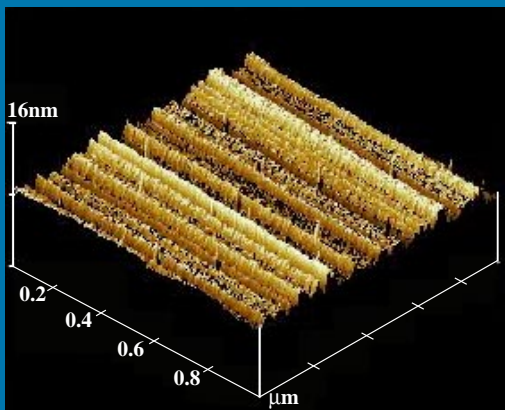
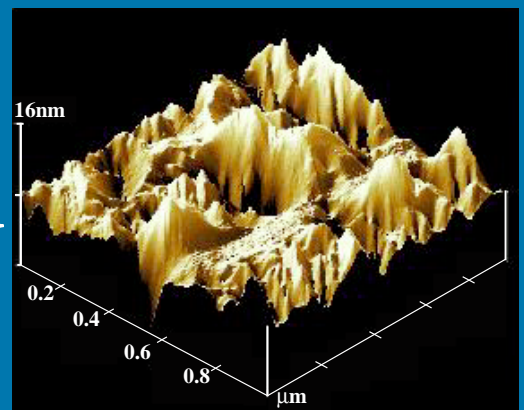


AFM Image

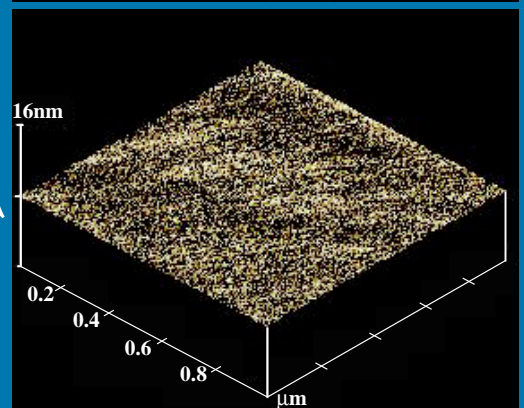
As-recived Ib (001) diamond substrate

0% CH₄ for 6h0.025% CH₄ for 42h0.025% CH₄

balance

etching

growth



研磨されたダイヤモンド基板表面と、それを水素プラズマのみに曝した場合 (0% CH₄ for 6h) および低CH₄濃度合成した場合 (0.025% CH₄ for 42h) のAFM像

- パーティクルフリー BSCCO 超伝導薄膜作製に成功
- ダイヤモンド薄膜のキャリア移動度で世界最高
- 受賞、技術交流、その他

パーティクルフリー BSCCO 超伝導薄膜作製に成功

- 原子吸光フラックスモニター法を用いた高精度分子線結晶成長技術で -

Particle-Free Thin-Film Growth of BSCCO Superconductors: Molecular Beam Epitaxy with a Flux Monitoring System by Atomic Absorption Spectroscopy

電子デバイス部 酸化物高速デバイスラボ 河西勇二、太田裕之^{*1}、右田真司、酒井滋樹^{*2}

High Speed Oxide Electron-Devices Lab., Electron Devices Division

Yuji Kasai, Hiroyuki Ota, Shinji Migita, and Shigeki Sakai

JST 科学技術特別研究員^{*1}

e-mail: ssakai@etl.go.jp^{*2}

Flux monitoring technique using atomic absorption spectroscopy for atomic-layer controlled molecular beam epitaxy is described. Using this technology, we have succeeded in growth of particle-free $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ superconducting thin films.

1. はじめに

我々のグループでは長年にわたって、5 元素酸化物及び関連酸化物の高品質薄膜作製技術の研究を進めてきたが、この度パーティクルフリー BSCCO の製膜技術開発に成功した。

高温超伝導体を電子デバイスに活用していく際に、その薄膜化は必要不可欠である。ほとんどすべてのデバイスは、超伝導体と絶縁体あるいは導電体とのヘテロ構造で出来ているため、高品質なヘテロ界面が要求される。通常、高温超伝導体薄膜を作製すると突起物(パーティクル)も一緒に出来る。その高さは膜厚程度あるいはそれ以上であることもしばしばである。これまで界面の高品質性を強調する際には、パーティクルの部分を避けて都合の良いところを議論するが多かった。パーティクルは、高温超伝導体とは異なる相(不純物相)で出来ている場合と、予定の相であるが形状が突起的になった場合がある。後者は成長モードの問題であり、成長速度、酸素圧力、基板の選択と処理で必ずしも簡単でないが解決が期待できる。前者は、高温超伝導体が多元素酸化物であることの宿命のようなもので、構成元素数が増えるに従って作製の際に組成比を予定のものに厳密に合わせる事が困難なために生じる。

我々が採用した製膜方法は、原子層での制御が期待できる分子線結晶成長法 (molecular beam epitaxy、MBE 法) である。原子フラックスのその場モニター

技術や構成元素の付着係数の研究を通して、組成比を合わせるだけでなく高精度に原子層を積層する技術を開発し、目標とするパーティクルフリー製膜技術を開発するに至った。

2. 原子層制御 MBE 技術

a. 原子吸光フラックスモニター技術

図 1 が原子層制御 MBE 装置の概略図である。BSCCO の構成元素である Bi、Sr、Ca、Cu を真空中で加熱し蒸発させ、基板に供給する。金属蒸発源の上のシャッタを開閉することにより、基板上に堆積する原子の数を制御して原子層を一層一層成長させる。シャッタの開閉順序は、BSCCO 結晶の原子層の積層順序と同じであり、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$ の場合、-Sr-Cu-Sr-Bi-、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ の場合、-Sr-Cu-Ca-Cu-Sr-Bi- の順にシャッタ開閉を繰り返す。用いた酸素源は純オゾンである。隣り合う原子層の成長の間には、成長中断状態、すなわちすべてのシャッタが閉じた状態を設けている。その間もオゾンは照射され続けている。後述するように一層の成長の時間は正確にコンピュータ制御されるが、典型的には 15 秒程度、成長の中断時間は 10 秒である。

図 1 に示すように、真空容器は対向する覗き窓を備えている。その片側にホローカソードランプを、もう一方の側に光の強度を測定する光電子増倍管を取付ける。ホローカソードランプは、そのカソード電極

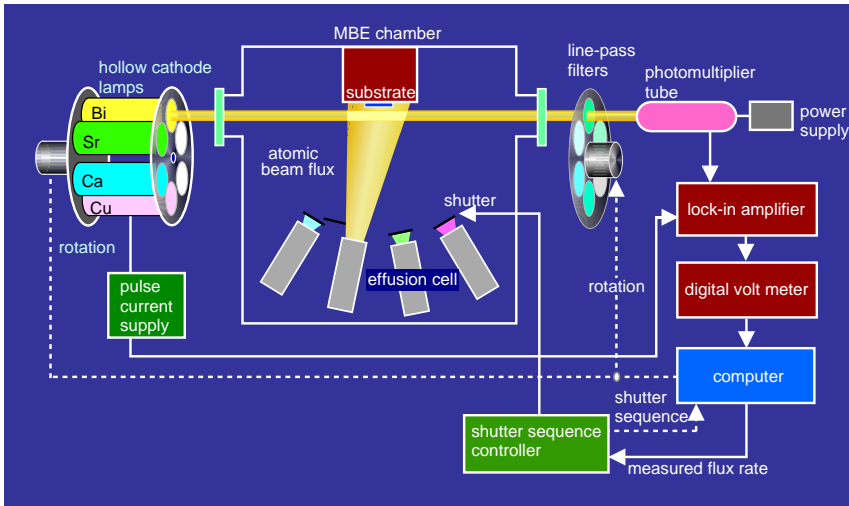


図1 原子層制御 MBE 装置と原子吸光フラックスモニターシステムの構成図

が測定しようとする金属元素で出来ており、その元素の特性波長の光を発生する。したがって、ホローカソードランプは測定したい元素の数だけ用意する。MBE 成長室に入った特性波長の光は、対応する元素が光路にあればその原子の数に応じて光の一部が吸収される。この原理を利用して時々刻々のフラックスをモニターする。さらに測定されたフラックス強度から最適のシャッター開状態の時間をパソコンにより計算し、シャッター開閉を自動的に行う。

光検出側の覗き窓と光電子増倍管の間に、ランプの特性波長の光を選択的に通過させるフィルタを置きホローカソードランプ内で発生する背景光や真空装置内の迷光を遮断する。ホローカソードランプとフィルタは測定元素ごとに交換する必要があるので、

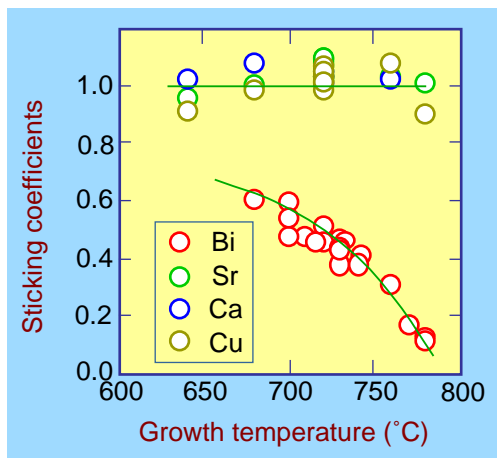


図2 BSCCO 薄膜の構成元素の付着係数の成長温度依存性

図1に示すようにホローカソードランプを円柱状の治具に、フィルタを円板状の治具に装備する。すべてのシャッターが閉じている間を利用して治具を回転し、それらを切り替える。この回転動作も、パソコン上のシャッター開閉プログラムに沿って自動的に行う。

高分解能の光強度測定を行うために断続光を用い、光源の断続に対応した光強度の成分のみの測定(ロックイン検出)を行っている。当初は機械式チョッパを用い光を断続させていたが、機械式チョッパの場合モーターが発生する磁界が、成長中

の結晶表面状態を観察するための反射高速電子線回折モニターの電子線の軌道に擾乱を与えることが分かった。このため電氣的にホローカソードランプの光を断続する方法を考案し、この問題を解決した。

分子線強度測定 of 分解能は、Sr と Ca については $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、Cu については $4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、通常製膜に用いる分子線強度 ($5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 程度) に対して、0.1% から 1% の高い精度での測定が可能である。

b. 原子フラックスの付着係数

原子吸光フラックスモニター技術は原子供給量を精密に調整するための重要技術の一つである。原子層制御成長を実現するには、原子の付着係数(薄膜に飛来した原子が実際に薄膜に取り込まれる確率)の情報がさらに必要になる。実際の成長温度と、付着係数が1である室温での作製薄膜中の原子の数をICP分析によって比較し、各元素の付着係数を評価した。図2に各構成元素の付着係数の温度依存性を示す。Sr、Ca、Cu はそれぞれ1であり、成長温度に依存しない。一方 Bi の付着係数は成長温度に依存して変化する。すなわち Bi の化学組成を最適に調整するためには、成長温度に応じた付着係数で補正した原子フラックスを供給する必要があることが分かった。

c. パーティクルフリー成長技術

BSCCO 超薄膜の成長を例に、開発した技術の優秀性を説明する。図3は電気抵抗の温度依存性を示している。成長温度は760、基板は $\text{SrTiO}_3(100)$ である。まずバッファー層として1.2 nmの厚さの $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$

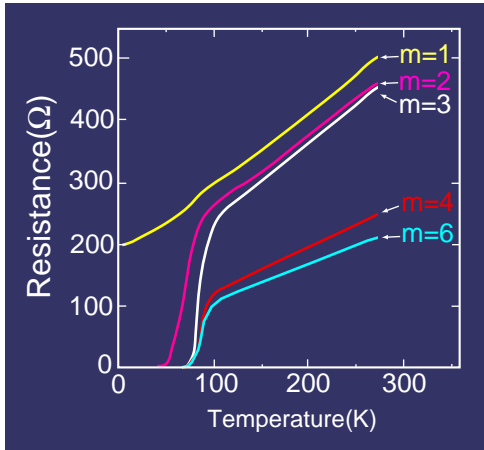


図3 1ハーフユニットセル長(1.5nm)のm倍の膜厚の $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超薄膜の抵抗の温度依存性

を成長し、その上に5種類の厚さの $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超薄膜を成長した。それぞれの厚さは $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ のc軸方向ハーフユニットセル長である1.5nmのm倍(m=1,2,3,4,6)である。図3に示すようにm=2以上の膜厚の超薄膜で超伝導転移した。超伝導転移温度 T_c はm=2, 3, 4, 6それぞれで42, 70, 70, 74Kであった。得られた T_c は超薄膜にもかかわらずmが3以上に関してはバルク単結晶の T_c (約80K)に近い値である。

作製した超薄膜の平滑性を調べるために、原子間

力顕微鏡 (AFM) による表面観察を行った。一例として、図4に、1ハーフユニットセルの膜厚(1.5nm)の $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超薄膜表面のAFM像を示す。2、3、4、6ハーフユニットセルの膜厚の超薄膜も図4とほぼ同様であった。この図に示すように、基板の中央部の約 $5 \times 5 \text{ mm}^2$ の領域において無作為抽出したいくつかの点で、走査領域 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のAFM観察を行ったが、パーティクルは観察されなかった。すなわち、数 10 mm^2 の広範囲な領域に亘りパーティクルフリーの実現に成功したことを示している。

3. おわりに

パーティクルフリー-BSCCO超伝導体の製膜技術開発に成功した。今後は、この技術をBSCCOを用いた超伝導デバイス作製の研究に活用する。また、超伝導体だけでなく強誘電体等の多元酸化物の製膜にもこの技術を適用していく予定である。

関連研究課題名

- ・超伝導素子基礎技術の評価(3)素子化基礎技術酸化物高速電子デバイスの研究
- ・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

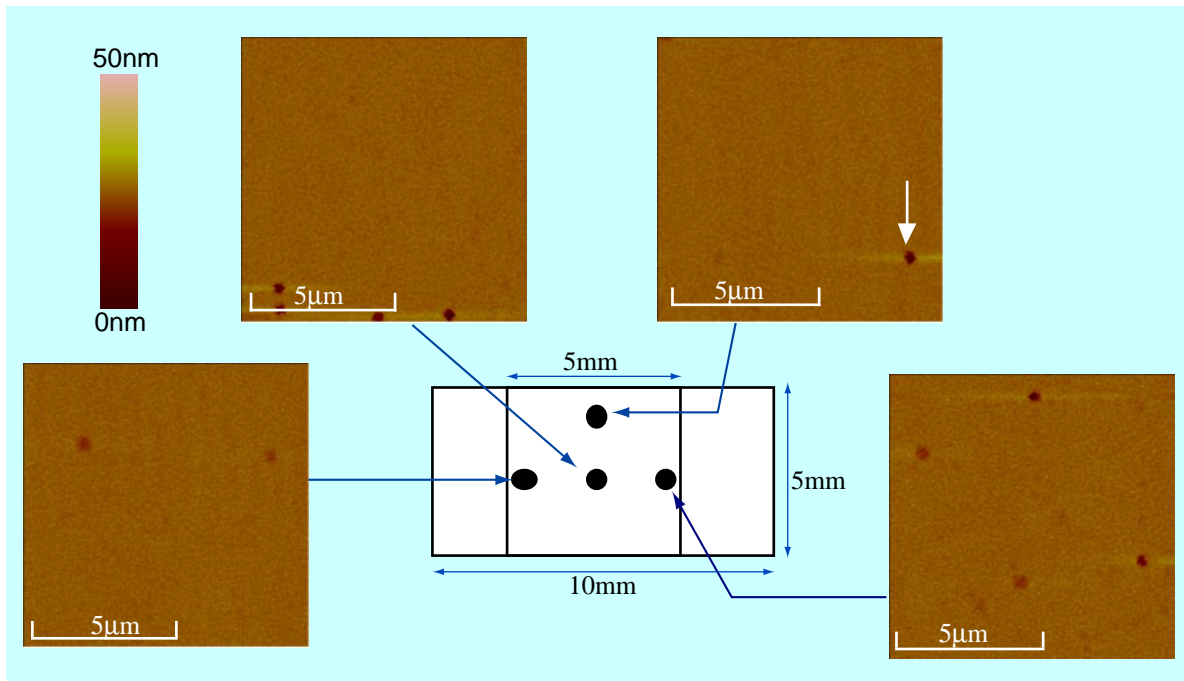


図4 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超薄膜のパーティクルフリーAFM像。なお、AFM像中観察されるいくつかのくぼみ(一例を白矢印で示す)は基板表面のエッチピットすなわち成長前の基板処理により生じたものであり、パーティクルフリー成長技術の本質とは無関係である。

ダイヤモンド薄膜のキャリア移動度で世界最高

- 電子デバイス用ダイヤモンド薄膜の開発さらに前進 -

The highest carrier mobility in the world of diamond thin films.

- Progress in diamond electronic device development -

材料科学部半導体材料創製科学ラボ 大串秀世^{*1}、竹内大輔^{*2}

筑波大連携大学院博士課程 山中貞則、渡邊幸志

所長・筑波大連携大学院教授 梶村皓二

Materials Science Division, Advanced semiconductor materials technology **Hideyo Okushi^{*1}**, **Daisuke Takeuchi^{*2}**

Univ. of Tsukuba **Sadanori Yamanaka**, **Hideyuki Watanabe**

Director-General/Univ. of Tsukuba **Koji Kajimura**

e-mail: okushi@etl.go.jp^{*1}, dtakeuhi@etl.go.jp^{*2}

High-quality homoepitaxial diamond films have been synthesized by microwave plasma chemical-vapor-deposition (CVD) using a mixture consisting of CH_4 , H_2 , and trimethylboron $\text{B}(\text{CH}_3)_3$ diluted by H_2 gas.

These films have been obtained in a clean CVD system, and at low growth rate as well as molecular beam epitaxy (MBE). These films show atomically smooth surface, strong excitonic emission at room temperature, ideal Schottky junction properties and the highest carrier mobility in the world. These indicate that CVD diamond films reach to device grade electronic material.

成果の概要

当所では、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の高品質化や原子レベルでの平坦化の技術開発を進め、今まで、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てきた。今回これらの技術をさらに発展させたところ、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と、電子デバイスへの応用上重要なキャリア移動度に関し、ホウ素を添加したp型ダイヤモンド薄膜で世界最高値を示す薄膜を合成することに成功した。

本成果から、天然のダイヤモンドをこえる高品質なダイヤモンド薄膜の合成が実証されたことになり、ダイヤモンドの電子デバイス化が夢から現実にさらに前進したと思われる。

研究の背景

まもなく到来する21世紀では、現在より高度な情報化社会になり、これを支える情報産業、エネルギー産業を含むあらゆる分野で、エレクトロニクス化が要求され進展すると思われる。現在のエレクト

ロニクスはシリコン半導体を中心とする電子デバイスによっているが、21世紀ではシリコン半導体だけでは、これらあらゆる分野のエレクトロニクス化に対応することができない。特に送電システムなどエネルギー輸送に用いる電子デバイスは、現在のシリコン半導体の電子デバイスでは達成できない高パワー・高周波・高集積が必要で、このためにはその物性値からみてシリコン半導体より優れている炭化硅素、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体による開発が期待されている。しかし、これらの材料は難合成な物質であるため、デバイス化のための材料研究がシリコンと比較し大幅に遅れているのが現状である。

当所では、これらの状況から来るべき21世紀の社会を支えるエレクトロニクスの基盤技術の確立を目指して、産官学による研究プロジェクト「ハード・エレクトロニクス技術」を提唱し、平成8年度からの通産省の産業技術開発の先導研究でその調査研究を行うとともに、ダイヤモンド薄膜、炭化硅素のデバイス化材料技術の基礎研究を開始していた。そして、本年度(平成10年度)からは、ニューサンシャイン計画のエネルギー輸送の省エネルギー化を目標とする「超低損失電力素子技術」として、NEDOの委託を受け、当所と(財)新機能素子研究開発協会(素子協)の共同

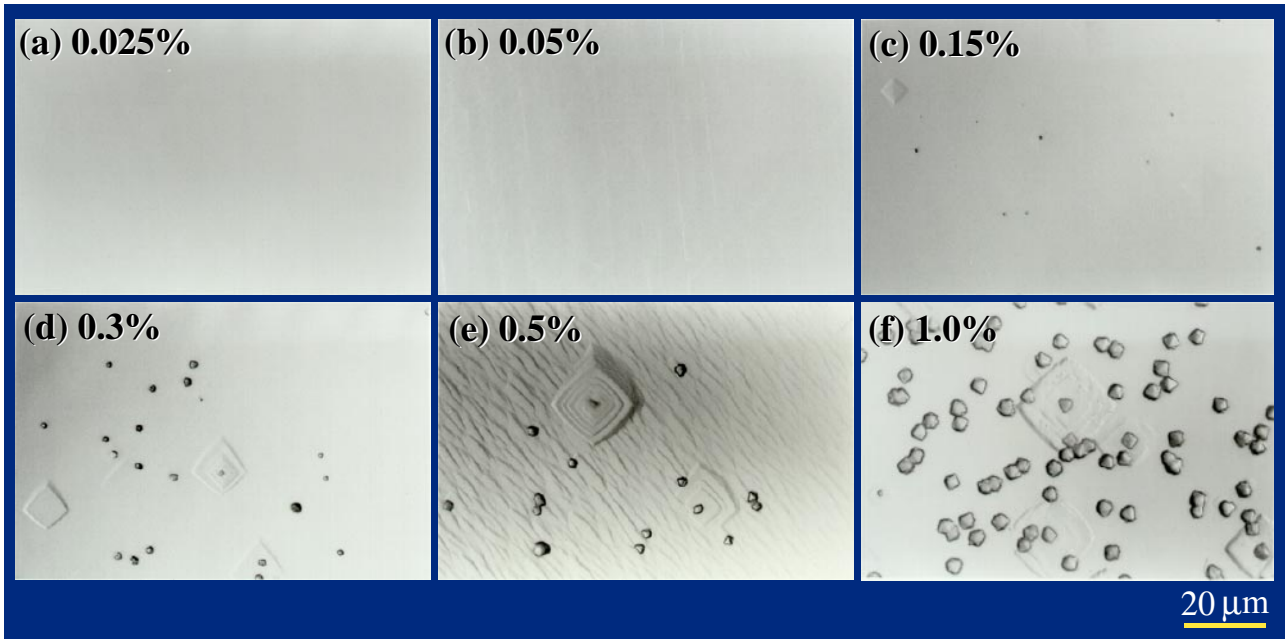


図1 メタンと水素の混合比を変化させて合成した各薄膜表面の光学顕微鏡写真

研究の形で、炭化珪素のデバイス化材料技術を中心とした研究を当所が集中研になって開始している。ダイヤモンド薄膜の研究は「超低損失電力素子技術」のプロジェクトには直接には含まれないが、当所としてはダイヤモンドを炭化珪素の次の世代の半導体材料として位置づけて研究を推進している。

研究の概要

1. はじめに

当所では、今までに、従来のダイヤモンド薄膜の合成法であるマイクロ波プラズマCVD法において、基板温度とプラズマ条件を独立に変化させることができ、不純物混入が比較的少ないステンレス製の反応管からなる合成装置を用いることにより、原子レベルの平坦性をもつダイヤモンドのホモエピタキシャル成長と、この膜によってダイヤモンド薄膜の物性値から期待される、超高性能ショットキー・ダイオードの作製に成功している。

今回、この成果を踏まえ、合成条件の詳細な研究から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と、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、天然のダイヤモンドを越える高いキャリア移動度を示すダイヤモンド薄膜の合成に成功した。以下に本研究のポイントを述べる。

2. ダイヤモンド薄膜のホモエピタキシャル成長

人工ダイヤモンドは通常高温高压法で合成されるが、この方法ではいろいろな不純物が含まれるため半導体としての性質が現われない。半導体の性質が顕著に現れるには、高純度な単結晶ダイヤモンドである必要があり、これを人工的に合成するには高純度な原料ガスを用いた気相合成法が有力視されている。

本研究では、ステンレス製のマイクロ波プラズマCVD(化学気相堆積)法の合成装置を用いて、高温高压法で合成された人工ダイヤモンドの上にダイヤモンド薄膜を成長させるホモエピタキシャル成長によって高品質ダイヤモンド薄膜の合成を行った。具体的な合成方法は(001)面の人工ダイヤモンド基板の上に、原料ガスとして、メタン(CH_4)と水素(H_2)の混合ガスを用いて、基板温度800前後で行う。

通常の合成条件では、メタンガスを水素ガスに対して0.5%から5%に設定する。これは0.5%以下ではダイヤモンドの合成ができないと考えられていたためである。我々は、この常識を破って、0.5%以下のメタンの濃度が極端に少ない場合の薄膜合成を試みた。図1はメタンと水素の混合比を変化させて合成した各薄膜の表面の光学顕微鏡写真である。図に示されるように、0.05%以下の極端にメタンの濃度が少ない場合、表面が非常に平坦な薄膜が得られ、濃度が増加することによって異常成長粒子の数が増えてい

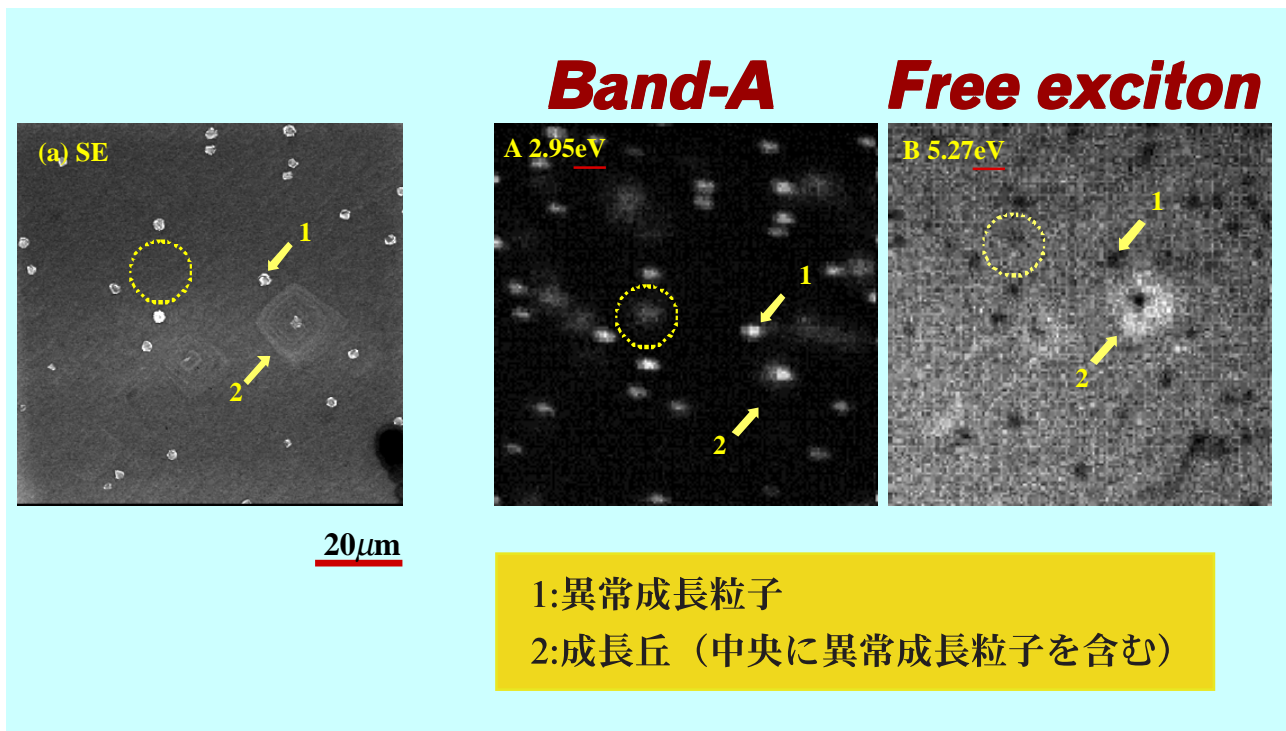


図2 走査電子顕微鏡像と電子ビーム励起による蛍光像との対比。図Bの蛍光がダイヤモンド本来の自由励起子 (Free exciton) による特性に対応しており、欠陥を含む異常成長部 (矢印および円。合成速度が早い場合に発生) ではその蛍光の代わりに図Aの欠陥が原因と思われる、Band-Aと呼ばれる蛍光が見られる。走査電子顕微鏡像(SE)と比較してみると、図Aと図Bが相補的であることがわかる。

ることが観測された。異常成長粒子のところでは透過型電子顕微鏡観察や電子ビーム励起による蛍光観察によって結晶の欠陥がたくさん集まっていることが分り (図2参照) このような粒子がない方がダイヤモンドとして高品質な結晶であることは言うまでもない。

図3はメタン濃度が0.025%と極端に少ないメタンと水素の混合ガスを用いて42時間合成で得られたダイヤモンド薄膜の表面形態を原子間力顕微鏡 (AFM) で観察したときの写真 (AFM像) である。このAFM像は表面の一部である200nm \times 200nmの範囲を、高さの最高値が0.5nmのスケールで観察したもので、この範囲で炭素原子の原子層ステップが観られ、原子レベルで平坦な面ができたことを示している。この様なAFM像は4mm \times 4mmの大きさをもつ基板の任意のところでも得ることができ、基板全体に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成長が実現されているのがわかった。この結果は、ダイヤモンドを現在の研磨技術でいかに平坦に磨いても、原子レベルで平坦なものを得るのは不可能であることを考えると、驚くべきことである。表紙の図

で示した様に、平坦に研磨した高温高压法で作られたダイヤモンド基板 (1b(001)面) の表面は研磨による300nmのうねりと高さ数nmの凹凸が見られる。これに対して、メタンを入れずに水素ガスだけだと、表面がエッチングされ図の様に表面のラフネスは増加する。メタン濃度が0.025%の場合だと、図の様に1 μ m \times 1 μ mの範囲でも、原子レベルで平坦になっていることがわかる。これは合成中のプラズマの中に存在する水素原子によるダイヤモンドの表面のエッチング作用とメタンガスから分解した炭素原子による合成作用のバランスによって達成されたものと思われる。

この原子レベルで平坦なダイヤモンド薄膜に電子ビームを照射すると、図4に示すように、ダイヤモンド特有の励起子発光が室温で強まって観測された。今までCVD法で合成したダイヤモンド薄膜では、合成された膜中に含まれる不純物や欠陥のために、励起子発光が室温で観測された例はない。また、この膜を用いた金属/ダイヤモンド薄膜接合特性も今までより数段優れた整流特性を示していることから、このダイヤモンド薄膜が半導体として優れた品質を有

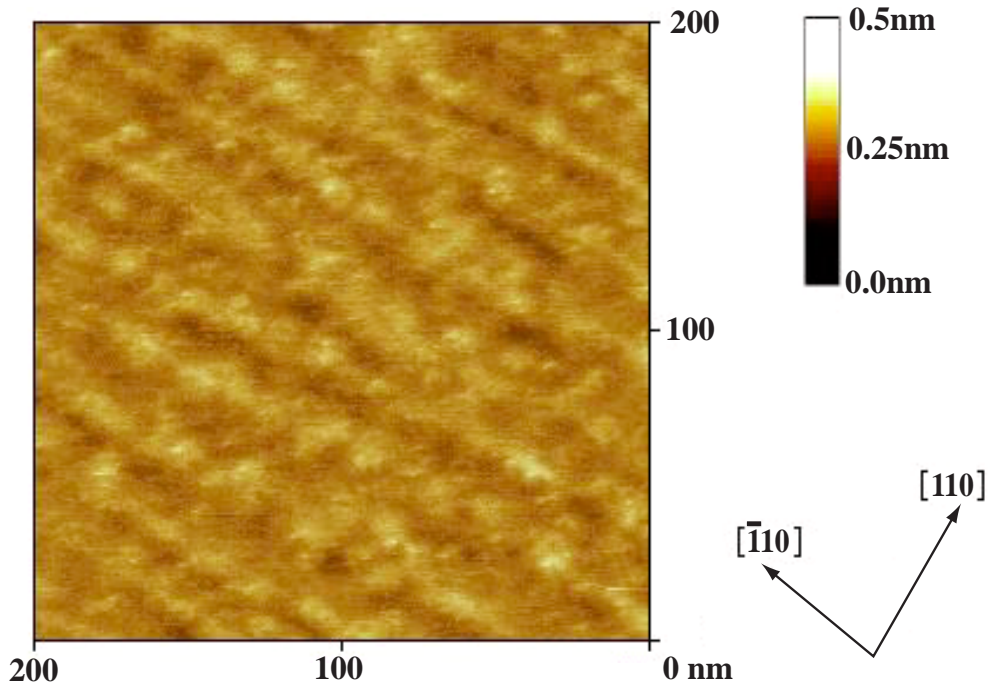


図3 低濃度(0.025%)合成膜のAFM像。(001)面のバーステップ(0.178nm)が見られる。

していることがわかる。

3 トリメチルボロンを用いたP型ダイヤモンド薄膜の合成

半導体材料の電子デバイス化にとって重要な課題

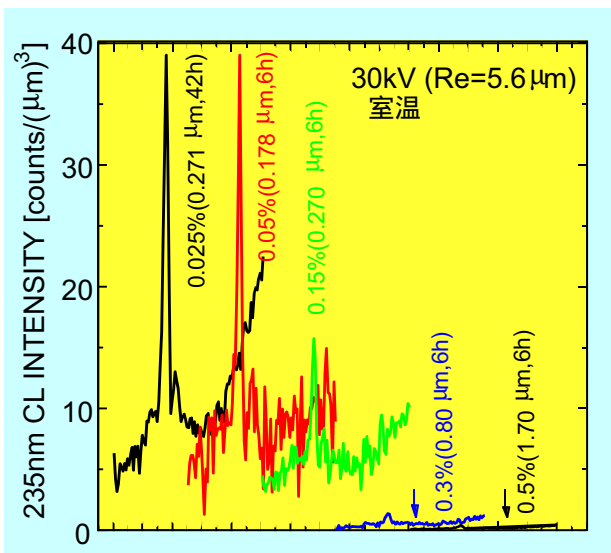


図4 低濃度合成膜のバンド端CLスペクトル。ダイヤモンドIb基板からは室温でのバンド端発光は得られない。従って、以下の発光は薄膜からのものである。

の一つは、不純物添加による伝導型制御技術の確立である。ダイヤモンドの場合、伝導性制御技術まだ不十分でp型は実現されているもののその品質はまだ満足できるものでなく、n型についてはさらに遅れた状態にある。本研究では、上述した高品質ダイヤモンド薄膜の合成技術をもとに、ホウ素を添加することによりp型ダイヤモンド薄膜の合成を試みた。通常、ホウ素原子を添加する方法としては、ジボラン(B_2H_6)が用いられているが、このガスは毒性が強いため本研究では比較的安全的な炭素とホウ素から構成されるトリメチルボロン($B(CH_3)_3$)を用いた。

合成条件は、成膜速度の兼ね合いから、メタン濃度0.1から0.3%のメタンと水素の混合ガスにホウ素原子を炭素原子に対し50～500ppm含まれるようにトリメチルボロンを混入した供給ガスを用い、その他の条件は上述した無添加の場合と同じ条件を採用した。合成したp型ダイヤモンド薄膜の表面形態は無添加の場合と同じメタン濃度に対し、異常成長粒子の発生確率が高くなるものの平坦性の高い膜が得られた。この膜が良質なダイヤモンドの単結晶になっていることは、ラマン分光法やX線回折、電子ビーム励起蛍光法等で確認した。また、このダイヤモンドがp型の伝導を示すことは直接ホール効果の測定より確かめた。

図5はこのホール効果の測定で求めたキャリア

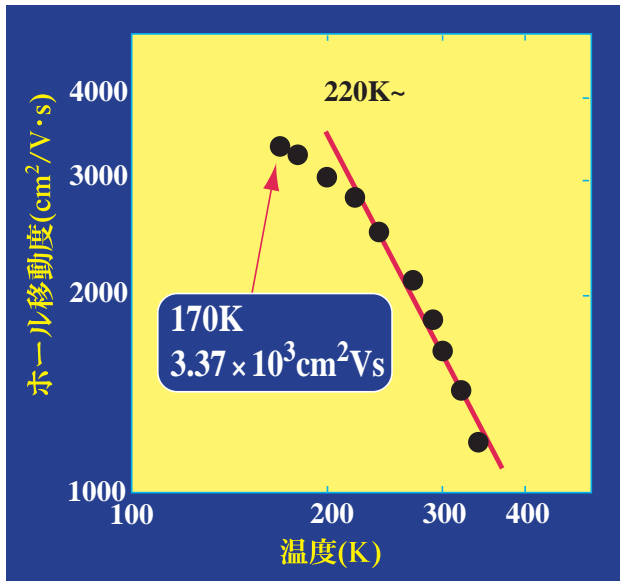


図5 Bドーパホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜のキャリア移動度の温度依存性。

の移動度の温度依存性の一例を示したものである。キャリア移動度はキャリア(今の場合正孔)の動き易さを示す物理量でこの量は結晶性の善し悪しに強く依存している。また、一般に高温になるほど格子の振動によるキャリアの散乱が起こるので、半導体中のキャリア移動度の値は減少する。図の場合、キャリアの移動度は室温(290K)で $1800\text{cm}^2/\text{Vs}$ を示し、200Kで $3000\text{cm}^2/\text{Vs}$ を越す値を示している。従来の報告例では、ホウ素が含まれるp型の天然のダイヤモンド(宝石)のキャリア移動度が290Kで約 $2000\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、200Kで $2800\text{cm}^2/\text{Vs}$ というのが最高値であり、これに対して人工ダイヤモンド薄膜での値がこれに届いていないのが現状であった。最近、ジボランを用いたCVD法によるダイヤモンド薄膜が室温で $1500\text{cm}^2/\text{Vs}$ を越えた例も報告されているが、本研究と同じトリメチルボロンを用いた例では、 $300\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度が最高の値であった。

今回の結果では、ダイヤモンド薄膜としては従来の報告を越えた最高値を示すとともに、ダイヤモンドとしては今までのベストである天然ダイヤモンドに対しても、室温近くではまだその値を越えてないものの、200Kのデータでは天然のダイヤモンド値を越えている。このように、今回の結果では、天然の宝石と同等あるいはそれを越えたp型ダイヤモンドの薄膜ができたことになる。本研究ではドーピングガスとして純度としてまだ不十分なトリメチルボロン

を用いていることや、まだ薄膜合成の最適化を行っていないので、今後これらについての改善を行えば、さらにより高品質なp型ダイヤモンド薄膜の合成が可能と考えらる。

5. まとめと今後の展望

本研究から、原料ガスのメタンガスを希釈する水素ガスに対して、0.05%以下に低減することにより、4mm角の基板全体に原子レベルで平坦なダイヤモンド薄膜の合成ができることがわかった。この薄膜はいろいろな物性評価により、今まで報告されている人工ダイヤモンドや天然のダイヤモンドの物性と比較して、半導体材料として優れたものであることが確認された。さらに、この合成技術をベースに、安全性の高いトリメチルボロンをドーピングガスに用いたp型ダイヤモンド薄膜の合成を試みたところ、上述した世界最高のキャリア移動度を示すダイヤモンド薄膜が再現性よく合成できた。

これら本研究の成果は、従来どうしても越えられなかった宝石クラスの天然のダイヤモンドの物性を越えるダイヤモンド半導体が人工的に創製できることを示したものであり、ダイヤモンド半導体による電子デバイスの展望が大きく拓かれたということが言える。今後は、本研究をさらに発展させ、n型制御の問題、大面積化としてのヘテロエピタキシャル成長などの、ダイヤモンド半導体を応用していく上で重要な課題に取り組む予定である。

受賞

98年度「つくば奨励賞」受賞

(1999年2月16日受賞)

清水秀明、眞島利和、山田雅弘、富江敏尚、三浦永祐、金山敏彦及び北澤 茂各氏

清水秀明(超分子部主任研究官)、眞島利和(超分子部主任研究官)、山田雅弘(超分子部主任研究官)、富江敏尚(極限技術部主任研究官)、三浦永祐(極限技術部主任研究官)、金山敏彦(融合研アトムテクノロジーグループ長)



左から金山、山田、清水、眞島、三浦、富江各氏

(研究主題)

テーブルトップ密着型X線顕微鏡システムの開発

X線顕微鏡は、生物試料に何の操作も施さず、高分解能で観察できる可能性があるため、生命活動を行っているその瞬間を観察する手段として期待されている。しかし、現在までのX線顕微鏡システムでは、放射光光源や、巨大レーザー光で生成されたプラズマをX線源とするため、巨大な施設を必要とし、また使用時間(マシンタイム)にも大きな制限を受けていた。X線顕微鏡の使用者にとって、研究室内規模のシステムができると大きく研究が進展すると期待されている。

受賞達のグループは、高分解能で撮像を行うとき、試料の損傷、膨張を避けるためフラッシュ撮影が必須であること、X線源としてレーザー生成プラズマを使うとフラッシュ撮影が可能であること、さらに密着型X線像の高分解能画像化の方法を示した。さらに、装置の小型化ができることを、テーブルトップ密着型X線顕微鏡システムを開発することで実証した。

これは、世界で稼働しているX線顕微鏡システムの中で、初めての実用的なテーブルトップX線顕微鏡システムである。この装置を使った共同研究が、国内、国外のグループと進行中である。

北澤 茂(情報科学部主任研究官)



(研究主題)

情報理論を用いた、小脳による運動制御機構の解明

脳は数多くの筋肉、関節を持つわれわれの体をいとも簡単に制御して、滑らかな運動を実現している。同氏は、この脳の卓越した運動制御の原理を解明することが科学研究のみならず、技術開発のブレークスルーとしても重要であることから、生体の巧みな運動制御の中核である小脳に着目し、小脳の運動学習の仕組みの解明に取り組んでいる。

同氏は、小脳の学習において重要な役割を果たしているだろうと予想されながらも、これまで実体がつかめなかった電気信号(複雑スパイク)の謎に情報理論を使ってアプローチし、この信号が運動の始めには運動の行く先を、また運動の終了時には運動の誤差を符号化していることを明らかにした。

この研究は、運動学習と制御の仕組みの解明に向けて大きな突破口を開く成果であり、本年4月にNature誌に掲載されたことから明らかなように、国際的にきわめて高い評価を受けている。小脳は近年、言語活動など、コンピュータでは未だに実現できない脳の高次機能にも重用であることが明らかとなっており、本研究の成果は今後さらに脳の卓越した学習と情報処理の原理そのものの解明につながることを期待される。

「リサイクル技術開発本多賞」受賞

(1999年1月27日受賞)

野崎 健(エネルギー部主任研究官) 根岸 明(同部主任研究官) 金子浩子(元エネルギー基礎部主任研究官) 各氏



左から野崎、金子、根岸各氏

(研究テーマ)

「火力発電所 E P 煤の完全再資源化と回収バナジウム利用の省資源リサイクル型電力貯蔵用電池の開発」

当該グループ(電子技術総合研究所、鹿島北共同火力発電、つくば物質情報研究所、茨城環境技術センター)は、1989年ごろからバナジウムレドックスフロ-電池電力貯蔵システムと火力発電所を組み合わせることにより、火力発電所の稼働率の向上、最適燃

焼運転等を目的とする技術の研究開発を進めてきた。関連して1990年に火力発電所から大量に排出する燃焼煤(E P 煤)中のバナジウムや廃ガス中の硫酸化物からバナジウムレドックスフロ-電池用電解液を製造する原理特許を出願した。これに基づき、鹿島北共同火力発電では、ニューサンシャイン計画の「太陽光発電システム実用化技術開発」(N E D O委託研究開発)において、1991年から1996年度にかけて燃焼煤(E P 煤)からバナックスフロ-電池用電解液を製造する廃棄物再資源化システム技術を確立し、40L/日のパイロットプラントを1996年度に完成した。さらに、鹿島北共同火力発電はこの電解液を用いる200kW級バナジウムレドックスフロ-電池電力貯蔵システムを1997年に完成し、実証試験を継続中である。

本研究論文では、バナジウムレドックスフロ-電池の実用化のためには、バナジウム電解液の低コスト化が最重要課題であり、火力発電所から大量に廃棄されるE P 煤、排煙脱硫装置から生成する硫酸を原料とするバナジウム電解液の工業的製造法を開発し、大幅なコストダウンを実現した。レドックスフロ-電池を中心とする廃棄物有効利用型物質循環システムは、バナジウム含有量の多い重質油(とくに石油代替燃料として注目されているオリマルジョンなど)を燃焼する火力発電所において、環境保全と電力安定供給を両立させる理想的なリサイクル技術であると結論された。

科学技術庁第57回注目発明(平成10年4月13日)

酸素センサーおよび酸化窒素センサーと、これらセンサーによる酸素および酸化窒素の検出方法: 特開平8-220054号

金子浩子(エネルギー基礎部) 山田雅弘(超分子部)

発電方法および装置: 特開平8-329994号

安藤祐司、田中忠良、土井卓也、高島工(エネルギー部)

冷電子放出素子及びその製造方法: 特開平9-63466号

伊藤順司、金丸正剛(電子デバイス部) 神戸製鋼

ファジィ推論用メンバシップ関数生成装置: 特開平8-152933号

向井誠二、伊藤日出男(光技術部)

X線分光集光素子: 特開平8-262197号
小池正記、鈴木功(量子放射部)

光素子の製造方法: 特開平7-8082号
板谷太郎、松本和彦、石井正己、中川格、杉山佳延(電子デバイス部)

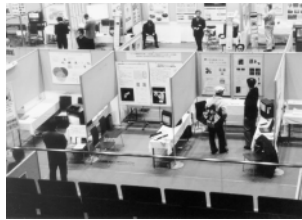
技術交流

1999.1.29(金)・30(土) — つくばカピオ

技術交流 in つくば'99

筑波研究学園都市研究機関等連絡協議会（筑研協）/ 科学技術庁研究交流センター主催で「技術交流 in つくば'99」が開催され、学園都市内にある民間も含め多くの研究機関等が技術交流に参加しました。

電総研から、「メトリックスをベースにしたJavaプログラム評価システム」、「センサ情報を利用した柔軟な作業を行うロボット」、「汎用高機能三次元視覚システム VVV」の紹介や技術交流、ビデオやパンフによる当所の紹介を行いました。

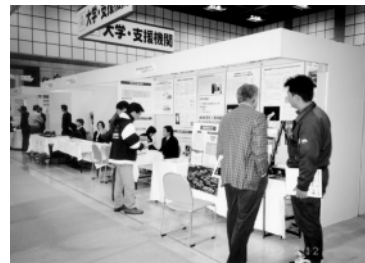


第9回 異業種連携フェア

'99はままつメッセ

「'99はままつメッセ」が静岡県浜松市で2月1日～13日まで、新技術・新商品を一堂に集め、浜松地域内外の企業による技術の融合、取引、提携等を目的として行われました。

工業技術院筑波研究センターの紹介並びに技術相談と電総研については、パネルで「センサ情報を利用した柔軟な作業を行うロボット」、ビデオやパンフによる当所の紹介を行いました。



人事異動

氏名	(新)	(旧)
佐々木 正明	機械技術研究所 総務部業務課情報検索専門職の併任解除	総務部業務課課長補佐兼情報検索専門職
山根 茂	大阪ライフエレクトロニクス研究センター 庶務課長の併任解除	大阪ライフエレクトロニクス研究センター 長兼庶務課長
高澤 孝司	大阪ライフエレクトロニクス研究センター 庶務課長	総務部庶務課長補佐
矢島 照清	総務部庶務課長補佐	産業技術融合領域研究所 (平成11年2月1日付)

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(54)5059

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail: info@etl.go.jp
印刷・製本 株式会社イセブ