KrFエキシマレーザを用いたグラファイトアブレーションの レーザプラズマブルーム特性

正員 青木 振一 (熊本工業大学)
正員 池上 知顯 (熊本大学)
正員 蛭原 健治 (熊本大学)

Characteristics of Laser Plasma Plume from Graphite Target Ablation Using KrF Excimer Laser

Shin-ichi Aoqui, Member (Kumamoto Institute of Technology)
Tomoaki Ikegami, Kenji Ebihara, Member (Kumamoto University)

We have optically studied the dynamics of the plasma plume during preparation of diamondlike carbon (DLC) thin films and carbon nitride (CNx) thin films by the pulsed laser deposition method. We report on spectroscopic properties of laser plasma plume produced during the DLC and CNx thin film deposition. It was found that carbon atoms and ions emitted from the target react with ambient gases of hydrogen and nitrogen. CH and CN molecules are formed in the gas phase. The properties of DLC and CNx thin films are strongly affected by the laser plume dynamics. Some conversion mechanism of C_2 radical to CN radical probably exists.

キーワード：レーザアブレーション, DLC薄膜, CNx薄膜, 発光分光法, プラズマブルーム

1. まえがき

ダイヤモンドは硬く透明で熱伝導率が高いなど魅力的な性質を備えている。近年はそのダイヤモンドの特性にせまり、更に越えるような物質の開発研究が行われている。軽元素であるボロン、炭素、窒素からなる新材料はダイヤモンド関連物質として注目を集めている。このようなダイヤモンドライクな性質をもつ物質の薄膜は、ハードコーティングやデバイス保護膜などへの応用や電界電子放出源、ドーピングによるカーボン半導体デバイスへの応用などが期待されている⁽¹⁾。近年、これらの高硬度薄膜を作製するためにはさまざまなプロセスが研究・開発されている。例えば、CVD法やスパッタ法、パルス・レーザデポジション (pulsed laser deposition: PLD法) などである⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。いずれのプロセスにおいても、成膜のどの段階でどのような物質が存在しているかを調べることで、膜質の改善に繋がる。

我々はPLD法を用いて、ダイヤモンド状炭素 (Diamondlike carbon: DLC) およびCNx薄膜の作製の研究を行ってきた⁽⁵⁾。本論文ではグラファイトをターゲットとしたレーザアブレーションにおいて、レーザプラズマブルーム中にどのような発光粒子種が存在するかを、成膜時の最適条件を考慮しながら発光分光法により測定した。

PLD法ではターゲットから放出される粒子と背景ガスとの気相反応は薄膜特性を知る手がかりとなる。パルスレーザをグラファイトターゲットに照射することにより、レーザプラズマブルームが発生する。プラズマブルームは放出粒子と背景ガス種や圧力により大きく変わる⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾。生成されたプラズマブルームは熱的な作用だけではなく、衝突解離/電離作用、光吸収作用も関与しレーザ波長によっても状態が大きく変わる⁽⁹⁾⁻⁽¹¹⁾。グラファイトターゲットを用いた薄膜は、様々な研究がなされており、特にプラズマブルーム中の C_2 の生成が成膜に関係する事が指摘されている⁽¹²⁾⁻⁽¹⁴⁾。例えば、グラファイトのアブレーションに関しKokaiはレーザ波長が1064nmと266nmで発光種が大きく異なることを示した^{(11),(15)}。赤外レーザでは C_2 分子発光が確認されるのに対し、紫外レーザではC, C⁺などの原子、イオンの発光が中心となるとしている。紫外レーザの結果に関しては我々のKrFエキシマレーザにおける分光測定と同様な結果となっている。

成膜においては以下の3段階の過程を経る。まず、ターゲット面上でレーザ光による光吸収反応と熱的反応でターゲットより粒子が放出される。次にアブレーション粒子の力学的運動エネルギーにより、ガスとの衝突で解離/電離、再結合が起こる。最後に基板の表面状態、温度、ガスの作用により原子や分子が結合し、基板上に薄膜が堆積する。

ブルーームの発光スペクトル測定条件としてターゲット面上からの位置、ガス種、レーザフルエンスなどを変化させ、 $C, C^+, C_2, CH, CH^+, C_2H, CN, N_2$ および $H\alpha$ を同定し、更に時間発展波形より粒子の飛行速度を求めた。また $H\alpha$ のシュタルク広がりから電子密度を求めた。同時成膜ではガス種により、DLCおよび CN_x 薄膜が堆積する。薄膜組成の結合状態を赤外吸収特性から調べ、ブルーーム中の分子種との比較より最適なアブレーション条件に於けるブルーームの状態を調べた。DLCでは最適な可視透過率のデポジション条件で観測を行った。

2. 実験装置

図1に実験に用いた分光測定装置の概略を示す。真空容器はステンレス製で複合ターボ分子ポンプにより到達真空度 5.0×10^{-7} Torrまで排気され、高純度ガス（窒素、水素、ヘリウム）をマスフローメータで真空容器に導入する。ターゲットは30mm径のグラファイト・カーボン（純度99.999%）を回転機構を備えたターゲットホルダーに取り付けた。KrFエキシマレーザ（Lambda Physik Model LPX305icc, 最大エネルギー850mJ, $\lambda=248$ nm, パルス幅25ns）を用いて、レーザ光はターゲットに対して窒素及びヘリウムガス導入の場合は 90° に入射した。水素ガスの場合は 45° で入射した。レーザ入射角 90° の場合は、実験装置の幾何学的配置より、ターゲット表面から垂直方向への測定距離が十分大きくとれる。しかし、測定と同時成膜は出来ない。分光測定と同時成膜時の入射角は全て 45° とした。ターゲット面でのレーザスポットサイズは $1.8 \times 2.8 \text{ mm}^2$ で、最大レーザフルエンスは 8 J/cm^2 である。プラズマブルーームの観測は250mmのモノクロメータ（ニコン製P-250）を用いて波長330~800nmの範囲で行った。

図1 PLD装置及び光学測定装置

Fig.1. Schematic of the PLD and optical measurement system.

プラズマブルーームの発光はターゲット表面上 $d=1 \text{ mm}$ から垂直方向30mmまで観測した。各点の発光は $f=150 \text{ mm}$ の集光レンズを通しモノクロメータへ導入し、4レーザパルスの平均を取った。特定波長の時間発展波形は、4~16回の平均を取った。分光測定と同時作製した薄膜は可視・紫外透過特性と赤外吸収特性を測定した。可視・紫外測定は可視紫外分光光度計（島津UV-160）を用いた。基板は石英である。赤外吸収特性の測定はフーリエ変換型赤外分光光度計（島津FTIR 8200A）を用いた。基板はn型Si(100)である。測定においては、実験に用いたSi(100)基板の赤外透過率が低いため、赤外反射計測を行った。アブレーション及び成膜の条件を表1に示す。

表1 DLC及び CN_x のアブレーションおよび成膜条件
Table 1. Ablation and deposition conditions for DLC and CN_x films.

	DLC薄膜		CN_x 薄膜
背景ガス	H_2	He	N_2
ガス圧力	50~800mTorr	50~200mTorr	20~200mTorr
ターゲット	グラファイトターゲット (純度99.999%)		
レーザフルエンス	4~8 J/cm ²		
レーザパルス数	9000~36000ショット		
ターゲット基板間距離	40mm		
到達真空度	5.0×10^{-7} Torr以下		
基板温度、負バイアス	室温~300℃ 0~-300V		
基板	石英	石英, Si(100)	

3. 実験結果及び検討

＜3・1＞ グラファイトターゲットによるレーザプラズマブルーームの発光特性

図2にターゲット面上からの距離 $d=10 \text{ mm}$ における到達真空度 (5.0×10^{-7} Torr)、ヘリウムガス100mTorrにおける分光スペクトルを、図3では図2において強い発光を示す386.0nm C線（原子線）について到達真空度での時間発展波形を示す。いずれもレーザフルエンスは 6 J/cm^2 である。496nmに現れる強い発光は、KrFレーザの発振波長248nmの2倍波でありブルーームからの発光ではない。到達真空、ヘリウムガス導入時の発光種はCI線、CII線（イオン線）のみの発光でスペクトルに顕著な差はない。わずかな違いは、ヘリウムガス導入によりCI線発光種が減少することである。426.9nm, 437.1nmは観測されなくなり、538.0nmの発光も強度が低下している。逆にCII線発光は563.3nmなどが現れる。さらに到達真空では658.8nmのCI線の発光はヘリウム中では657.8nm, 658.3nmのCII線のイオン発光に変わっている。図3では表面

上1mmにおける観測で2つの発光ピークを観測した。レーザ入射から80nsで最初の発光ピークが、その後320ns後に大きなピークが現れる。このような波形は、表面から5mm以上離れると観測されなくなる。ターゲット面上5mmから10mmにかけての発光種の平均飛行速度は、約 $5.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ となる。10mmから20mmまでの平均速度も約 $3.3 \times 10^4 \text{ m/s}$ で、真空中であるため発光種の減速は小さい。表面1mmで観測される最初のピークは、上記の平均速度より数倍速いため、力学的な運動エネルギーは非常に大きい。これらの粒子束はターゲットの極く近傍で、衝突等により他の粒子にエネルギーを与え、速度が緩和していくと考えられる。背景ガスがある場合は衝突電離を起こすので、ヘリウムガス導入時にC II線が多く観測され、また再結合により線スペクトルが減少することが説明できる。

図2 到達真空中及びヘリウム導入時の発光スペクトル

Fig.2 Emission spectra of the plume at $5.0 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ and He ambient gas.

図3 C I (386.0nm)の発光の時間発展波形

Fig.3 Temporal change of the emission intensity of Cl.

図4、図5に反応性ガスを導入した場合のスペクトルを示す。図4はターゲット面上からの距離 $d=10\text{mm}$ における水素ガス200mTorr (レーザ入射角: 45° , フルエンス: 4J/cm^2)、図5は窒素ガス200mTorr (レーザ入射角: 90° , フルエンス: 6J/cm^2)における分光スペクトルを示す。

図4 水素ガス導入時のプラズマブルーム発光スペクトル

Fig.4 Emission spectrum of the plume at H_2 ambient gas.

図5 窒素ガス導入時のプラズマブルーム発光スペクトル

Fig.5 Emission spectrum of the plume at N_2 ambient gas.

図6 CN (388.3nm)の発光の時間発展波形

Fig.6 Temporal changes of emission intensity of CN (388.3nm).

水素ガスはアブレートされた炭素原子、イオンと気相反応を起こし強いCH430nm systemの分子発光を示した。またC₂ Swan Band (d³Π_g→a³Π_g)の発光が観測され、C₂が生成されていることがわかる。このときのC₂ Swan Band発光強度は、CH430nm systemの発光強度と同程度である。

窒素ガス導入時ではCN Violet system(B²Σ⁺→X²Σ⁺) (421.6nm, 388.3nm, 359.0nm)の発光が観測された。C₂ Swan Band発光も観測され気相でC₂が生成されている事がわかる。CN Violet systemの発光は極めて強く、388.3nmの発光をとらえるために、分光器の光電子倍增管の感度を設定すると、多くの他のスペクトル線はノイズに埋もれてしまう程である。炭素原子は気相で窒素ガスと反応するが、気相反応を促進するN₂ 2nd positivesystem(C³Π_u→B³Π_g)の発光も観測された。N₂ 2nd positivesystemの発光は、CN systemの発光強度が強いため、かなりの部分がマスクされているが、CN systemより長波長、短波長側の発光により同定できた。N₂ 1st positive systemは、発光が観測されなかった。N₂やH₂の反応性ガスの導入により、C₂分子の生成が促進されていることが分かる。これはKokaiらの実験結果と一致している⁹⁾。彼らのマスマスペクトルの分析ではC₃以上の分子の生成も確認されており、成膜に影響を与えるものと思われる。本実験においては水素ガス導入時に観測されるC₂ Swan Bandの発光は、d=30mm付近においても観測されたことより、ターゲット表面付近の熱作用だけでなく、気相反応でのC₂生成がターゲットをかなり離れても起こっていることが分かった。しかし、ヘリウムガスの導入ではC₂分子スペクトルは観測されない。KrFレーザのアブレーションでは、C₂分子発光は反応性ガス導入時にだけ観測され、ヘリウムガスでは観測されない。これは活性ガス種だけの反応機構が、C₂分子生成に関与している事を示している。更に注目すべき事は、窒素ガスの導入時は、CN Violet systemの発光に対し、C₂ Swan Bandは1/30程度の発光強度しかないことである。水素の場合はCH systemとC₂ systemの発光強度はほぼ等しい。これは以下のように考えられる。ターゲット近傍ではアブレートされた炭素原子は反応性ガスとの3体反応により炭素分子を生成する。

Mを中性粒子とする。ターゲットから離れた地点でのC₂ Swan Bandの観測を説明できる。

C,Hに関する電離過程としては

などの反応によりCHは生成される。レーザ光248nmの光子エネルギーでは不十分であるが、放出されたターゲット近傍の炭素原子の運動エネルギーは図3の波形からわかるように、非常に高速なので、10eV程度のエネルギーの粒子も生成され反応は促進する。しかし、窒素原子線、イオン線の発光は観測されていないことより窒素ガスの電離エネ

ギーまでには至っていない。窒素に関しては分子発光のみである。したがってCNの生成はラジカル分子種C₂^{*}とN₂^{*}の反応と考えるのが妥当である。

(6)式の反応には当然中間過程が必要であるが、これを認めると、窒素ガス導入時のCN Violet systemの発光に対し、C₂ Swan Bandの発光強度が小さいことが説明できる。

図6に窒素ガス200mTorrの時のCN (388.3nm)の時間発展波形を示す。ターゲット面上5mmから10mmにかけての発光種の平均飛行速度は、約1.7×10⁴m/sとなる。10mmから20mmまでの平均速度は約6.7×10³m/sで、到達真空度の場合と比べて発光種は衝突により大きく減速する。また、ターゲット上1mmの観測では到達真空度の場合のように明らかな2成分の発光にはならなかった。高速成分は1mmの点ではすでに(1)~(6)の反応などにエネルギーを与えてエネルギー緩和しているものと思われる。

<3・2>シュタルク幅による電子密度の測定

水素ガス導入時のスペクトルにはHα (656.3nm)が観測された。Hαのスペクトルのシュタルク広がりから電子密度を求めた。電子密度が比較的高い場合、荷電粒子の電界によって生じる光の波長の広がり顕著になる。水素原子の場合半値幅は近似的に

$$\Delta \lambda (\text{\AA}) = 8.16 \times 10^{-19} (1 - 0.7 N_D^{-1/3}) \lambda_0^2 (n_1^2 - n_2^2) N_e^{2/3} \text{-----(7)}$$

ここでN_Dはデバイ球内の電子数、n₁, n₂は遷移の上下両準位の主量子数、λ₀(Å)は中心波長、N_eは電子密度(cm⁻³)である。電子密度を求めるにはN_Dを先に求める必要があり、電子温度を与えなければならないがここでは1eVを仮定した⁽¹⁶⁾。電子温度はN_e測定には余り敏感には効かず依存性は小さい。ターゲットからの距離による密度変化を図7に示す。d=10mm付近における水素プラズマの密度は約5×10¹⁶cm⁻³となり反応に十分な電子密度であることがわかる。

図7 ターゲットからの距離による電子密度の変化
Fig.7 Electron densities at various distance from the target surface.

<3・3> DLC薄膜の光学的特性

ヘリウムガスおよび水素ガスを導入し、フルエンス $8\text{J}/\text{cm}^2$ で成膜されたDLCの光学吸収特性を図8に示す。最大到達真空度におけるDLCの成膜では可視、紫外の透過率は非常に低く、光学ギャップの測定は困難であるが、ヘリウムガス、及び水素ガスを導入することにより、光学ギャップ特性が向上する。おのおの 1.0eV および 2.0eV の光学ギャップがえられた。

図8 DLC薄膜の光学吸収特性

Fig.8 Optical absorption characteristic of the DLC.

水素ガス導入時の光学特性の向上は、炭素原子のダングリングボンドの水素原子による終端である。しかしヘリウムガス導入によっても光学特性の改善が可能である事が示された。これは、ダングリングボンドの水素終端とは違ったメカニズムである。ヘリウムガス圧とレーザフルエンスを変えた実験から、圧力には適正值があり、またフルエンスの増大に伴い光学ギャップが大きくなることが測定された。これはヘリウムの導入により、炭素原子とヘリウムガスとの衝突によるイオン化が促進され、気相および薄膜成長時のイオン衝突により sp^3 結合が増大するためと考えている。このことはJin等によって、aCおよびCN_x膜に対し低エネルギー（5～100eV）炭素、窒素イオンビームを照射しイオン衝撃を与え、 sp^3 結合相の増加を確認した報告がある⁽¹⁷⁾。ヘリウムとは質量差があるが、 sp^3 結合相増大はイオン衝撃が大きく関与していると考えられる。真空中に対するヘリウムガス導入時の発光種及び強度の変化、特にCII線の増大が膜質に関与している事が確認された。

<3・4> 窒素ガス中のCN薄膜成膜と赤外吸収特性

窒素ガス導入時のターゲット表面付近の観測においてもCN Violet systemは観測されており、CN分子生成反応は炭素原子のアブレーションと殆ど同時に起こることがわかる。また、C₂ Swan bandも観測されているので、C₂分子も生成されている。この条件に於けるCN薄膜の成膜を行い赤外吸収

特性を調べた。典型的な吸収特性を図9に示す。図9では炭素、窒素相互の結合による吸収が現れる、 $2500\sim 500\text{cm}^{-1}$ の波数域を示している。 2120cm^{-1} 付近に $\text{C}\equiv\text{N}$ の結合が確認され、また 1600cm^{-1} に $\text{C}=\text{N}$ 二重結合伸縮の幅広く大きな吸収を観測した。 1600cm^{-1} には $\text{C}=\text{C}$ 二重結合伸縮も吸収を示すが、水素、ヘリウムの背景ガスとして成膜した場合には 1600cm^{-1} に吸収を観測しないことより、 $\text{C}=\text{N}$ 二重結合の割合が多いと考えられる。

図9 CN薄膜のFTIRによる赤外吸収特性

Fig.9 A FTIR spectrum of the CN_x film.

4. むすび

本論文では、グラファイトカーボンターゲットを様々なガス雰囲気中でレーザアブレーションを行い、プラズマブルーム中に含まれる発光粒子種の同定を行った。また、同時にDLCおよびCN_x薄膜の成膜も行い、プラズマブルームと薄膜特性を関連付けることを目指した。本論文の結論を以下に示す。

(1) 真空、ヘリウムガス導入におけるアブレーションでは、炭素原子線、イオン線のみが発光し、C₂などの分子スペクトルは観測されなかった。また、真空中ではターゲット付近では、2成分の速度を持ち、高速な放出粒子成分はガスの電離／解離に関連している可能性が高い。

(2) 水素ガスを導入により分子発光としてCH₄30nmシステム、C₂ Swan bandが観測された。窒素ガスを導入した場合は強いCN Violet systemの発光、および弱いC₂ Swan bandの発光が確認された。これにより炭素原子は反応性ガスがあるとき、炭素分子を生成し気相中で水素、窒素と反応するが、さらに窒素は生成された炭素分子と気相反応しCN分子を生成をしている可能性が高い。

(3) H α のスペクトルのシュタルク広がりより、プラズマブルームの電子密度は $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 程度である事が確認された。

最後に本研究を遂行するにあたり、薄膜分析に御協力いただいた、九州東海大学松本敏之助教授に感謝します。

(平成11年1月25日受付、平成11年3月30日再受付)

文献

- (1) S.Aoqui, C.S.Choi, Y.Yamagata, K.Ebihara : "YBaCuO superconducting thin films protected by diamondlike carbon films using KrF Excimer laser ablation ", Advances in Superconductivity VII (Springer-Verlag Tokyo 1995)
- (2) C.B.Collins, F.Davanloo, D.R.Jander, T.J.Lee, H.Park & J.H.You : "Microstructure of amorphous diamond films ", J. Appl. Phys. 69 (11), 7862 (1991)
- (3) F.Xiong, Y.Y.Wang, V.Leppert & R.P.H.Chang : Pulsed laser deposition of amorphous diamond-like carbon films with ArF (193 nm) excimer laser ", J. Mater. Res. Vol. 8, No.9, 2265 (1993)
- (4) A.A.Voevodin, S.J.P.Laube & D.Walck : " Pulsed laser deposition of diamond-like amorphous carbon films from graphite and polycarbonate target ", J. Appl. Phys. 78 (6), 4123 (1995)
- (5) S.Aoqui, T.Ikegami, Y.Yamagata, K.Ebihara : " Optical emission study of the laser plasma plume produced during diamondlike carbon thin film preparation :, Thin Solid Films (1998)
- (6) Kazuhiro Yamamoto, Yoshinori Koga, Shuzo Fujiwara & Fimio Kokai : " The fraction of Sp^3 bonding in carbon thin films prepared using pulsed laser deposition ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.36, 1333 (1997)
- (7) S.S.Harilal, C.V.Bindhu, P.N.Nampoori & C.P.G.Vallabhan : "Influence of ambient gas on the temperature and density of laser produced carbon plasma ", Appl. Phys. Lett. 72 (2), 167 (1998)
- (8) D.L.Pappas, K.L.Saenger, J.Brulley, W.Krakow & J.J.Cuomo : "Pulsed laser deposition of diamond-like carbon films ", J. Appl. Phys. 71 (11), 5675 (1992)
- (9) E.Aldea, A.Paola, G.Dinescu, A.Luches & A.Perrone : "Optical emission diagnostic of laser-induced plasma during CNx film deposition ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.36, 4686 (1997)
- (10) Z.M.Ren, P.N.Wang, Y.C.Du, Z.F.Ying & F.M.Li : "Optical studies on the deposition of carbon nitride films by laser ablation ", Appl. Phys. A. 65, 407 (1997)
- (11) F.Kokai : "Optical emission spectra from laser ablation of graphite at 266 nm and 1064 nm under a magnetic field ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.36, 3504 (1997)
- (12) S.S.Harilal, Riju C.Lssac, C.V.Bindhu, V.P.N.Nampoori & C.P.G.Vallabhan : "Emission characteristics and dynamics of C_2 from laser produced graphite plasma ", J. Appl. Phys. 81 (8), 3637 (1997)

- (13) S.S.Harilal, Riju C.Lssac, C.V.Bindhu, V.P.N.Nampoori & C.P.G.Vallabhan : "Temporal and spatial evolution of C_2 in laser induced plasma from graphite target ", J. Appl. Phys. 80 (6), 3561 (1996)
- (14) S.S.Harilal, Riju C.Lssac, C.V.Bindhu, V.P.N.Nampoori & C.P.G.Vallabhan : "Optical emission studies of C_2 species in laser-produced plasma from carbon ", J. Phys. D: Appl. Phys. 30, 1703 (1997)
- (15) 小海文夫 "グラファイトのレーザアブレーションにおける C , C_2 および C_3 の検出と解析", T.IEE Japan, Vol.117-C, No.9, 1194 (1997)
- (16) D.B.Chrisey, G.K.Hubler : "Pulsed laser deposition of thin films", Jhon Wiley & Sons, Inc (1994)
- (17) Y-S.Jin, T.Shibata, Y.Matsuda, H.Fujiyama : "Effects of nitrogen ion beam irradiation on a-C and CN_x thin films ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.37, L1260 (1998)

青木 振一

(正員) 1957年3月28日生まれ。83年3月筑波大学大学院理工学研究科修士課程修了。85年2月沼津工業校等専門学校電気工学科助手、87年同講師、93年同助教授、97年4月熊本工業大学工学部電気工学科助教授、現在に至る。プラズマレーザによる高硬度薄膜作製プロセスの開発に関する研究に従事。応用物理学会、日本物理学会、情報処理学会、応用数学会会員。

池上 知顯

(正員) 1955年9月1日生まれ。80年3月九州大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月同大学工学部電気工学科助手、88年4月熊本大学工学部電気情報工学科助手、90年2月同助教授、96年7月より1年間ミシガン州立大学客員助教授、現在に至る。レーザ誘導放電、レーザによる酸化物超伝導体薄膜作製プロセスの開発、太陽光発電などに関する研究に従事。工学博士。応用物理学会、プラズマ・核融合学会、IEEE会員。

蛭原 健治

(正員) 1941年10月27日生まれ。67年3月九州大学大学院修士課程修了。同年大阪市立大学理学部助手、69年山口大学工学部講師、75年熊本大学工学部助教授、84年2月同教授、現在に至る。高温超伝導薄膜作製プロセスの開発と超伝導の応用、プラズマプロセス工学に関する研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、応用物理学会、静電気学会、日本物理学会、MRS学会会員。