いCH<sub>4</sub>濃度を用いたステップフロー成長により合成した薄膜では、ほとんど欠陥や不純物の混入のない理想に近い単結晶のダイヤモンド薄膜になっていることが示唆される。

このように、極低CH<sub>4</sub>濃度により合成された薄膜は、原子レベルでの平坦性をもつモホロジーだけではなく、欠陥や不純物の混入の極めて少ない、結晶的にみて理想的に近い高純度な品質を有していると思われる。このことが、室温でのエキシトン発光を可能にし、またエキシトンの寿命を延ばし、高密度なエキシトン同士の相互作用による非線形な発光過程を生じさせていると推測される。

## 5. おわりに

本稿では、ダイヤモンド半導体のエキシトン発光において非線形な光学特性を発見したことについて記述した。これは励起源の電子プローブ電流強度に対し、235nmの紫外線をもつエキシトンの発光強度が指数関数的に増加する現象で、室温下の測定でも検出限界を越える発光が観測された。

この現象発見は近い将来ダイヤモンドによる紫外線レーザーが実現できる可能性を示唆するものである。はじめにも述べたように、当所では、ダイヤモンドの電子デバイス化の基盤技術を展開しており、本号の次頁に記述されるイオン注入によるダイヤモンドの伝導度制御においても、困難とされたn型の制御やpn接合ダイオードの試作に成功している。現在、これらの電子デバイス化技術を基礎に、電流注入法による発光を目指す紫外線発光ダイオードの試作を試みている。この発光ダイオードについては、近いうち実現されると思われる。紫外線レーザーについてはその周辺技術の問題解決を含め時間が掛かりそうであるが、数年のうちの実現を目指し研究開発に取り組んでいる。

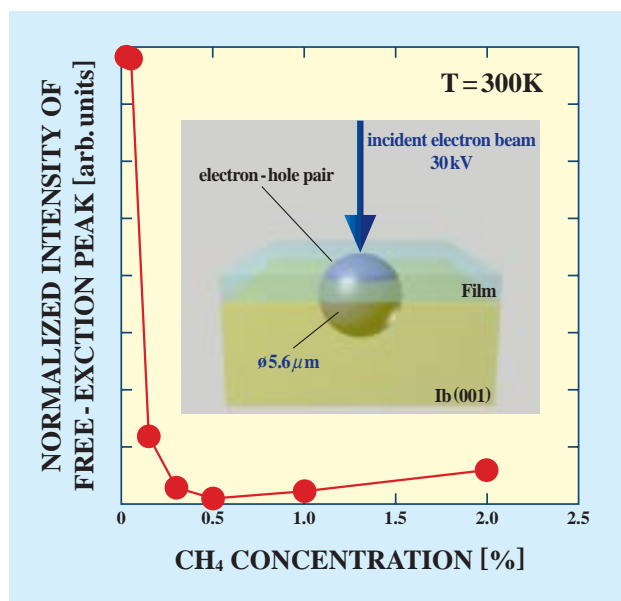


図6 CH<sub>4</sub>濃度を変えて合成したダイヤモンド薄膜に対する単位体積当たりのエキシトン発光強度の変化 (挿入図: 励起電子ビームが試料に入射する様子)

## ラボメンバー (Lab. Members)

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 大串 秀世 (Hideyo Okushi)     | 材料科学部 (Materials Science Division) |
| e-mail: okushi@etl.go.jp  |                                    |
| 渡邊 幸志 (Hideyuki Watanabe) | 科学技術振興事業団 (JST)                    |
| 山中 貞則 (Sadanori Yamanaka) | 科学技術振興事業団 (JST)                    |
| 竹内 大輔 (Daisuke Takeuchi)  | 材料科学部 (Materials Science Division) |

# イオン注入による ダイヤモンドのn型電気伝導性制御へ端緒を開く

## n-Type Control of Diamond by Ion Implantation

量子放射部 複合量子ビームラボ

Quantum Radiation Division, Complex Quantum Beam Lab.

材料科学部 先進半導体材料技術ラボ

Materials Science Division, Advanced Semiconductor Materials Technology Lab.

n-type control was achieved by sulfur-ion-implantation in homoepitaxial diamond (100) films grown by chemical vapor deposition (CVD) for the first time. A pn junction between this layer and a boron-doped p-type layer was also demonstrated by combining sulfur-implantation with gas-phase boron doping during CVD.

### 1 .はじめに

イオン注入法は数十から数百 keV に加速したイオンを半導体材料に照射してドーピングを行う方法であり、熱拡散によるドーピングと比較してかなり自由にドーパントの分布を制御することが可能であることから、半導体デバイスの製作に不可欠のプロセス技術として確立している。次世代半導体デバイスの材料として期待されるダイヤモンドに対してもイオン注入法を用いたドーピングにより電気伝導性制御が可能であることが望まれ、その研究の歴史も長く、1960年代の半ばまでさかのぼることができる。しかし、イオン注入の母体となるダイヤモンドの品質が半導体デバイスとしての使用に耐えるものでなかったため、実際のデバイス作製を念頭とした研究はこれまでほとんど行われてこなかった。

前の記事で述べたように当所では、ダイヤモンドを電子デバイス材料として応用する上で重要であるダイヤモンド薄膜の高品質化や原子レベルでの平坦化の技術開発を進め、不純物や欠陥がほとんど混入しない単結晶薄膜の合成に成功している。そして今回、この高品質単結晶ダイヤモンド薄膜をイオン注入の母体として用い、これまでイオン注入法では非常に困難とされてきたn型伝導性制御を試み、その実現の端緒を開く成果を得た。さらにこの成果をもとにpn接合ダイオードの試作にも成功し、イオン注入法によるダイヤモンドの電子デバイス作製の実現に大きく踏み出した。

### 2 .イオン注入によるダイヤモンドのn型伝導性制御 ダイヤモンドをイオン注入の母体として見た場合、

他の半導体材料にはない大きな特徴がある。まず、たいへん大きな原子密度をもち、隙間がほとんどないということであり、ここからダイヤモンド結晶中でうまく機能するドーパント元素は少数にかぎられることが予想される。事実、天然に産出されるダイヤモンドでは、周期律表で炭素の両隣のホウ素と窒素ぐらいいしかダイヤモンド中で安定に格子位置に収まる元素は見つかっておらず、それぞれp型、n型ドーパントとして機能する。ホウ素については比較的よいp型ドーパントであるが、残念ながら窒素はダイヤモンド中のイオン化エネルギーが1.7eVと大きいため室温程度ではほとんど電気伝導に寄与しない。そこで、よりイオン化エネルギーの小さなn型ドーパントの探索が続いているが、必然的にダイヤモンドの格子に対して大きな元素が対象となっている。そしてイオン注入法のようなドーパントの添加の際に結晶

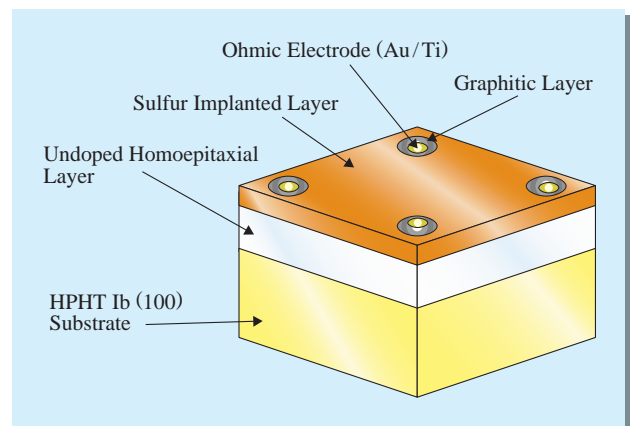


図1 硫黄をイオン注入したCVDホモエピタキシャルダイヤモンドの構造

の破壊がある程度避けられない方法にとっては、せっかく添加したドーパントが格子の損傷や特にダイヤモンド中に混入した小さな不純物元素と結びつくことによって結晶に溶け込み、電気的な機能を予測することは簡単ではない。この研究ではイオン注入の母体のダイヤモンド結晶として、前の記事でも述べたメタン(CH<sub>4</sub>)と水素(H<sub>2</sub>)の混合ガスを用いたマイクロ波プラズマCVD法において、極端に水素希釈した極低CH<sub>4</sub>濃度によりステップフロー成長した高品質ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜を用いており、不純物の混入がほとんどないという点で、従来の研究とは一線を画している。

図1に作製したイオン注入試料の構造を示した。注入したドーパントは硫黄であり、イオン注入のエネルギーは30~800keVで、深さ方向にほぼ一様な濃度となるように注入を行った。またイオン注入の最低のエネルギーが30keVであることから、表面から厚さ20nm程度の硫黄が分布しないごく薄い層ができる。しかし試料の電気的特性を評価する際に必要となる電極を、この層を突き抜けてどのように作製するかはたいへん重要な課題である。今回はイオン注入により発生した欠陥の蓄積が、ダイヤモンドのグラファイト化を引き起こすことを利用してこの層を低抵抗化した。ダイヤモンドには同じ炭素の同素体として、エネルギー的により安定なグラファイト(黒鉛)が存在する。半導体結晶にドーパントをイオン注入する際、注入されたイオンは結晶中の原子との衝突を繰り返し、最終的にある深さで止まるが、この過程で多数の欠陥を生成する。この欠陥がある一定量を超えると例えばシリコンであれば非晶質となり、熱処理によって結晶性の回復が可能である。しかしダイヤモンドは欠陥が一定量を超えると、非晶質化することなくグラファイトに転じてしまい、再びダイヤモンドに戻ることができなくなってしまう。ここではこれを逆に利用し、低エネルギーのアルゴンイオンをダイヤモンドのグラファイト化を引き起こすしきい線量を超えて照射することによりグラファイト層を形成し、さらにその上にチタンおよび金を真空蒸着して電気測定のための電極とした。

図2は注入した硫黄の濃度および深さの違う二つのホモエピタキシャルダイヤモンドの抵抗を示すものである。イオン注入は400°Cで行い、注入後700~800°Cの熱処理でイオン注入により生じた欠陥の回復を行った。これらはこれまで高温高压合成ダイヤモンドをイオン注入の母体として用い、それにリチウム

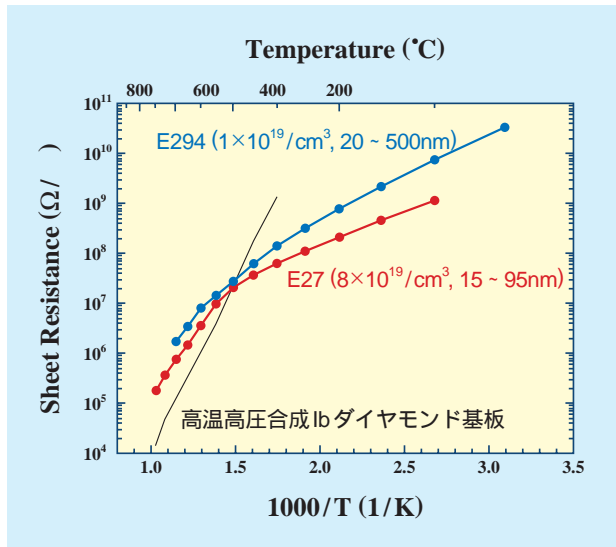


図2 硫黄をイオン注入したCVDホモエピタキシャルダイヤモンドのシート抵抗の温度依存性

や燐をイオン注入で添加するという手法で行われてきた研究に比べて低い抵抗を示している。また同図ではホモエピタキシャルダイヤモンドの成長基板である高温高压合成Ibダイヤモンド基板の抵抗の温度依存性(黒線)も比較のため示した。このIbダイヤモンド基板はおよそ100ppmの窒素が混入したn型半

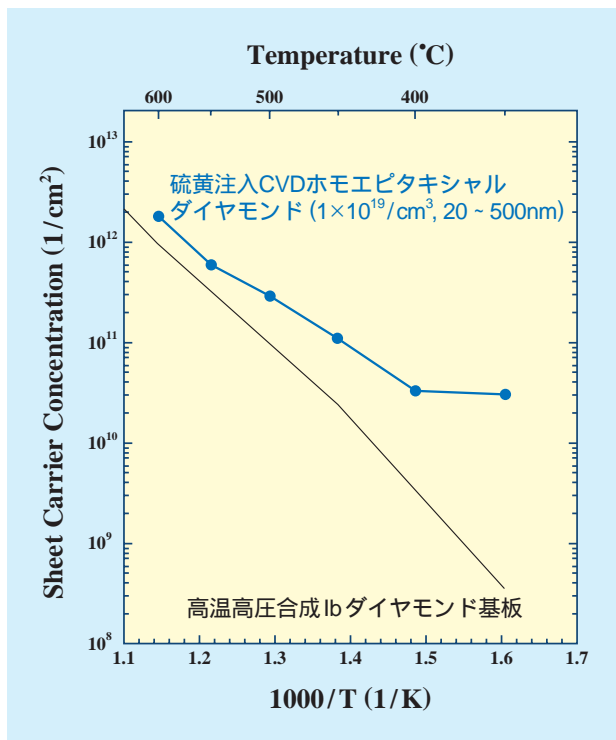


図3 硫黄をイオン注入したCVDホモエピタキシャルダイヤモンドのキャリアの面密度の温度依存性

導体であるが、これと比較しても硫黄をイオン注入した高品質ホモエピタキシャルダイヤモンドでは、より低い抵抗を示していることがわかる。

これら硫黄をイオン注入したダイヤモンドがn型半導体になっていることをホール効果測定で確認した。図3はホール効果測定で得たイオン注入ホモエピタキシャルダイヤモンドのキャリア濃度の温度依存性を表すものである。発生したキャリアは電子であり、すなわちn型半導体である。これまでのイオン注入によるn型ダイヤモンド半導体作製を試みた30年以上にわたる長い研究の歴史において、ホール効果測定によるキャリア濃度の報告は例がなく、これが初めてである。このキャリア濃度のホール効果測定において、高温領域ではエピタキシャル成長の下地であるIbダイヤモンド基板中で発生したキャリアの寄与を考慮しなくてはならないが、一方低温で硫黄注入試料はIb基板と比較してより大きなシートキャリア濃度を示している。また図には示していないより低温では、イオン注入層中の残留欠陥に起因する電気伝導(ホッピング伝導)が生じ、ホール効果測定により正しくキャリア濃度を評価することは困難であった。したがって、硫黄をイオン注入することにより生じた電気伝導の諸特性の詳細な評価を行うため、さらに慎重な実験を行う必要はあるが、このデータはイオン注入層中でキャリアが発生していることを十分示唆している。

### 3.イオン注入法を用いたダイヤモンドの電子デバイス作製 - pn接合ダイオードの試作

上記、硫黄をイオン注入によって高品質ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜に添加することにより、n型ダイヤモンド半導体を作製することに成功した成果にもとづいて、この研究では半導体デバイスの最も基本的な構成であるpn接合ダイオードを、ダイヤモンドを用いて実現することを試みた。

図4は試作したダイヤモンドのpn接合ダイオードの構造を示すものである。この構造では高温高压合成Ibダイヤモンドを基板として、まずマイクロ波プラズマCVD法によりホウ素をドーピングしたホモエピタキシャルダイヤモンドを成長する。当所ではこれまでに高品質ダイヤモンド薄膜の合成の一環として、この技術をベースにしたホウ素添加によるp型ダイヤモンドの合成において、世界最高の電荷移動度をもつ薄膜の合成に成功しているが、ここではこの技術を用いている。そしてこのp型ホモエピタキシャルダイヤモンド上に何もドーピングしないアンドープ単結晶ダイヤモンドを成長させる。その際、表面の4分の1をマスクで覆い、この領域はp型ダイヤモンドの表面がむき出しになるようにしてある。その後、アンドープのホモエピタキシャルダイヤモンド層に硫黄をイオン注入により添加し、p型層とアンドープ層の境界から表面に向かって一様な濃度となるように硫黄を分布させ、pn接合を形成した。そして前項と同様にイオン注入領域のごく表面をグラファイト化することにより低抵抗化し、さらに図のようにチ

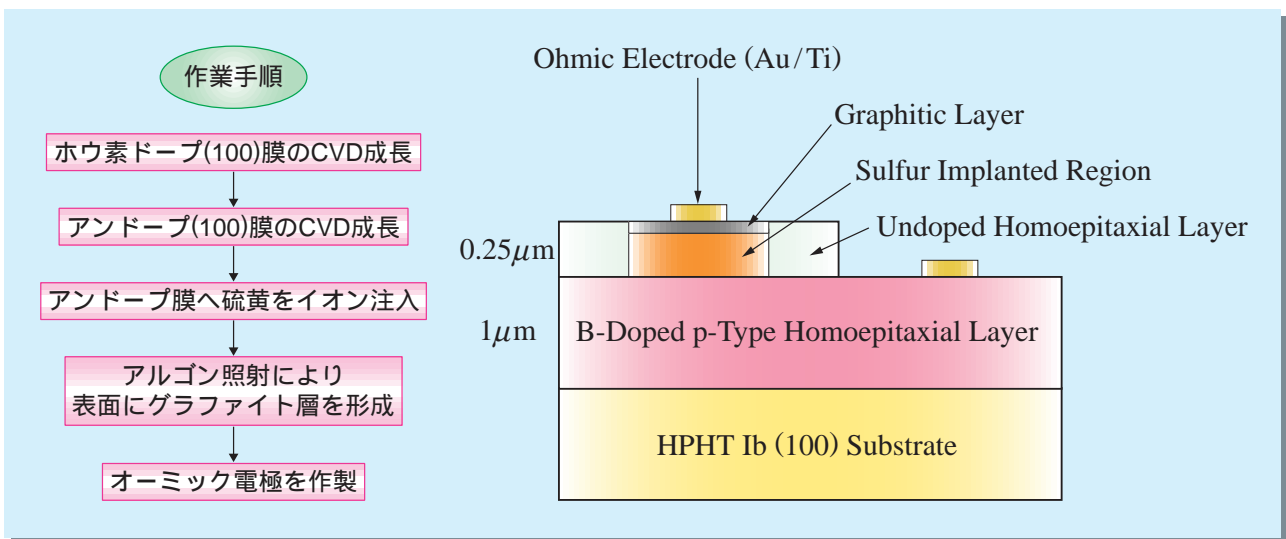


図4 ホウ素(気相)と硫黄(イオン注入)を添加したCVDホモエピタキシャルダイヤモンドによるpn接合の構造

タン/金の電極を、むき出しとなったホウ素をドーピングした p 型層表面とグラファイト層上に作製した。

図 5 は室温で測定を行ったダイヤモンドの pn 接合ダイオードの電流 - 電圧特性であり、このように整流特性を観測することができた。このデータは p 型層も n 型層もどちらも CVD を用いたホモエピタキシャルダイヤモンドであるということ、さらに n 型層はイ

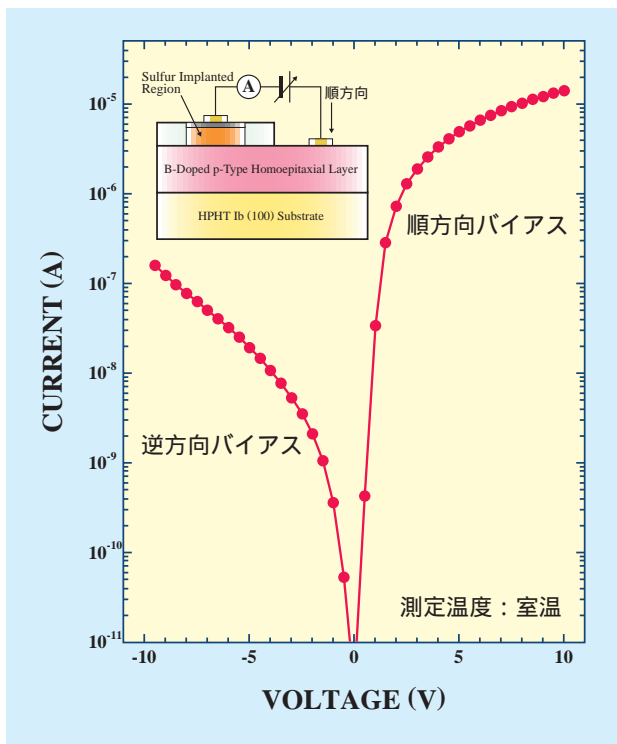


図 5 ホウ素(気相)と硫黄(イオン注入)を添加したCVDホモエピタキシャルダイヤモンドによる pn 接合の電流電圧特性

オン注入により作製されているという点で、初めての報告である。バイアス電圧が順方向の場合の電流は、この構造における電気の通り道でもっとも距離の長い、ホウ素をドーピングした p 型ホモエピタキシャルダイヤモンド層の抵抗でほぼ決まっている。一方低い順方向バイアスや逆方向バイアスでは順方向バイアスに比べて電流が小さくなっており、通常の pn 接合が形成されていることがわかる。この電流 - 電圧特性はダイヤモンド本来の物性から期待される整流比や、ホウ素を添加した p 型ホモエピタキシャルダイヤモンドと金属の接合によるショットキーダイオードを用いて当所で示した整流比から比較すると、もちろんまだまだ改善すべき課題は多い。しかし、イオン注入によって作製した n 型ダイヤモンドを利用した pn 接合ダイオード試作の成功は、ダイヤモンドを用いた実際の電子デバイス作製に向けて大きく一歩を踏み出したものと考えている。

#### 4 .おわりに

以上、イオン注入法により高品質なホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜に硫黄をドーピングすることにより、これまでイオン注入では非常に困難とされてきた、ダイヤモンドの n 型電気伝導性を得ることができたことについて述べた。さらにこの成果をもとにして、pn 接合ダイオードの試作にも成功した。この成果はダイヤモンドを実際の電子デバイスに応用する際に必要不可欠となる、「n 型伝導性制御」と「イオン注入法による伝導性制御」という二つの基盤技術を確立する端緒を開いたという点で大変重要である。

#### ラボメンバー (Lab. Members)

##### 複合量子ビームラボ (Complex Quantum Beam Lab.)

長谷川 雅考 (Masataka Hasegawa) 量子放射部 (Quantum Radiation Division)  
e-mail: mhasegaw@etl.go.jp

小倉 政彦 (Masahiko Ogura) 量子放射部 (Quantum Radiation Division)

小林 直人 (Naoto Kobayashi) 量子放射部 (Quantum Radiation Division)

##### 先進半導体材料技術ラボ (Advanced Semiconductor Materials Technology Lab.)

山中 貞則 (Sadanori Yamanaka) 科学技術振興事業団 (JST)

竹内 大輔 (Daisuke Takeuchi) 材料科学部 (Materials Science Division)

渡邊 幸志 (Hideyuki Watanabe) 科学技術振興事業団 (JST)

大串 秀世 (Hideyo Okushi) 材料科学部 (Materials Science Division)

## 平成12年度の研究課題一覧

(6月1日現在)

## 特別研究

高周波計測標準の高度化に関する研究  
 新しい計測標準の開発と範囲拡張に関する研究  
 計測標準の基礎技術の開発・応用に関する研究  
 生体における記憶・学習機構の解明  
 脳機能情報処理の基礎過程に関する研究  
 神経細胞の情報制御機構に関する研究  
 極端紫外レーザーの高効率励起技術に関する研究  
 生体関連複雑系の動特性に関する研究  
 生体における刺激・受容分子の識別機構に関する研究  
 特異な超伝導体に関する研究  
 光と電子の量子的相互作用制御技術に関する研究  
 極限プロセス技術を活用した半導体材料制御に関する研究  
 スーパー・ヘテロ機能材料に関する研究  
 電子数制御デバイスに関する研究  
 酸化物光エレクトロニクスに関する研究  
 プラズマを利用した新システムの基盤に関する研究  
 サブピコ秒デバイス技術に関する研究  
 表面エレクトロニクスに関する研究  
 多点計測技術及び発生源同定技術に関する研究  
 近接場の機能と制御に関する研究  
 強相関電子物性に関する研究  
 次世代宇宙インストラクチャに関する研究  
 情報ダイナミクスに関する研究  
 帰納的情報処理の実証的研究  
 相互作用による知的行動制御に関する研究  
 認知的インターフェースの研究  
 知的メディア処理に関する研究  
 計算物質科学基礎技術に関する研究  
 実世界知能に関する研究  
 セキュアシームレス・情報場に関する研究  
 行動下サル神経活動の光計測技術に関する研究

## 原子力特別研究

核融合用高磁界超伝導マグネットの応力緩和技術に関する研究  
 KrF レーザーによる核融合に関する研究  
 高効率磁場核融合に関する研究  
 先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究

小型高輝度放射源の開発とその利用に関する研究  
 エネルギー可変線発生技術の高度化と利用に関する研究  
 原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究  
 原子力ロボットの環境作業構成技術に関する研究  
 放射線・レーザー複合場における結晶成長ダイナミクスとその応用に関する研究  
 単一サイクルパルスの発生に関する研究  
 放射線励起による量子作用の高効率検出技術に関する研究  
 ロボット群と保全知識ベースの協調によるプラント点検・提示システムの研究開発  
 自由電子レーザー先端技術に関する研究  
 超低速短パルス陽電子ビームによる表層物性評価法の研究  
 高密度マルチスケール計算技術の研究  
 挿入光源を利用した動的過程の高度評価法に関する研究  
 超高強度レーザーによる高エネルギー粒子・放射源に関する研究

## 公害特別研究

窒素原子注入法による排煙脱硝に関する研究  
 日本の亜熱帯海域における海草藻場の評価手法に関する研究

## 標準基盤研究

新素材等先端技術関連標準基盤の整備

## 知的基盤研究

電気標準のトレーサビリティ技術の研究  
 マイクロ波・ミリ波電力トレーサビリティ範囲の拡大  
 電磁界強度分布の精密測定技術に関する研究  
 分光反射率測定技術とその複合材料の評価技術確立に関する研究  
 単色 X 線の照射線量絶対測定手法の開発に関する研究  
 赤外線における分光反射率標準に関する研究

## 国際特定共同研究事業

撮影の物理を考慮した頑健な医療画像診断手法の確立に関する研究  
 半導体量子ナノ構造の顕微分光評価

組織化されたマグネット・リポソーム作成技術の研究

高効率結晶化合物太陽電池の研究

#### 新規産業創造型産業技術研究開発

##### 産業技術基盤研究開発

スピントロニクス素子基盤技術に関する先導調査研究

フェムト秒共通要素基礎技術の研究

ゲノムインフォマティクス技術

システム化技術の評価

3次元微細加工技術の評価

極微小高機能電子回路の研究開発評価

高輝度X線パルスの利用発電施設モニタリング

システム開発評価

細胞機能応用計測技術開発の評価

細胞機能発現制御技術開発の評価

超短パルス光エレクトロニクス技術開発評価

##### 産業技術応用研究開発

超高密度電子SI技術支援基礎技術

応用動作ライブラリに関する研究

超高密度3次元LSIチップ積層実装技術の評価

##### 大学連携型産業科学技術研究開発

次世代強誘電体メモリー

##### 医療及び福祉機器技術の研究開発

高精度3次元画像診断技術システムの研究開発

医学・工学連携型の研究事業

##### エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画

##### (ニューサンシャイン)

固体電解質型燃料電池の発電技術

超低損失電力素子技術の研究

高効率熱電変換素子の研究

薄膜太陽電池実用化のための解析・評価

超高効率太陽電池の技術開発のための解析・評価

周辺技術研究開発のための解析・評価

固体電解質型燃料電池材料特性評価

先端接合及び局所構造の評価

固体電解質型燃料電池の発電技術

大容量・高密度化技術評価

電力機器用超電導材料評価

超電導電力機器特性評価

高能率未来型電池評価

高温水蒸気電解に関する解析・評価

二酸化炭素回収対応タービンの開発に伴う解析・

評価

超低損失電力素子技術開発評価

##### 分野融合重点研究開発(ミレニアム)

革新的電子材料(強相関エレクトロニクス)の研究開発

デジタル・ネットワーク技術基盤の研究開発

バイオコンピューティングによる診断・治療基盤技術研究開発

##### 重要技術の競争的研究開発

実時間生体機能情報処理のためのビジュアルコンピューティング技術の研究

次世代インプリサイス実時間システムに関する研究

宇宙情報通信システムの軌道上保全技術の研究

極限酸化技術を用いた微細構造限界デバイスの研究

多言語情報処理アーキテクチャの研究

高度難聴者のための超音波補聴器開発に関する研究

EUVリソグラフィー用プラズマ光源技術に関する研究

高信頼性シリコン酸化膜実現に関する研究

超高密度パルスイオン注入による超硬半導体伝導性制御技術の開発

環境順応光材料システムに関する研究

塗布熱分解複合反応場を用いた超伝導フィルタ形成に関する研究

##### 地域コンソーシアム研究開発

ZnO半導体薄膜デバイスの開発

次世代短波長光リソグラフィーを実現する新真空紫外域光学材料の開発

太陽光発電用分散型パワーコンディショナの研究開発

##### 新情報

発電設備診断システムの解析・評価

##### 科学技術振興調整費

##### 総合研究

顕微光電子分光法による材料・デバイスの高度分析評価技術に関する研究

物質と材料の自己組織化機構の解析と制御に関する研究

高密度パルス光の発生と先端的物質制御に関する研究

機能調和酸化物新機能材料創製に関する研究

単一磁束量子を担体とする極限情報処理機構の研究

広域高速ネットワークを利用した生活工学アプ

リケーションの調査研究  
 高度医療ネットワークに関する研究開発  
 新しい情報処理プラットフォームのためのアクティブ原子配線に関する研究  
 染色体の構造と機能解明のためのナノデバイスに関する総合研究  
 人間支援のための分散リアルタイムネットワーク  
 基盤技術の研究

#### 生活・社会基盤研究

海洋生物由来DNAの新機能材料化に関する研究

#### 中核的研究拠点

大域情報処理技術

#### 重点基礎研究

ナノ量子相関物性に関する研究  
 次世代情報エレクトロニクス基盤技術に関する研究  
 分子集合系の機能・構造の解明とその利用に関する研究  
 エネルギーエレクトロニクスの熱的問題に関する研究  
 高エネルギープラズマの計測及び制御に関する研究  
 光・量子技術における発生制御・精密計測及び応用に関する研究  
 生体・環境系の高感度計測技術と信号伝達・処理過程の基礎研究  
 電磁気・音の微小信号の検出技術の基礎研究  
 情報・エネルギーメディアとしての光波技術に関する研究  
 実環境システムの人間中心情報化手法に関する基礎研究  
 ネットワーク情報基盤技術の基礎研究

#### 目標達成型脳科学研究推進制度

ヒトを含む霊長類のコミュニケーションの研究  
 網膜神経回路網・視神経の再生における制御因子に関する研究  
 文脈主流型、認識・判断・行動機能のための動的記憶システムの研究

#### 流動促進研究制度

多元系酸化物薄膜の原子層制御MBE成長とデバイス化技術の研究  
 暗号通信手順の安全性自動検証に関する研究  
 項書換系における数学的構造の研究  
 環境感覚を用いた人間の生理情報の蓄積とその応用に関する研究

#### 知的基盤整備推進制度

国際的先導材料の実用化を促進するための基盤構築

X線極限解析装置の研究開発  
 物理標準の高度化に関する研究  
 量子標準体系の高度化に関する研究

#### 地球環境遠隔探査技術

長波長マイクロ波超合成ラジオメータの観測パラメータの研究

#### 地球環境研究総合推進費

定期航路船舶による海洋健康度のオンライン監視とプランクトン認識の高度化に関する研究

#### 新規産業創造型提案公募事業

炭化ケイ素高温半導体新結晶成長法の開発  
 ポスト0.1ミクロン時代に対応するディープサブナノ多次元位置測定装置の開発  
 高効率廃熱利用を目指した熱電材料エコプロセス  
 小型コジユネ・電気自動車用低温動作固体電解質燃料電池の研究開発  
 プロトン伝導性無機高分子固体電解質を用いた電気自動車中温作動燃料電池の開発

#### 超先端電子技術開発促進事業

空間パターン光重合プロセスに基づく三次元配向制御技術の開発とその応用に関する研究

#### 戦略的基礎研究

運動指令構築の脳内メカニズム  
 サンゴ礁によるCO<sub>2</sub>固定バイオリクター構築技術の開発  
 原子層制御量子ナノ構造のコヒーレント量子効果  
 異方的超伝導体の量子効果と新電磁波機能発現の研究  
 最高性能高温超電導材料  
 量子相関機能のダイナミクス  
 表面吸着原子制御による極微細ダイヤモンドデバイス  
 相関エレクトロニクス  
 量子スケールデバイスのシステムインテグレーション

#### 重点研究支援協力員制度

次世代エレクトロニクスのための先進基盤の研究

#### 独創的個人研究育成事業

量子シンセサイザーに関する基礎研究  
 2次元液晶性水面上単分子膜の光誘起非平衡ダイナミクス  
 プログラミング言語処理系の部品化

人工社会・経済モデルによる意思決定支援システムの構築

共同研究等促進事業

脳活動に伴う2次信号の計測とその発生機序に関する研究

研究情報公開データベース(RIO-DB)

新超伝導体文献データベース  
 エネルギー情報技術データベース  
 工業技術院研究カタログ  
 逆磁場ピンチプラズマデータベース  
 脳画像データベース  
 ETLにおけるプログラムの意味論研究成果データベース  
 電子システムインテグレーション技術データベース

検定庁費

特定標準器による校正など  
 騒音計  
 高周波電力・レーザーパワー校正  
 光標準の維持及び分光応答度の新たな供給  
 照射線量計

経常研究

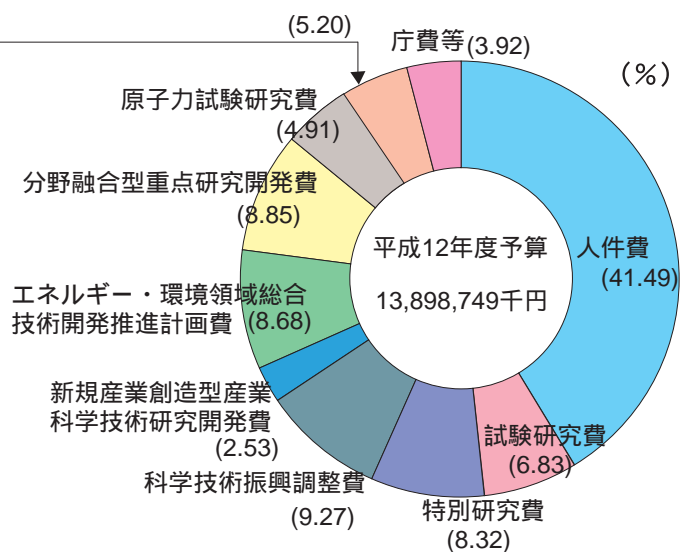
脳による情報処理の基礎研究 他 33 課題

平成12年度予算

(6月1日現在)  
(単位 千円)

人件費	5,767,066
試験研究費	949,648
特別研究費	1,156,788
標準・知的基盤研究費	195,877
原子力試験研究費	682,522
公害防止試験研究費	42,325
地球環境関連研究費	16,534
科学技術振興調整費	1,288,766
国際関連研究費	30,700
重要技術の競争的研究開発費	218,460
分野融合型重点研究開発費	1,229,813
生体機能応用型産業技術研究開発費	153,974
医療及び福祉機器技術の研究開発費	46,554
新規産業創造型産業科学技術研究開発費	352,259
エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画費	1,206,986
研究情報公開データベース研究費	16,198
検定庁費	62,982
共用施設等運営庁費	443,165
研究開発設備撤去費	2,200
研究施設等の撤去費	35,932
合計	13,898,749

- 標準・知的基盤研究費 (1.41)
- 公害防止試験研究費 (0.31)
- 地球環境関連研究費 (0.12)
- 国際関連研究費 (0.22)
- 重要技術の競争的研究開発費 (1.57)
- 生体機能応用型産業技術研究開発費 (1.11)
- 医療及び福祉機器技術の研究開発費 (0.34)
- 研究情報公開データベース研究費 (0.12)



## 中国国務院 宋 宝瑞副主任が来訪

6月1日、宋 宝瑞副主任（閣僚級）をはじめとする中国国務院経済体制改革弁弁公室視察団一行7名が電総研に来訪された。

はじめに、所長から当所の概要、来年度に予定されている独立行政法人への移行、研究公務員の兼業規制の緩和についての説明がなされた。宋副主任は、今回の機構改革の理念とベンチャー化における兼業規制の問題に特に興味を示され、所長との間で熱のこもった議論が交わされた。引き続き、最近の研究成果の中から多言語共通基盤の構築（Muleラボ：高橋 直人主任研究官）およびウェアラブル・ビジョンシステム（適用ビジョンラボ：蔵田 武志研究員、徐 明科学技術特別研究員）について、研究室を訪れ実際に装置を操作しながらの説明がうけられた。

宋副主任は、Muleシステムが英中、中日、と言った2言語だけではなく、英中日の3言語あるいはさらに他の多数の言語を同時に編集、表示できることに対し、多文化間の相互理解の観点から興味を持たれた。また、当所において優秀な中国人研究員が活躍していることに感銘を受けられたようであった。



## 統一公開（7月28日）

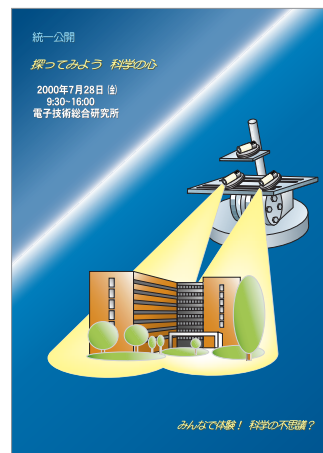
工業技術院試験研究機関での統一公開が今年も開催されます。電総研では工業技術院統一テーマである「みんなで体験！科学の不思議？」を受けて、「探ってみよう 科学の心」をキャッチフレーズに6つの研究内容を公開します。

詳細は下記にお問い合わせ下さい。

問い合わせ先

総務部業務課 0298-61-5059

なお、当日は、JR荒川沖駅及びつくばセンターから無料の送迎バスが運行されます。



## 人事異動

氏名	(新)	(旧)
平成12年6月1日付		
鈴木 基史	電子デバイス部に併任	情報アーキテクチャ部

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：ダイヤモンドのドーピングに用いる  
400kV イオン注入装置

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail: [info@etl.go.jp](mailto:info@etl.go.jp)  
印刷・製本 ニッセイエプロ株式会社