

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」
研究課題「高エネルギー密度プラズマフォトンクス」

研究終了報告書

研究期間 平成18年 8月～平成23年 3月

研究代表者：兒玉 了祐
大阪大学大学院工学研究科、教授

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

高エネルギー密度プラズマフォトンクスという新しい概念のもとで、従来取り扱うことが困難であった桁違いに高い強度の光や高エネルギー密度の粒子ビームを直接制御できる新しい光機能性素子として、新概念のプラズマフォニックデバイスの開発を行った。

大阪大学、電気通信大学、宇都宮大学が、それぞれの実績と技術をもとに有機的に連携協力した体制のもとで(1) 高エネルギー密度電子ビーム制御プラズマ、(2) 光制御・光分散プラズマ、(3) 電磁波発生プラズマに関する研究を進めた。具体的には大阪大学のレーザー・プラズマ制御技術、電気通信大学の精密測定技術、宇都宮大学の繰り返しパルスパワー技術の連携として以下の成果が得られた。

[光制御・光分散プラズマと機能性評価]

プラズマミラーは、固体からプラズマに変化させる過程を理解したうえでその機能を生かすことができる。そのため固体-プラズマ中間体の理解なしにミラー開発はできない。また開発したミラーをフォトンクスとして将来展開するためには繰り返し動作が必要である。これら一連の研究は連携によりはじめて可能であった。

- ☞プラズマミラーに不可欠な固体-プラズマ中間体のデータベース構築(電通大)
- ☞新しい集光プラズマミラーによる高強度集光の実証と応用(大阪大)
- ☞相対論振動プラズマミラーによる高エネルギー電子生成(大阪大)
- ☞金属液体ターゲットによる高繰り返し動作可能なプラズマミラーの開発(電通大)
- ・レーザー誘起プラズマファイバーのダイナミクスと応用(大阪大)
- ・電磁誘導透過を利用したプラズマ複素屈折率制御(大阪大・宇都宮大)
- ・高気圧放電プラズマを用いたプラズマグレーティング(電通大)

[電子ビーム制御プラズマと機能性評価]

プラズマミラーと同様の理由で連携は不可欠であった。

- ☞電子ガイドプラズマに必要な固体-プラズマ中間体のデータベース構築(電通大)
- ☞超高強度レーザー生成相対論電子ビーム制御プラズマの生成と特性(大阪大)

[電磁波発生プラズマと機能性評価]

- ・レーザー誘起 MeV 電子による X 線、テラヘルツ発生プラズマ評価(大阪大)
- ・DARC(dc to ac radiation converter)による高輝度テラヘルツ光源開発。(宇都宮大)
- ・フラッシュ電離によるテラヘルツ電磁波の周波数上昇(宇都宮大、大阪大)
- ・2波長レーザー励起プラズマによる高輝度テラヘルツ波発生(大阪大、宇都宮大)

[レーザー以外の基盤技術共同開発]

各グループの持つ技術と実績を連携させることで効率的に共通基盤技術を構築することができた。

- ☞シングルショットテラヘルツ波パルス測定器(大阪大、宇都宮大)
- ☞マイクロパルスパワーによるパルス磁場発生(電通大、大阪大、宇都宮大)

また開発した一部のデバイスに関しては、応用研究に展開することでデバイスとしての重要性を明らかにした。

(2) 顕著な成果

1. 高速集光用プラズマミラーの開発と応用

概要:新しいプラズマ集光ミラーの幾何学配置を考案し、高精度集光を実現し、従来の10倍以上高い集光強度を実現できた。その結果、米仏英から共同研究依頼が多数来ただけでなく、真空非線形光学の切り拓くツールとして期待されている。これらの成果は、Opt. Lett. 2010, Phys. Rev. Lett.2011 に掲載。

2. レーザー誘起プラズマファイバーのダイナミクスと応用

概要:レーザーで誘起されるプラズマファイバーのダイナミクスを独自開発のサンプリングカメラ(30ps 時間分解能)で初めて明らかにした。さらにプラズマコリメーターとプラズマファイバーにより最も安定したレーザー航跡場加速電子ビームを実現した。これらの成果は、Nature. Phys. 2010, Appl. Phys. Lett.2010 に掲載。

3. 高気圧放電プラズマを用いたプラズマグレーティング

概要: 高気圧放電による励起ガスをレーザーで励起させ、屈折率の粗密を生成させることで、再生可能で高い強度まで使用可能なプラズマ回折光学素子の原理実証に成功した。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

高エネルギー密度プラズマフォトンクスという新しい概念のもとで、従来取り扱うことが困難であった桁違いに高い強度の光や高エネルギー密度の粒子ビームを直接制御できる新しい光機能性素子の可能性を探求した。そのために、高エネルギー密度プラズマをコヒーレントに制御したり、規則性を維持した過渡的な状態を利用した。このようなプラズマをコヒーレント高エネルギー密度プラズマとして位置づけ、新概念のプラズマフォニックデバイスの開発を行った。超高強度レーザーによる高エネルギー密度プラズマデバイス開発は、単に新技術の開拓だけではなく、わが国オリジナルなプラズマフォトンクスというレーザー光学、ビーム光学、プラズマ物理学、固体物理学の境界領域の学問開拓も目指した。

超高強度レーザーを利用したプラズマフォニックデバイスの実現を目指し、大阪大学、電気通信大学、宇都宮大学が、それぞれの実績と技術をもとに有機的に連携協力した体制のもとで(1) 高エネルギー密度電子ビーム制御プラズマ、(2) 光制御・光分散プラズマ、(3) 電磁波発生プラズマに関する研究を進めた。このために、既存の3システム(20TW 高出力レーザーシステム・大阪大学、100Hz ポンプ&プローブレーザーシステム・電通大、パルスパワーと1TW レーザーシステム・宇都宮大)を有機的に活用した。

上記連携協力のもとで、3つのフェーズを設定し超高強度レーザーを利用したプラズマフォニックデバイスの実現を目指した。

第1フェーズ

デバイス開発につながる基礎要素技術として機能性をもった様々なコヒーレント高エネルギー密度プラズマを実現することである。同時にデバイス開発に必要な基礎データベースの構築を行った。

また本研究計画を推進するため、既存のレーザー整備を行った。

第2フェーズ

高エネルギー密度電子ビーム制御プラズマ、光制御・光分散プラズマ、電磁波発生プラズマなどコヒーレント高エネルギー密度プラズマを実現し、デバイスとしての機能性を明らかにした。

第3フェーズ

得られた成果をもとに、それらを利用した応用展開を実施したり理論的に検討することでデバイスとしての総合評価を行った。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

本研究は、ほぼ計画通りに進められた。特に集光用の新しいプラズマミラーに関しては世界的に高く評価され、英米仏独の研究所から共同研究依頼があった。JST 国際強化支援策により英・仏の装置利用により共同研究を進め成果が得られたことは当初予定以上であった。さらに理論的な研究の結果、当プラズマミラーが真空非線形光学という全く新しい領域を切り拓く

重要なツールとなることが明らかになったことは、当初まったく予想していなかった。

§ 3 研究実施体制

(1)「兒玉」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
兒玉 了祐	大阪大学	教授	H18.10～H23.3
近藤 公伯	大阪大学 日本原子力研究開発機構	准教授 主任研究員	H18.10～H21.3 H21.4～H22.3
Chen Zeng Lin	大阪大学	特任研究員	H18.10～H21.11
Jin Zhan	大阪大学大学院工学研究科	特任研究員 特任助教	H19.4～H20.11 H20.11～H23.3
犬伏 雄一	大阪大学	特任研究員	H19.4～H21.9
中堤 基彰	大阪大学 仏国エコールポリテクニク	院生 研究員	H18.10～H20.3 H20.4～H23.3
中村 浩隆	大阪大学	院生	H18.10～H20.3
西田 明憲	大阪大学	院生	H21.4～H23.3
今 亮	大阪大学	院生	H21.4～H23.3
木村 泰子	大阪大学	技術補佐員	H20.11～H23.3
木村 友亮	大阪大学	院生	H21.4～H22.9
宮西 宏併	大阪大学	院生	H21.4～H23.3
水田 好雄	大阪大学	院生	H21.4～H23.3
申定訓	大阪大学	院生	H21.4～H23.3

② 研究項目

- ・高エネルギー密度電子ビーム制御プラズマデバイス、
- ・光制御・光分散プラズマデバイス
- ・電磁波発生プラズマデバイス

(2)「米田」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
米田 仁紀	電気通信大学	教授	H18.10～H23.3
武者 満	電気通信大学	助教	H18.10～H23.3
北村 光	京都大学	助教	H18.10～H23.3

② 研究項目

- ・光分散プラズマデバイスの研究

(3)「湯上」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
湯上 登	宇都宮大学	教授	H18.10～H23.3
東口 武史	宇都宮大学	准教授	H18.10～H23.3
李 昆	宇都宮大学	非常勤研究員	H18.10～H20.3
大畠 伸夫	宇都宮大学	院生	H18.10～H20.3

大塚崇光	宇都宮大学	院生	H22. 4～H23.3
------	-------	----	--------------

③ 研究項目

- DARC を用いたテラヘルツ電磁波増幅プラズマデバイスの開発
- 電磁波とプラズマとの相互作用によるフォトニクスデバイスの開発

§ 4 研究実施内容及び成果

4.1 光制御プラズマデバイスに関する研究(大阪大学 児玉グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい:

従来取り扱うことが困難であった桁違いに高い強度の光を直接制御できる新しい光機能性素子の可能性を探求した。そのために、プラズマミラー、レーザー誘起プラズマファイバーの開発とともにその有効性を明らかにした。

② 研究実施方法:

米田グループの固体-プラズマ中間体のデータベースなども取り入れながら、プラズマミラーの最適化を図った。大阪大学の 20TW 高出力レーザーシステムだけでなく国際化支援事業により海外の装置も有効に利用した。さらに有効性を明らかにするために開発したプラズマミラーの応用実験・理論的評価を行った。さらにフォトニクスとして将来展開するためには繰り返し動作に関しては、米田グループと連携し大阪大学ではシングルショットベースに機能性や有効性の実証に集中した。

③ 得られた成果

(ア) 高速集光用プラズマミラーの開発に関する研究

主要論文: Opt. Lett. 35(2010) 2314; Phys. Rev. Lett. 107, (2011) 073602.

ワーキングディスタンスの制約やプラズマデブリの問題から光学系のF値に制限があった超高強度レーザーの集光光学系を、図1に示すように新しく考案したプラズマ集光ミラーの幾何学配置により大きく改善できることを、世界に先駆けて実証した。従来の集光強度の 10 倍以上高い集光強度を実現することができた (Opt. Lett. 35(2010) 2314)。

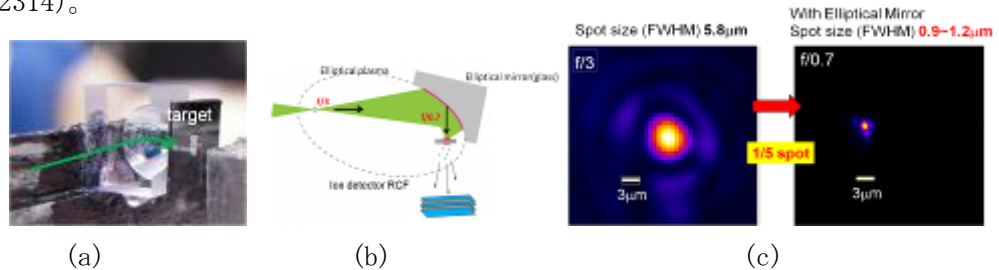
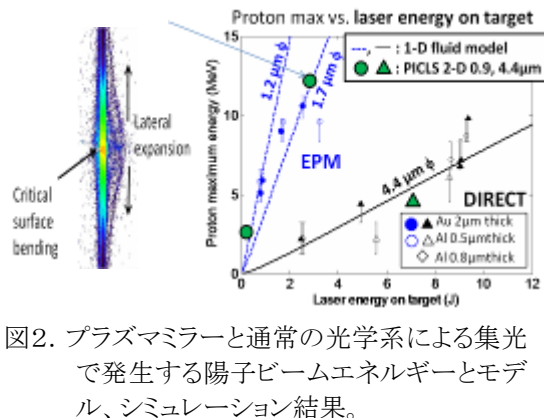


図1. (a)高速集光用プラズマミラーと(b)幾何学配置。(c)通常の集光光学系による集光スポットとプラズマミラーによる集光スポット。

さらに図2に示すようにプラズマ集光ミラーで発生する高エネルギー陽子ビームの結果と2次元数値シミュレーションおよび1次元解析モデルなどとの比較を行った。スポット径を極端に小さくすることでこれまで見られなかった2次元効果による加速粒子エネルギーの低減や磁場効果による閉じ込め効果などが現れることが明らかになった。図2. プラズマミラーと通常の光学系による集光で発生する陽子ビームエネルギーとモデル、シミュレーション結果。



さらに本プラズマ集光ミラーの応用と

非線形効果の検証実験への適用性について評価を行った。高次高調波に関して、100TW のレーザーで集光強度 $7 \times 10^{20} \text{ W cm}^{-2}$ が期待でき、コヒーレントな 5keV 高次高調波で $>10^{10}$ photons/str 程度放射できる可能性が理論的明らかになった。

また超高強度レーザーと真空の非線形光学現象が集光角に強く依存することを理論的に明らかにし、図3で示すように本CRESTで開発した高速集光用プラズマミラーの利用により 100PW のレーザーで真空と光の非線形相互作用を観測できる可能性を理論的に明らかにした。(Phys. Rev. Lett. 107, (2011) 073602)

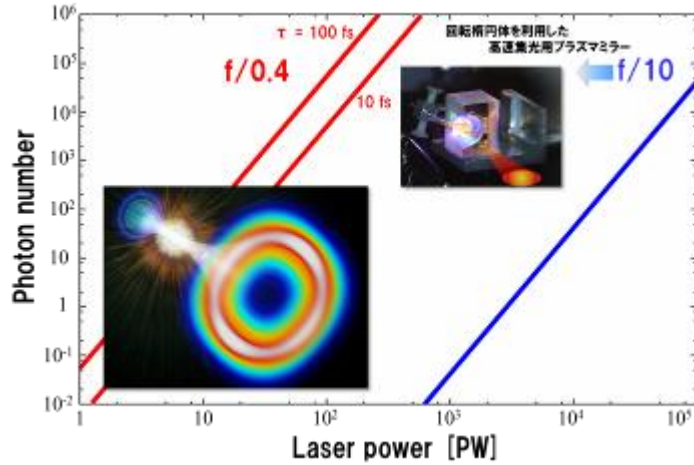


図3. 従来の集光光学系と高速集光プラズマミラーで、超高強度レーザーを真空に集光したときに、真空との非線形相互作用で発生する光子数の理論計算結果

(イ) 相対論振動プラズマミラーの開発に関する研究

主要論文: Phys. Rev. Lett. 102, (2009) 45009.

プラズマミラーを相対論強度のレーザー光で使用すると、反射面はレーザーのポンドラモードで相対論的速度で 2ω の振動を起こす。結果として反射光は強い変調を受ける。スペクトル変調を受けた反射光は、X線領域に至る高調波となる(Nature Physics 2,(2006)456)。さらに相対論振動するプラズマミラーで反射する光は時間的にも変調を受けることで、効率的に高いエネルギーの電子ビームを発生することを初めて明らかにした(図4(a))。さらに、コーンガイド型のプラズマミラー内に置いて、この相対論振動するプラズマミラーで時間変調を受けた反射光により発生する加速電子の生成・伝搬と加熱の詳細を実験およびシミュレーション(図4(b))で明らかにした。(Phys. Rev. Lett. 102, (2009) 45009)

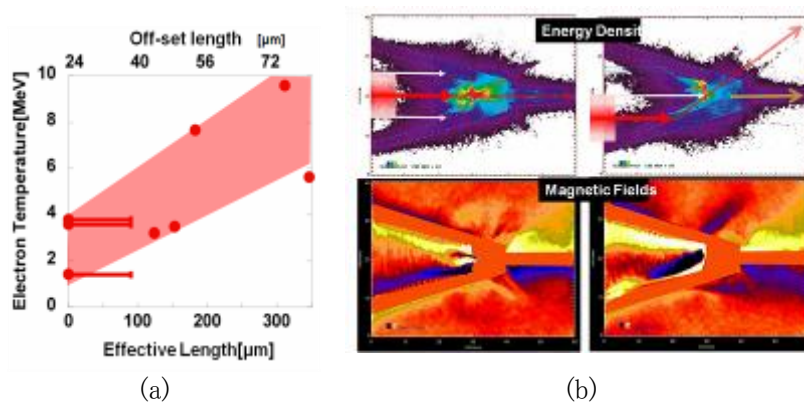


図4. (a)相対論振動プラズマミラーによる反射光で加速する電子温度(実験)と(b)反射光で発生する加速電子の生成と伝搬のシミュレーション

(ウ) レーザー誘起プラズマファイバーダイナミクスと応用に関する研究

主要論文: Nature Phys. 6, (2010) 1010; Appl. Phys. Lett. 96, (2010) 121501.

高強度レーザーとプラズマの相互作用でプラズマ中の屈折率が非線形に変化することでプラズマ中に導波路(ファイバー)を作ることができる。従来、単独で存在するプラ

プラズマ導波路に関しては調べられてきたが、複数のプラズマ導波路が同じプラズマ中に存在するモードでのダイナミクスに関しては殆ど調べられていなかった。ところが、長いレーザー航跡場による電子加速を目的とした長尺プラズマファイバー光ガイドや後述するテラヘルツ波発生プラズマなどのようにコヒーレンと結合を目的に複数のレーザー導波路を形成させる場合、導波路自体のダイナミクスを理解することは必要不可欠である。我々が独自に開発した超高速(数 10psec)のサンプリングカメラにより複数ビームによるプラズマ導波路のダイナミクス(図5)を初めて観測することに成功した。(Nature Phys. 6, (2010) 1010)

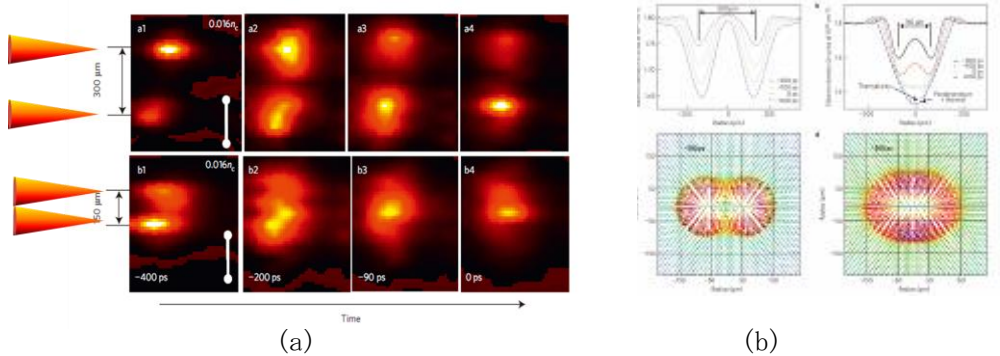


図5. 2ビームレーザーによるプラズマ導波路のダイナミック(a)計測結果と(b)シミュレーション結果。

さらに図6に示すようにプラズマファイバーの理解のもと安定した自己生成長尺プラズマ光ガイドによる電子加速にも成功している。(Appl. Phys. Lett. 96, (2010) 121501)

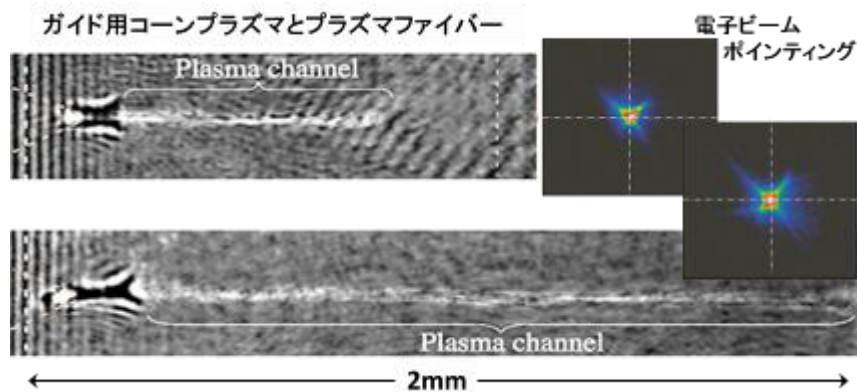


図6. (a)自己生成コーンプラズマとプラズマファイバーの干渉イメージと(b)それによりガイドされた超高強度レーザーで生成した電子ビームのイメージ。

(エ) 電磁誘導透過現象を利用した高密度プラズマ複素屈折率制御に関する研究

主要論文: Phys. Rev. E 80, (2009) 025402(R).

電子プラズマ波と電磁波の干渉効果(電磁誘導透過)を利用することで、高密度プラズマの複素屈折率制御の可能性を理論的に評価した。またこれにより従来取り出すことができなかった超臨界密度からのイオン音波による電磁波発生の可能性を理論的に評価した。超高強度レーザーとプラズマとの相互作用実験で実証するために、励起光のスペクトル波形、パルス波形、プラズマの不均一性、などを考慮した数値計算コードを作成した。これにより、励起強度、プラズマ密度とその分布などのパラメーターにより、プラズマの複素屈折率を評価し実験条件を明らかにした。その結果、図7に示すようにレーザー強度 10^{17}W/cm^2 以上であればテラヘルツ波を観測できる可能性があることがわかった(Phys. Rev. E 80, (2009) 025402(R))。またこれを実験的に明らかにするために

は、高速なシングルショットテラヘルツ波計測器が必要不可欠であり、EO 素子とエシエロン板を用いたシングルショットテラヘルツ診断装置(時間分解能:94fs)を開発した。これによりプラズマにおける電磁誘導透過現象の実証へ向けた実験を行ったが、現時点では検証できていない。

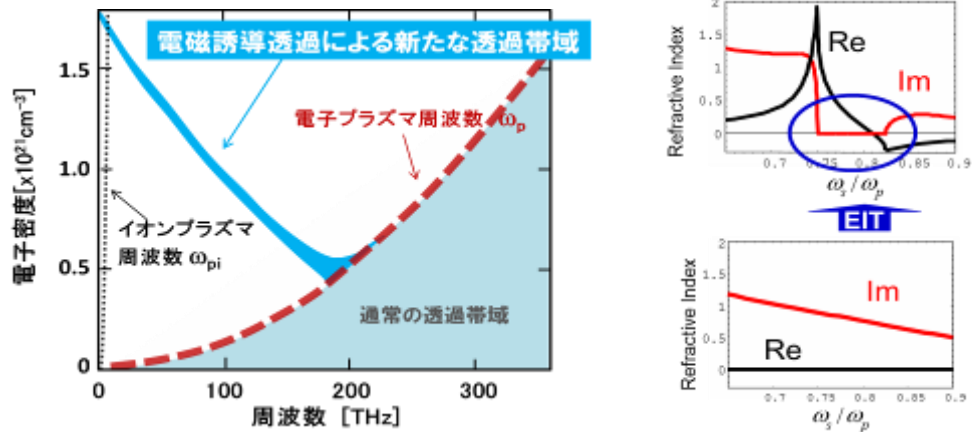


図7.電磁誘導透過による高密度プラズマ複素屈折率変化と電磁波透過帯域

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究で開発した高速集光用プラズマミラーにより、従来のパワーレーザーの集光強度を1ケタ以上、上げることができた。その成果は国際的にも高く評価されており、今後も国際共同研究が継続するものと考えられる。さらに超高強度レーザーと真空の相互作用において集光角度が極めて重要であり、本デバイスは真空非線形光学を切り拓く上で極めて重要なツールとなると考えられる。さらに本集光用ミラーと相対論振動プラズマミラーを組み合わせることでテーブルトップクラスのレーザーで keV 領域高次高調波発生が期待でき XFEL シード光をはじめ様々な応用展開が期待できる。

レーザー誘起プラズマファイバーは、レーザー航跡場電子加速に必要不可欠である。これによる安定な電子ビームは今後、フェムト秒の現象をとらえることができる極短バンチ電子顕微鏡や短パルス X 線、テラヘルツ源をはじめとした応用に展開されるものと考えられる。

4. 2 電子ビーム制御プラズマデバイスに関する研究(大阪大学 児玉グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい:

従来取り扱うことが困難であった桁違いに高い電流のレーザー生成高エネルギー密度電子を直接制御できるプラズマデバイスの可能性を探求した。そのために、電子ビーム制御を実証するとともにその物理機構を明らかにした。

② 研究実施方法:

米田グループの固体-プラズマ中間体のデータベースなども取り入れながら、高密度プラズマによる電子ビームガイドに最適な物質検討した。大阪大学の 20TW 高出力レーザーシステムだけでなく国際化支援事業により海外の装置も有効に利用した。

③ 得られた成果

(ア)固体密度ワイヤープラズマデバイスによる高密度電子ビーム制御に関する研究

主要論文:Nature Physics 3, (2007) 853

レーザー生成高エネルギー密度電子ビームを効率よく直接制御するデバイスとしてワイヤープラズマデバイスがある。このデバイスで電子ビームをガイドするうえでプラズマ中の逆起電流の振る舞いや伝導率を決定する自己加熱機構を理解することが重要である。ワイヤー加熱をプラズマ拡がり計測(図8(a))やシミュレーション(図8(b))により

調べた。その結果、ワイヤーの表面での逆起電流やこれによるオーム加熱の重要性が明らかになった。(Nature Physics 3, (2007) 853)

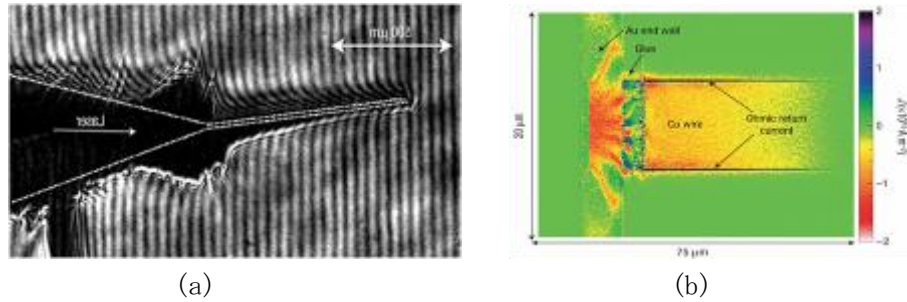


図8. (a)プラズマ拡りを示す干渉像と(b)加熱の詳細を示すシミュレーション

さらに、ワイヤーデバイスにおける高密度相対論電子ビームガイドに重要な電界分布の計測を超高強度レーザー励起プロトンビームによるバックライト法により実施。ワイヤーに沿って電子がガイドされ伝搬していく様子を数 psec の時間分解で直接観測することに初めて成功した(図9)。またワイヤーの導電率の違いにより電界のでき方が異なることがわかった。さらに銅のワイヤーにおいては電界分布が不均一であることがわかった。

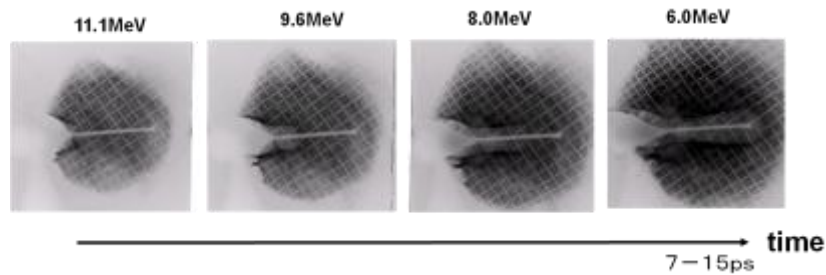


図9. ワイヤーデバイスを伝搬する高密度相対論電子による静電場の光速伝搬をレーザー励起プロトンビームでバックライトした像

(イ) 超高密度シリンダープラズマにおける高密度電子ビームガイドに関する研究

主要論文: Phys. Rev. Letts 100, (2008) 165001

中空シリンダーを爆縮し固体密度の 5-10 倍程度の高密度柱状プラズマを作り、真空領域との境界が固体の場合のそれより大きな密度勾配をもった超高密度プラズマ中での高エネルギー密度電子ビームガイドを初めて実証しそのメカニズムを明らかにした。固体ワイヤーでは電子ビーム自己生成静電場によ

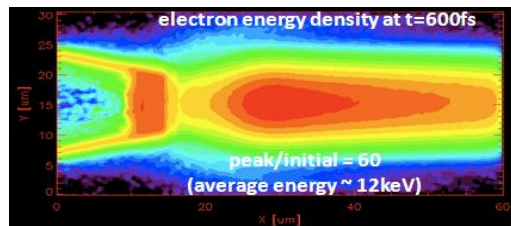


図 10. 2 次元粒子シミュレーションによる高密度シリンダープラズマ中での高エネルギー電子密度分布

る閉じ込め効果が支配的であったが(Nature 432,(2004)1005)、密度勾配の大きな高温高密度プラズマ中では静電場は固体の 1/10 以下となり代わりに自己生成磁場による閉じ込め効果が重要であることが初めて明らかになった(Phys. Rev. Letts 100, (2008) 165001)。図10のように超高密度プラズマにおいても高エネルギー密度電子ビームは電子ビーム自己生成静電場による閉じ込められガイドされる。現象的には、固体密度ワイヤープラズマにおける高エネルギー密度電子ビームガイドと同じであるが、閉じ込めとガイドの物理機構が異なることを初めて明らかにした。

(ウ) レーザー生成高密度電子ビーム集光に関する研究

主要論文: 2011年度投稿予定

超高強度レーザーと固体薄膜との相対論的相互作用により、容易に高密度の MeV 領域の高エネルギー密度電子ビームが生成する。通常、この高エネルギー密度電子ビームは20–30度という大きな広がり角を持って真空中に放出される。また薄膜裏面において、真空と固体の境界面に強い静電場を自身で作るため、電子ビームの放出割合は、生成電子ビームの数%以下に落ちる。その真空中に放出されない電子のエネルギーは、自己静電場を介して薄膜裏面のイオンを加速するエネルギーに多くが変換される。これに対して、我々は薄膜裏面をプラズマ化することで密度勾配を緩やかにし薄膜裏面に生成される自己静電場を極端に抑えることで、従来の放出割合の10倍以上の電子ビームを真空中に取り出すことに成功した。さらに薄膜裏面の形状を球面に変化させることで、発生電子の広がり角を直接制御し集光させることに初めて成功した。この結果、従来に比べ3ケタ程度高い電子ビームのエネルギー密度を得ることができた。

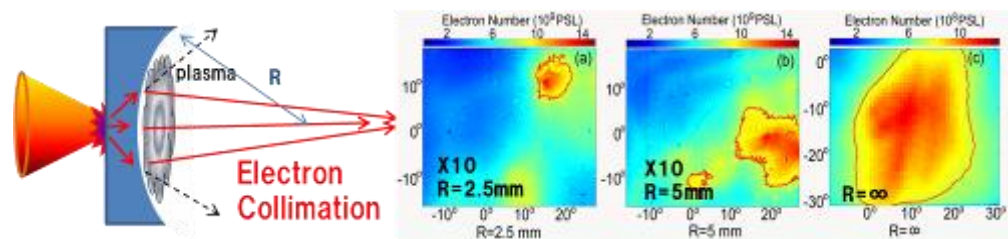


図 11. 湾曲プラズマデバイスによるレーザー生成高エネルギー密度電子ビーム収束を示す電子ビームパターン。湾曲率 R により収束率が変化している。

(2) 研究成果の今後期待される効果

本研究により、従来制御が困難と思われていた超高強度レーザー高エネルギー密度電子ビームを高密度プラズマで直接制御し、高いエネルギー密度状態の電子ビームを伝搬できることが実験的に明らかになった。この成果を、後述する高輝度電磁波発生プラズマデバイスに高密度電子ビームをガイドすることでこれまでになく高効率で高輝度の電磁波源が期待できる。

4. 3 高強度電磁波発生プラズマに関する研究(大阪大学 児玉グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究のねらい:

従来取り扱うことが困難であった桁違いにレーザー光やレーザー生成高エネルギー密度電子を直接制御し、これによりテラヘルツ波から X 線領域の高強度電磁波を発生させるプラズマデバイスの可能性を探求した。

② 研究実施方法:

上記、光や電子ビームを制御するデバイス開発と並行して理論的な評価を中心に研究を展開した。またデバイスとしての開発が進んだものから応用展開を図りその有効性を明らかにした。

③ 得られた成果

(ア) レーザー誘起 MeV 電子による高輝度 X 線発生に関する研究

主要論文: *Phy. Rev. E* **79**, (2009) 036408

超高強度レーザーと固体との相互作用で発生する高エネルギー密度電子ビームを細線プラズマでガイドし、小さな領域から X 線を効率よく発生させることは、X 線シャドウグラフなどイメージング用の光源として重要な要素技術となる。この観点に立ち、細線プラズマにドット状の X 線エミッターを配置した微小多点光源の実証と細線プラズマか

らの X 線をイメージング用光源として利用することでその性能評価を行った。

マイクロドットの銅とニッケルを細線プラズマに X 線エミッターとして配置としたコーンワイヤーターゲット(図12(a))からの keV 領域 X 線放射を調べた。レーザーが照射されたコーン先端と共に、銅、ニッケルからの発光が確認された(図12(b))。また、同時に計測した X 線スペクトルから、これらの発光がそれぞれの keV 領域 $K\alpha$ -X 線であることが確認された。この結果、コーンターゲットで生成された高エネルギー密度電子ビームが細線プラズマにガイドされミリメートルの距離を伝播し、 $K\alpha$ 線を発光させることが可能であることが明らかとなった。ただしエミッターのサイズが小さく、現時点で X 線総量がイメージングには、まだ十分ではないことも明らかになり、今後、効率向上が必要である。また計算より本方式で期待できる keV 領域 $K\alpha$ -X 線の時間幅は 50fs 以下であることが明らかになった。通常、50fs 程度のレーザーと固体との相互作用で発生する keV 領域 $K\alpha$ -X 線では、自己静電場による高エネルギー電子の recycling によりピコ秒程度まで発光時間が広がる。しかし、本方式で電子ビームをガイドすることで 50fs の keV 領域 $K\alpha$ -X 線が予測され(図12(c))、高い時間分解能をもったイメージングを可能にするポテンシャルはがあることが解った。

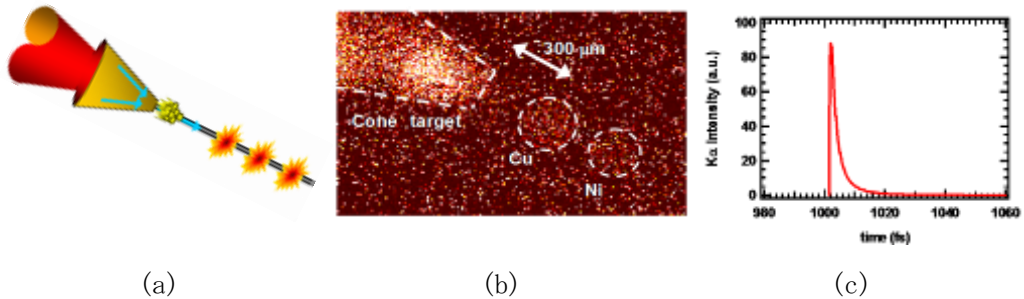


図12. 高速多点X線源の原理図と $K\alpha$ -X 線像(実験)と高速多点源からの X 線パルス時間波形(数値計算)

超高強度レーザーと固体との相互作用で発生する高エネルギー密度電子を細線プラズマでガイド或いは閉じ込めることで、従来の平板ターゲットとの相互作用で発生する keV 領域 X 線の光源としての特性が改善できる可能性がある。10 μ m のワイヤーと平板にレーザーを集光し発生する X 線によるイメージングを試みた。ワイヤーデバイスでは電子が細線プラズマにガイドされ小さな発光体となるため、単純に平板にレーザーを集光するより高い空間分解(10 ミクロンオーダー)が得られることが実験的にも明らかになった(図13(a))。またこの X 線を利用し、レーザー駆動衝撃波が固体中を伝搬の様子(図13(b))を 10ps の時間分解で撮影することに初めて成功した (Phy. Rev. E 79, (2009) 036408)。

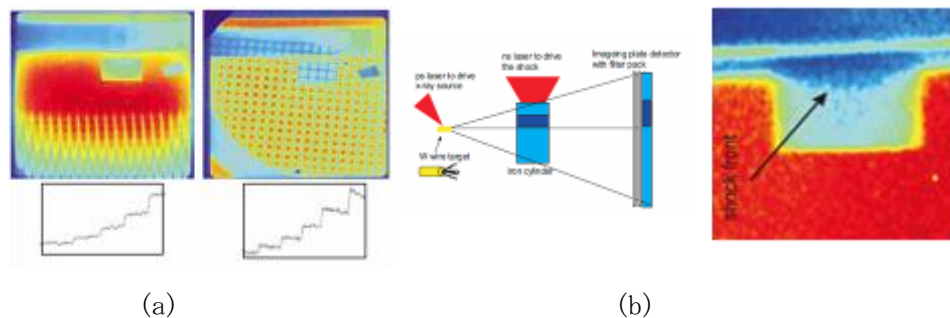


図13. (a)平板(左)とワイヤーターゲット(右)から発生する X 線によるメッシュバックライト像。ワイヤーからの X 線による高い空間分解が得られた。(b)これを利用した固体中を伝搬するレーザー誘起衝撃波 X 線シャドウ。

(イ)レーザー誘起 MeV 電子による高輝度テラヘルツ波発生に関する研究

主要論文:J. Phys. 112, (2008) 022087, Phys. Rev. Lett. accepted (2011).

超高強度レーザーと固体との相互作用で発生する高エネルギー密度電子ビームを図14(a)に示すように周期構造(グレーティング)がある金属ターゲット中に伝搬させることで、高輝度の擬似スミスパーセル電磁波放射(J. Phys. 112, (2008) 022087)を初めて実験的に観測した(図14(b))。このような周期構造プラズマデバイスを伝搬する高エネルギー密度電子が図14(c)で示すように自己生成電場によりガイドされつつ導体に閉じ込められることでよりエネルギー密度の高い電子量が可能になることが明らかになった(Phys. Rev. Lett. accepted (2011))。この実験結果をもとに擬似スミスパーセル電磁波放射によるテラヘルツ波を観測することに初めて成功した。さらに電磁放射を数値シミュレーションで評価し 10TW 級テーブルトップ超高強度レーザーで GW 級の指向性を持ったテラヘルツ波発生が、期待できることが分かった(図14(d))。

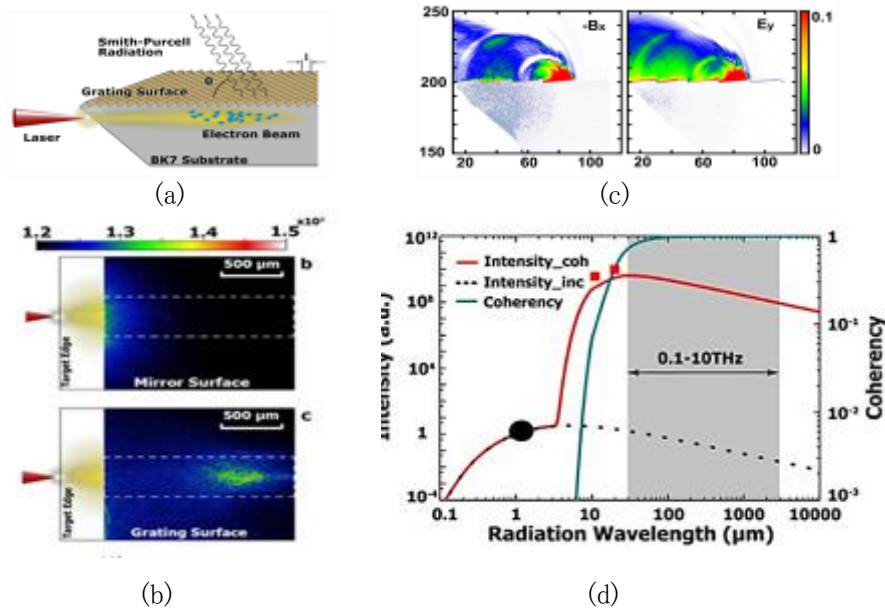


図14. (a)レーザー誘起電子ビームによるスミスパーセル放射の原理(b)グレーティング面と平面から放射(c)グレーティング構造を持った導体近辺での電子ビームガイドを誘起する自己生成電場と磁場(計算)(d) スミスパーセル放射の実験点とテラヘルツ領域の相対強度(計算)

図15に示すようにレーザー生成高エネルギー密度電子ビームをプラズマデバイスでレーザートリガーマイクロパルスパワーを利用したパルス磁場領域にガイドすることで、高輝度テラヘルツ電磁波発生超小型シンクロトロン放射源の実現を試みている。小型パルス磁場で 20-30T を実現できた。これに前述の高エネルギー密度電子ビームを結合させてテラヘルツ波の検出実験を行っている。(2011.10 現在)

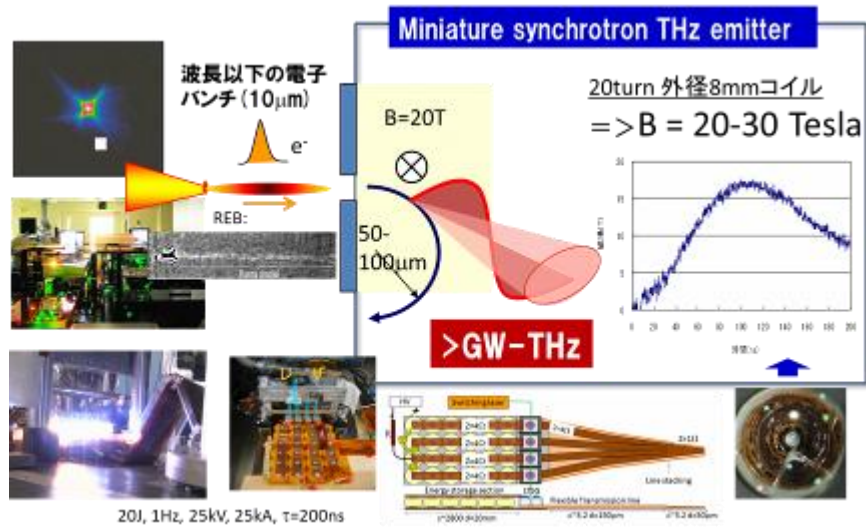


図15. プラズマファイバーによる電子ビーム生成とマイクロパルスパワーによるパルス磁場を組み合わせた高輝度テラヘルツ電磁波発生超小型シンクロトン放射源の原理と必要な要素技術

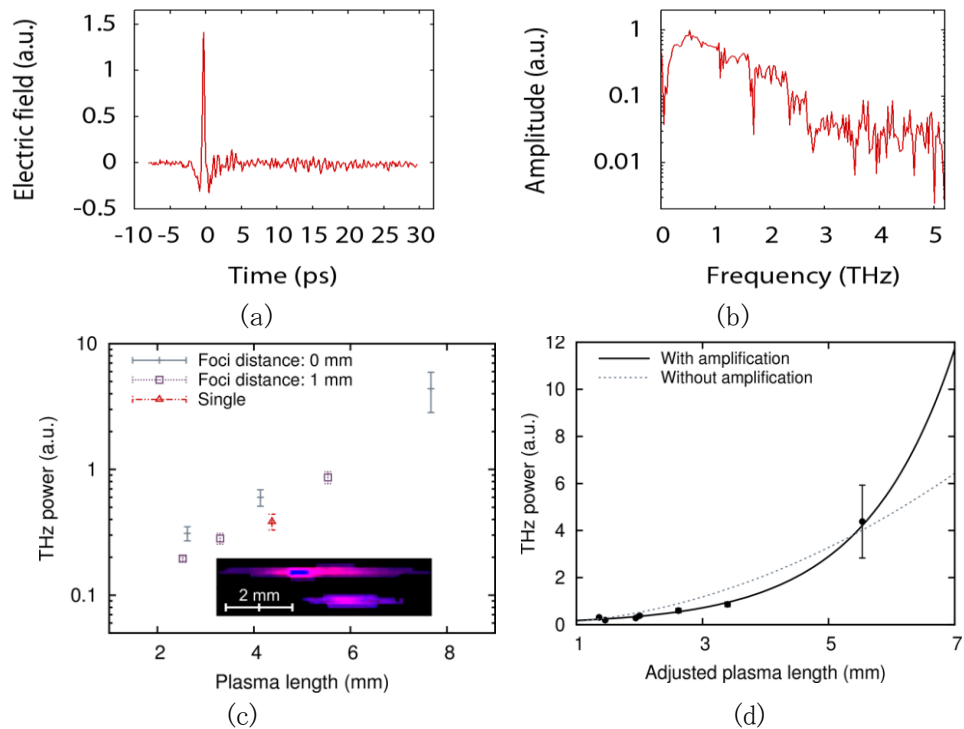


図16. 2波長レーザーで生成されたプラズマからのテラヘルツ波の(a)シングルショットパルス波形(半値全幅:200fs)と(b)フーリエ変換で得られたスペクトル(周波数分解能:0.013THz)。(c)励起プラズマの長さを変えたときのテラヘルツ波強度変化。(d)テラヘルツ波強度のプラズマ長に対する変化の実験結果と増幅の効果の有無におけるモデル計算結果

(ウ) プラズマファイバーを利用した高輝度テラヘルツ波発生・増幅に関する研究

主要論文: Appl. Phys. Lett. 投稿 (2012)

超高強度2波長レーザーによる非対称周期性電離プラズマによるテラヘルツ電磁波発生に適した双極子列の生成を行いテラヘルツ波の発生・増幅の可能性を実験的に明らかにした。50fsの基本波と第2高調波を同軸上に集光し、2波長集光収差を利用した位相変調により電子を加速することでテラヘルツ域の電磁波を発生させることに成功した(図16(a),(b))。励起用の2波長レーザーの位相、強度などを変化させ発生効率の最適化を行った。

さらにこれをもとに2つのコヒーレンと結合に関する実験を行い将来のテラヘルツ波増幅デバイスの可能性を実験的に明らかにした。波長程度もしくはそれ以下の距離で横方向に離れた場所にこのテラヘルツ発生プラズマを2つ生成し、横方向のコヒーレンと結合を行った。その結果波長以下の距離離れた場合、2つの光源からの照射強度は、2倍ではなくほぼ4倍となり2つのプラズマ間で電磁波の結合が起こったことを示す実験結果が得られた。もう1つは、2つの媒質を軸方向に2つ配置する縦方向のコヒーレント結合に関する実験を行った。図16(c)に示すようにテラヘルツ波強度がプラズマの長さに非線形に増加した。図16(d)に示すように、プラズマ中での吸収・増幅を取り入れた伝搬モデルでその増加が説明でき、テラヘルツ波が増幅したことを示す初めての実験結果である。

(2)研究成果の今後期待される効果

電磁波発生デバイスは、高輝度光源として様々な応用が期待される。ここではテラヘルツ波から X 線に至る幅広い光源の可能性を示しており、将来、物性研究、生物研究などの応用が期待できる。また高強度テラヘルツ波および増幅の可能性を示した成果は、将来、TWクラスの超高強度テラヘルツ波が期待できる。

4.4 光分散プラズマデバイスの研究(電気通信大学 米田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい:

コヒーレント高エネルギー密度プラズマによる光分散プラズマデバイスを開発する。さらに新たな物性を持つ固体-プラズマ中間体(warm dense matter)の基礎特性として、その複素誘電率、状態方程式、金属の臨界点などのデータを実験的に決定、詳細物理モデルなどから具体的なプラズマフォトンクスデバイスを設計、原理実証実験を行なった。また、それらの物理的、技術的知見をもとに効率的かつ高出力で行える光分散プラズマデバイスの開発を行なった。

② 研究実施方法:

本研究では、超短パルスレーザーを利用した、固体-プラズマ中間体の基礎特性を明らかにするための白色光エリプソメトリ手法を用いた。また、実際のプラズマフォトンクスデバイスを構成する手法として、高密度放電プラズマデバイスを基礎媒質として、その放電により準備された励起状態に上げられた媒質に対してパルスレーザーを照射し、分散を制御するデバイスを開発した。

③ 得られた成果

(ア) Warm dense matter の研究

主要論文: Plasma and Fusion Research 83, (2007)624; Euro. Phys. J. D 43, (2007) 22.

光分散デバイスをプラズマにより設計するためには、通常自由電子が支配する応答を持つプラズマとは異なる応答性を持ったプラズマを生成させる必要がある。本研究では、原子間相互作用により電子の局在化が制御できる、また、励起状態を保った状態で高密度プラズマを生成できる可能性のある Warm dense matter を対象として考

えてた。この状態では、わずかな温度・密度により光学複素屈折率が大きく変化することがこれまでの研究で明らかになってきたが、対象元素を変え、その波長分散光特性をまず測定し、データベース化する必要があった。そのために、白色超短パルス光を用いたエリプソメトリ測定が可能なポンプ・プローブ計測を用いた。これまでに Li, Al, Si, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Ta, W, Au, Hg, Pb の純金属に対してデータ収集を 500nm~800nm の波長領域で測定を完了している。これらの中には、見掛け上の屈折率が金属から誘電体へ大きく変化するもの(Au, Ag, Cu, Sn)、ほぼ固体密度状態にあるにも関わらず、金属-絶縁体遷移を示しているもの(Zn, Hg, Mo)、また、本来 $\omega=0$ に極値のある自由電子応答から、可視域で強い共鳴状態が1ピコ秒以下で現れるもの(W)など、種々の特徴的な性質をもつものが観測された。

一方、金属の warm dense matter 状態には、気液二相流体領域が含まれる。ここでは、ガス中にクラスタが浮遊したような状態になるために、大きな分極が生じる媒質になる可能性がある。さらに、この 2 相領域は、断熱曲線がこの領域内で平坦になることから、例えば固体表面からレーザー加熱により膨張をさせ、この 2 相流体領域に達すると、音速が0に近くなることで膨張速度が急激に低下し、“壁”のようなものを作る。これは、膨張面に高速で移動する平坦な鏡を自動的に生成させることになり、波長変換、動的に変調する鏡面などのデバイスを構成できることが考えられた。この 2 相流体領域は、温度-密度空間で臨界点を頂点とした上に凸の形状をしているが、純金属でも5つを除いて明らかになっていない。これに対し、本研究では(1)第一原理的な計算から求める手法の開発、(2)臨界点以下の実験データから経験則を使ったフィッティングにより求める手法を開発した。

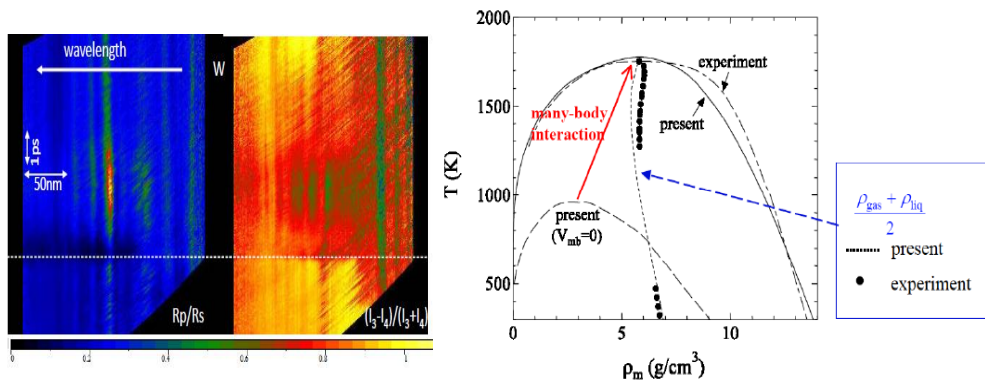


図 17. 左の時間分解スペクトル計測よりタンゲステンの Warm dense matter 領域での光学特性。600nm 付近に強い共鳴がサブピコ秒で現れていることが初めて分かった。右図は第一原理的な計算による 2 相流体領域の計算例

(イ) 高繰り返し対応可能なプラズマフォトニックデバイスの開発

主要論文: Plasma Fusion Research 5, (2010) S2007; Opt. Exp. 17, (2009) 23443.

超短パルスレーザー照射による物質の光学定数を変化させる手法は、これまで最外殻の電子、フェルミ面にある電子のみを対象としていることがほとんどであった。これを内殻電子にまで広げ、なおかつ固体の秩序性が保たれることができれば、真空紫外～X線に対する制御デバイスを構成することが可能になる。この場合、内殻イオン化された原子が固体のような秩序性を保てるかが重要な要素になる。そのため、本研究では、内殻励起された電子を伝導帯電子分布の直上に励起させた場合の、原子の結合状態をクラスタモデルを用いて検証した。その結果、Li 原子9個程度のクラスタで 3 価程度のイオン化が起きたとしても結合状態が準安定的に存在することを明らかになった。このことは、バンド構造という固体特有の特性を保ちつつ光学特性を大きく変えられる可能性を意味しており、高エネルギー光子の制御用デバイスの媒質として利用できることが明らかになった。

一方、光学波長領域の分散デバイスとして Warm dense matter 領域での高速な光学定数変化を利用したものを提案した。その 1 つとして、金属-非金属転移を用いたフェムト秒光スイッチを実現させた。このデバイスの中では、Hg を対象媒体に、反射率が急激に低下することを利用したもので、160fs の照射レーザーのパルス幅が、安定に 100fs 程度まで短縮されるほど高速なスイッチとなっていることが分かった。これにより、これまでの反射率が上昇するプラズマミラーと合わせ、高強度レーザー応用で重要な要素となっているプレ、ポストパルスのクリーニング手法に新しい提案を行った。

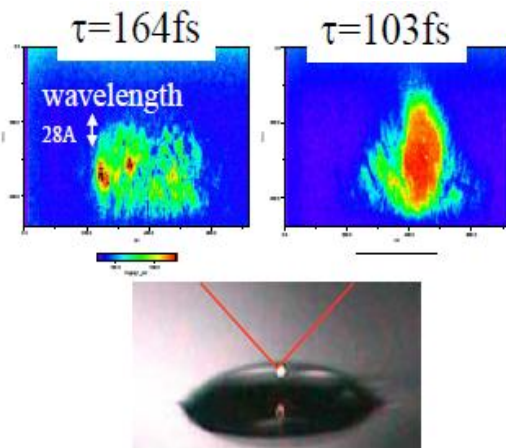


図 18. Warm dense matter 領域での金属-非金属転移を用いたフェムト秒光スイッチ

また、プラズマ媒質をフォトニックデバイスに応用させる場合、プラズマ生成と制御・機能を付けさせる部分を分離した方が、エネルギー効率、機能の多様性などの面で利点がある場合が多い。そこで、高い変調率を期待でき、特殊な環境も必要とせず、大型化、長尺化も可能である大気圧放電を利用したデバイスを提案した。このデバイスでは、高気圧、高周波放電を行った安定なプラズマを噴出させることで、大気内に安定な屈折率変調領域を生み出すことが可能であり、プラズマが噴き出されている領域にも関わらず、CW レーザーによる干渉計で観測しても、フリッジが時間的に揺るがなく、背景ガスとの界面部分もシャープな界面を維持できることが分かった。このことを利用して、このプラズマ領域を光ガイドのように使用できる。特に、この媒質は、励起原子が主となる条件を作れるために、一般的に言われる紫外域での伝播する波長リミットを改善できる可能性がある。たとえば、空気中に、このプラズマ導波路をつけることで、酸素による波長限界を超えた真空紫外光の伝播ができることも実証することができた。

(ウ) 高気圧放電プラズマを用いたプラズマグレーティングの開発

超短パルスレーザーシステムにおけるもっとも大きな問題は、圧縮光学系である。プラズマグレーティングは、高い光学損傷しきい値を持ち、さらに、毎回新しく作られるものであり、プラズマ内の非線形散乱過程などを用いて作られてきた。しかし、その制御性や、強い非線形性のために、固体のグレーティングに置き換わるようなものはなかった。

本研究では、高気圧放電による励起ガスをレーザーで励起させ、屈折率の粗密を生成させることで、再生可能で高い強度まで使用可能な回折光学素子の原理実証に成功した。右図はその結果の一例である。

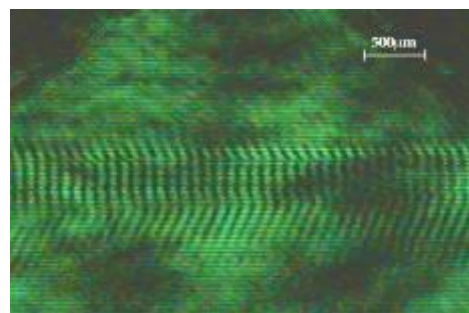


図 19. 高気圧放電プラズマに書きこまれたグレーティング

このグレーティングを透過型回折格子として使用し、回折強度を計測したものが、図 20 となる。ここでは、縞の書き込みが行われる干渉計の双方のビームが入射した場合のみ、回折波が得られており、作成したプラズマ回折格子が、確かに回折素子として働いていることが確かめられた。

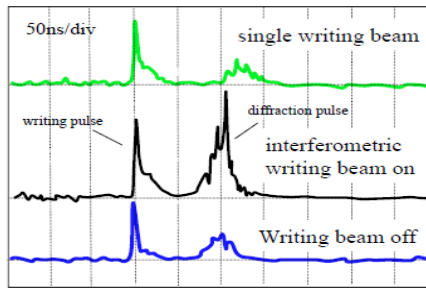


図20. プラズマグレーティングによる回折。左は書き込みビームの散乱、右が回折光。上から書き込みレーザーにより格子を作らない場合、格子を作った場合、レーザーを入れない場合。回折格子を形成させた場合のみ強い回折波が得られている。

(2)研究成果の今後期待される効果

高繰り返し対応可能なプラズマデバイスは、フォトニクスとしてプラズマが広く利用される可能性を持っている。また warm dense matter の特性を理解したうえで新たな機能素子としての提案は、高強度レーザー応用で様々な利用が期待される。高気圧放電プラズマを用いたプラズマグレーティングは実用には更なる技術開発が必要であるが、その制御性から従来の大型パルス圧縮器に代わる可能性を秘めている。さらに提案時には、光学波長領域への応用を考えてきたが、研究の進展により、これらの手法は、より短波長の真空紫外光を制御する素子にも使用できることが分かってきた。これらの部分についても、真空紫外光の導波路など、さらなる応用研究が期待できる。

4. 5 テラヘルツ波発生プラズマデバイスに関する(宇都宮大学 湯上グループ)

(1)研究実施内容及び成果

① 研究のねらい:

プラズマを用いて高強度テラヘルツ波発生と制御デバイスを開発した。

② 研究実施方法:

レーザープラズマだけでなく放電プラズマなどを駆使することで効率的・効果的なテラヘルツ発生プラズマデバイスを開発した。

③ 得られた成果

(ア)DARC(dc to ac radiation converter)によるテラヘルツ電磁波発生

主要論文:Proc. of SPIE 6772, (2007) 67720V

テラヘルツ電磁波源は、その発振部と増幅部に分けることが可能である。発振部で発生した小出力テラヘルツ電磁波を増幅部で増幅することになる。電磁波の発振部として高効率な DARC (dc to ac radiation converter) によるテラヘルツ光源の開発を行った。DARC は、コンデンサーアレーに静電場を周期的に充電し、その間に高強度レーザーを通過させることにより光速で伝搬する電離面を形成し(図21(左)参照)、光速で伝搬するダイポールアンテナとして観測され、結果的に電磁波を放射する。

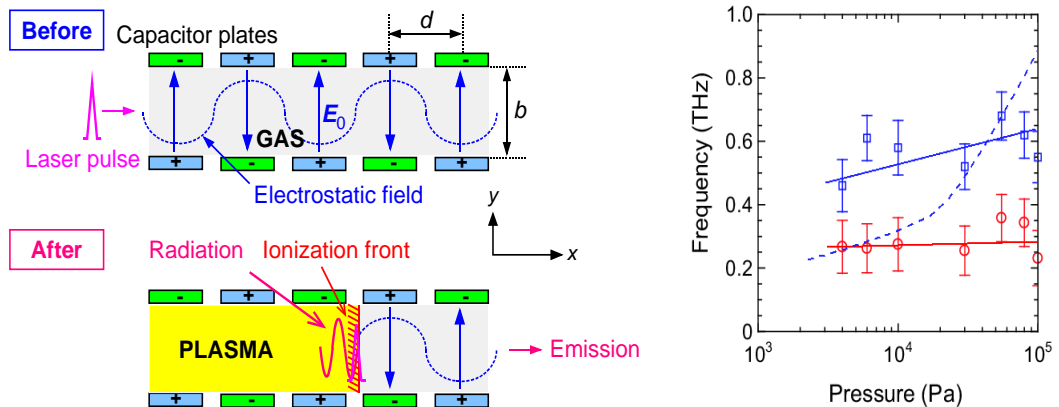


図21. DARC 原理図(左)と発生周波数のガス圧依存性(右)

実験は、1 mJ, 100fs のチタンサファイアレーザーを用いて行われた。電極間隔は 1.8 mm であり、最大電場は 10 kV/cm である。ガス圧は 4×10^3 から 1×10^5 Pa まで変化させた。発生周波数のガス圧依存性を図22(右)に示す。0.3 THz 付近の低周波成分とそれ以上の高周波成分(最大 0.8 THz)が観測された。低周波成分はガス圧、つまりプラズマ密度に依存しないが、高周波成分はプラズマ密度とともに上昇する。

(イ) 単電極テラヘルツ電磁波発生

主要論文: Proc. of The IRMMW-THz 2010, (2010) Th-P.40 (1-2)

上で述べた DARC は、コンデンサーをアレー状に並べて形成するが、原理的には 1 個でも電磁波の発生は可能であるので、それを単電極アンテナと名付けて実験を行った。写真はその実験配置である。電極に高電圧パルスを印加し、発生したテラヘルツ領域の電磁波を、写真後方の放物面鏡で集光している。実験結果を図に示す。青の線のグラフは、印加電圧パルスの極性が正極性、緑は負極性である。印加する電圧の方向により、プラズマ中を流れる電流の向きが異なるため、発生した電磁波の電場の向きもそれに応じて反転している。もちろん、その時間波形をフーリエ変換したものは一致している。

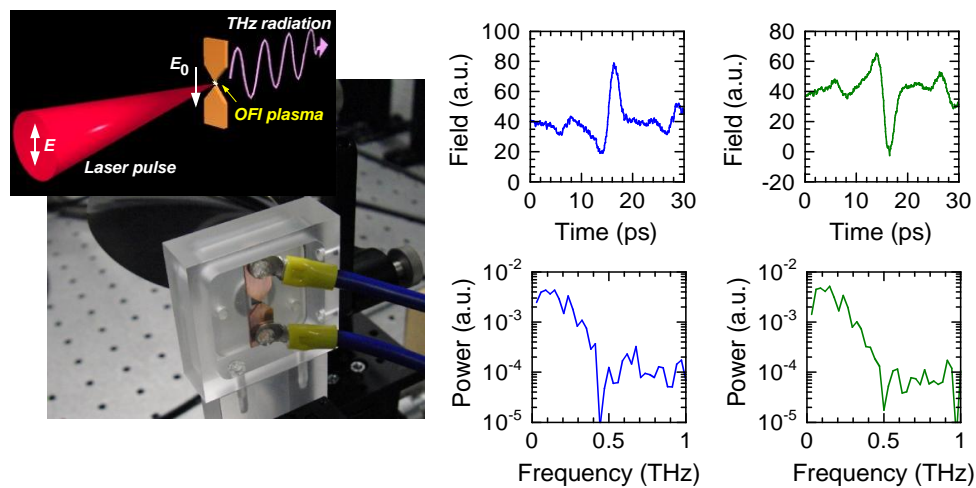


図22. 単電極レーザースパークの概念図および光学配置(左図)と印加電圧パルスの極性を変えた時の時間波形とスペクトル(右図)

また、単電極アンテナではテラヘルツ電磁波の周波数が電離用レーザーのパルス幅に依存することが明らかになった。実験では、100 fs のレーザーを中空ファイバーに導き、30 fs までパルス幅を圧縮した。また、パルスの伸長は、グレーティングペアを調整することにより 300 fs まで伸ばした。テラヘルツ電磁波の周波数は、プラズマ中を流れる電流の時間微分に比例するため、電離レーザーの短パルス化が、周波数の上昇の結果となると考えられる。

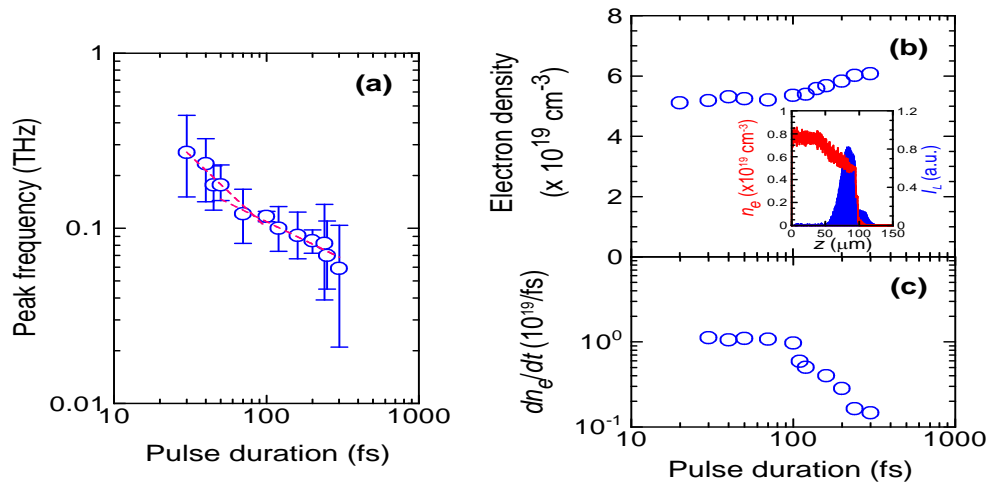


図23. テラヘルツ電磁波の周波数が電離用レーザーのパルス幅に依存性
(ウ) 単電極テラヘルツ電磁波発生

主要論文: 投稿準備中

光伝導アンテナに限らず、レーザープラズマテラヘルツ光源などの放射スペクトルの中心周波数は $0.2 \sim 1$ THz 程度であり、周波数の利用率が制限されている。そこで、フラッシュ電離という原理に基づくテラヘルツ電磁波の周波数上昇に関する原理実証実験を行い電磁波の周波数が上昇することを実証した。PC アンテナから放射された THz 電磁波(中心周波数 0.3 THz)を半導体結晶である ZnSe に導き、その電磁波が通っているときに外部からレーザーを照射し瞬間的に電子キャリアを 100 fs の時間スケールで生成した結果、電磁波の周波数が 3.5 THz に上昇することが確認された (25図参照: 黒実線は周波数上昇した電磁波スペクトル、赤の波線は、入射電磁波のスペクトル)。これにより、周辺のプラズマ密度のプロファイルをコントロールすることによって、入射電磁波の周波数をチャープすることが可能である。このことは、パルスを圧縮することが可能であることを示唆しており、新たなプラズマフォトニクスデバイスの可能性があると考えている。

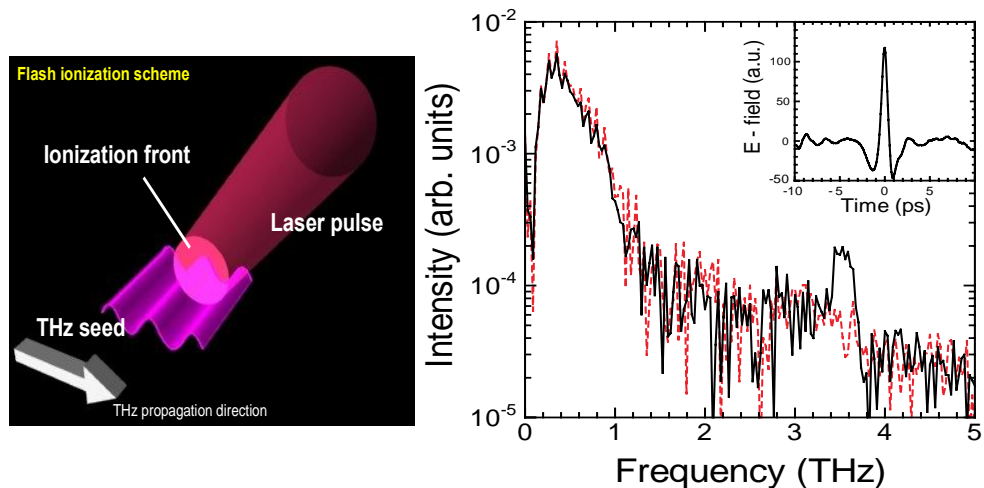


図24. フラッシュ電離の概念図と周波数上昇スペクトル

(2) 研究成果の今後期待される効果

これまでの研究の結果、レーザー生成プラズマを用いたテラヘルツ電磁波の発生についてのめどはついたと考えている。今後は、広く求められている高出力化、及び周波数コントロール(帯域幅などのコントロール)に研究は移ると考えられる。プラズマは

すでに電離した状態であるので、電流を流すことによるブレークダウンの問題などはないため、発生電磁波の高出力化は容易であると考えられる。また、レーザーパルス幅によって周波数をコントロールすることが示されているので、その制御も可能であると考えている。

また波及効果として高出力テラヘルツ電磁波の発生が容易になると、その周波数帯に共鳴周波数を持つ様々な物質や生体組織の励起・解析用の道具となつて考えられる。また、表面波励起などの物理研究の道具ともなつて考えられる。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 12件、国際(欧文)誌 86件)

[2012]

1. A.Nishida, H. Kashiwazaki, S. Yoshida, T. Higashiguchi, N. Yugami and R. Kodama “A tapered parallel plate waveguide for frequency up-conversion terahertz radiation”
Rev. Science Instr. **83**, 045104 (2012)
2. J. H. Shin, A. Zhudkov, Z. Jin, T. Hosokai and R. Kodama “Non-linear plasma effects on laser-induced terahertz emission from the atmosphere”
Phys. Plasmas **19**, 023117 (2012).

[2011]

3. Z. Jin, Z. L. Chen, H. B. Zhuo, A. Kon, M. Nakatsutsumi, H. B. Wang, B. H. Zhang, Y. Q. Gu, Y. C. Wu, B. Zhu, L. Wang, M. Y. Yu and Z. M. Shen and R. Kodama “Tunable Radiation Source by Coupling Laser-Plasma-Generated Electrons to a Periodic Structure”
Phys. Rev. Letts **107**, 073602 (2011)
4. Y. Monden and R. Kodama “Enhancement of Laser Interaction with Vacuum for a Large Angular Aperture”
Phys. Rev. Letts **107**, 073602 (2011).
5. Hiromitsu Terauchi, Nadezhda Bobrova, Pavel Sasorov, Takashi Kikuchi, Toru Sasaki, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Ryosuke Kodama,
"Observation and numerical analysis of plasma parameters in a capillary discharge-produced plasma channel waveguide" Journal of Applied Physics, Vol. **109**, pp. 053304-1-053304-7 (2011)

[2010]

6. M. Nakatsutsumi, J-R. Marquès, P. Antici, N. Bourgeois, J. L. Feugeas, T. Lin, Ph. Nicolai, L. Romagnani, R. Kodama, P. Audebert, J. Fuchs, “High-power laser delocalization in plasmas leading to long-range beam merging”,
Nature Physics **6**, pp.1010-1016 (2010), doi: 10.1038/NPHYS1788
7. H. B. Zhuo, Z. L. Chen, W. Yu, Z. M. Sheng, Q. F. Hu, Z. Jin, and R. Kodama,
“Quasimonoenergetic Proton Bunch Generation by Dual-Peaked Electrostatic-Field Acceleration in Foils Irradiated by an Intense Linearly Polarized Laser”,
Physical Review Letters **105**(6), pp.065003-1-4 (2010), doi: 10.1038
8. M. Tampo, S. Awano, P. R. Bolton, K. Kondo, K. Mima, Y. Mori, H. Nakamura, M. Nakatsutsumi, R. B. Stephens, K. A. Tanaka, T. Tanimoto, T. Yabuuchi, and R. Kodama, “Correlation between laser accelerated MeV proton and electron

- beams using simple fluid model for target normal sheath acceleration”,
Physics of Plasmas 17, pp. 073110-07311-5 (2010), doi:10.1063/1.3459063
9. Hideaki Habara, Guang Xu, Takahisa Jitsuno, Ryosuke Kodama, Kenji Suzuki, Kiyonobu Sawai, Kiminori Kondo, Noriaki Miyanaga, Kazuo A. Tanaka, Kunioki Mima, Michael C. Rushford, Jerald A. Britten, and Christopher P. J. Barty, “Pulse compression and beam focusing with segmented diffraction gratings in a high-power chirped-pulse amplification glass laser system”, Optics Letters 35, 1783-1785 (2010), doi:10.1364/OL.35.001783
 10. Y. Inubushi, S. Morimoto, T. Tanaka, Z.L. Chen, Z. Jin, Y. Mizuta, H. Yoneda, J. Ishida, Y. Yamaguchi, M. Nagasono, M. Yabashi, A. Higashiya, T. Ishikawa, H. Kimura, H. Ohashi, and R. Kodama, “Plasma photonic devices with complex refractive index in EUV region”, Journal of Physics 244, pp.022039-1-4 (2010), doi:10.1088/1742-6596/244/2/022039
 11. A.Kon, M. Nakatsutsumi, S. Buffechoux, Z. L. Chen, J. Fuchs, Z.Jin, R. Kodama, “Geometrical optimization of an ellipsoidal plasma mirror toward tight focusing of ultra-intense laser pulse”, Journal of Physics 244, pp. 032008-1-4 (2010), doi:10.1088/1742-6596/244/3/032008
 12. K. Miyanishi, N. Ozaki, E. Brambrink, H. Wei, A. Benuzzi-Mounaix, A. Ravasio, A. Diziere, T. Vinci, M. Koenig, and R. Kodama, “EOS measurements of pressure standard materials using laser-driven ramp compression technique”, Journal of Physics 215, pp.012199-1-4 (2010), doi:10.1088/1742-6596/215/1/012199
 13. Y. Inubushi, H. Yoneda, A. Higashiya, T. Ishikawa, H. Kimura, T. Kumagai, S. Morimoto, M. Nagasono, H. Ohashi, F. Sato, T. Tanaka, T. Togashi, K. Tono, M. yabashi, Y. Yamaguchi and R. Kodama “Measurement of saturable absorption by intense vacuum ultraviolet free electron laser using fluorescent material”, Review of Scientific Instruments 81, pp. 036101 -036101-3 (2010), doi:10.1063/1.3372099
 14. 犬伏 雄一, 米田 仁紀, 石川 哲也, 大橋 治彦, 木村 洋昭, 熊谷 泰輔, 佐藤 文哉, 田中 敏博, 登野 健介, 富樫 格, 永園 充, 東谷 篤志, 森本 春助, 矢橋 牧名, 山口 裕太, 兒玉 了祐, “フェムト秒高強度極紫外自由電子レーザーによる金属の非線形透過現象の観測”, Rev Laser Eng. 38, 453 (2010).
 15. 今 亮, 中堤 基彰, Julien FUCHS, Sebastien BUFFECHOUX, Patrick AUDEBERT, Zheng Lin CHEN, 犬伏 雄一, Jin ZHAN, 兒玉 了祐, “回転楕円体プラズマミラーを用いた超高強度レーザーの高開口数集光”, Rev Laser Eng. 38, 784 (2010).
 16. R. M. MORE, M. GOTO, F. GRAZIANI, P. NI and H. YONEDA, “Emission of Visible Light by Hot Dense Metals ”, Plasma and Fusion Research, Volume 5, S2007 (2010), doi: 10.1585/pfr.5.S2007
 17. 米田仁紀, “EUV-FEL を用いた固体物質の非線形光学現象の研究”, 放射光, vol.23, No.5, p.317 (2010)
 18. H. Kitamura, "Rate equation for intense core-level photoexcitation and

- relaxation in metals", *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* 43, 115601 (2010), doi:10.1088/0953-4075/43/11/115601
19. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Wataru Sasaki, Rebekah D'Arcy, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Characteristics of extreme ultraviolet emission from a discharge-produced potassium plasma for surface morphology application", *Applied Physics Letters*, Vol. 96, pp. 131505-1-131505-3, 2010, doi:10.1063/1.3368705
 20. Takeshi Higashiguchi, Masafumi Hikida, Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takashi Kikuchi, Yezheng Tao, and Noboru Yugami, "Characterization of the plasma parameters of a capillary discharge-produced plasma channel waveguide to guide an intense laser pulse", *Review of Scientific Instruments*, Vol. 81, pp. 046109-1-046109-3, 2010, doi:10.1063/1.3397321
 21. Takamitsu Otsuka, Hiromitsu Terauchi, Mami Yamaguchi, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Property of a hollow cathode discharge-produced microplasma extreme ultraviolet source with alkali metal vapor", *Proceedings of European Physical Society (EPS 2010)*, P.2.230, 2010, doi:10.1063/1.3528165
 22. Hiromitsu Terauchi, Mami Yamaguchi, Keisuke Kikuchi, Takamitsu Otsuka, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Compact extreme ultraviolet source by use of a discharge-produced potassium plasma for surface morphology application", *Proceedings of SPIE*, Vol. 7802, pp. 78020T-1-78020T-10, 2010, doi: 10.1117/12.858603
 23. Takeshi Higashiguchi, Hiroaki Anno-Kashiwazaki, Takamitsu Otsuka, Noboru Yugami, and Ryosuke Kodama, "Terahertz radiation in an optical-field-induced ionization in air with a pulsed electrostatic field", *Proceedings of The IRMMW-THz 2010*, p. Th-P.40 (1-2), 2010, doi: 10.1109/ICIMW.2010.5612428
 24. Takamitsu Otsuka, Fuminori Suzuki, Masahiro Nakata, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Ryosuke Kodama, "Experimental observation of frequency up conversion of terahertz using laser produced plasmas", *Proceedings of The IRMMW-THz 2010*, p. Th-P.41 (1-2), 2010, doi: 10.1109/ICIMW.2010.5612427
 25. Takamitsu Otsuka, Deirdre Kilbane, John White, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Weihua Jiang, Akira Endo, Padraig Dunn, and Gerry O'Sullivan, "Rare-earth plasma extreme ultraviolet sources at 6.5–6.7 nm", *Applied Physics Letters*, Vol. 97, pp. 111503-1-111503-3, 2010 [related to *Nature Photonics* 4, pp. 809-811 (2010) news & views], doi:10.1063/1.3490704
 26. Takamitsu Otsuka, Masashi Kudo, Shohei Sakai, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, and Ryosuke Kodama, "Propagation dynamics of an ultrashort, high energy laser pulse via self-modulation in gas medium with atmospheric pressure for laser compression", *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 244 (Part 2), pp. 022055-1-022055-4, 2010, doi: 10.1088/1742-6596/244/2/022055
 27. Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, and Ryosuke Kodama, "Plasma parameters of a capillary

discharge-produced plasma channel to guide an intense laser pulse”, *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 244 (Part 2), pp. 022068-1-022068-4, 2010, doi: 10.1088/1742-6596/244/2/022068

28. Hiromitsu Terauchi, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Nadezhda A. Bobrova, “Plasma diagnostics of a capillary plasma channel for laser guiding”, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1299, pp. 238-243, 2010, doi: 10.1063/1.3520321
29. Takamitsu Otsuka, Deirdre Kilbane, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Weihua Jiang, Akira Endo, Padraig Dunne, and Gerry O’Sullivan, “Systematic investigation of self-absorption and conversion efficiency of 6.7 nm extreme ultraviolet sources”, *Applied Physics Letters*, Vol. 97, pp. 231503-1-231503-3, 2010, doi:10.1063/1.3526383
30. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Takamitsu Otsuka, Mami Yamaguchi, Keisuke Kikuchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Wataru Sasaki, Rebekah D’Arcy, Padraig Dunne, and Gerry O’Sullivan, “Microdischarge extreme ultraviolet source with alkali metal vapor for surface morphology application”, *Journal of Applied Physics* (in press), doi:10.1063/1.3528165

[2009]

31. Makoto Nakagawa, Ryosuke Kodama, Takeshi Higashiguchi and Noboru Yugami,
“Generation of terahertz radiation via an electromagnetically induced transparency at ion acoustic frequency region in laser-produced dense plasmas” *Phys. Rev. E* **80**, 025402(R) (2009)
32. E. Brambrink, H. G. Wei, B. Barbrel, P. Audebert, A. Benuzzi-Mounaix, T. Boehly, T. Endo, C. Gregory, T. Kimura, R. Kodama, N. Ozaki, H.-S. Park, M. Rabec le Gloahec, and M. Koenig,
“X-ray source studies for radiography of dense matter” *Phys. Plasmas* **16**, 033101_1-7(2009)
33. Stephen A. Reed, Takeshi Matsuoka, Stepan Bulanov, Motonobu Tampo, Vladimir Chvykov, Galina Kalintchenko, Pascal Rousseau, Victor Yanovsky, Ryosuke Kodama, Dale W. Litzenberg, Karl Krushelnick, and Anatoly Maksimchuk
“Relativistic plasma shutter for ultraintense laser pulses” *APPLIED PHYSICS LETTERS* **94**, 201117 -1-3 (2009)
34. T Yabuuchi, A Das, G R Kumar, H Habara, P K Kaw, R Kodama, K Mima, P A Norreys, S Sengupta and K A Tanaka
Evidence of anomalous resistivity for hot electron propagation through a dense fusion core in fast ignition experiments
New Journal of Physics **11**, 093031 (2009)
35. J. Rassuchine, E. d’Humières, S. D. Baton, P. Guillou, M. Koenig, M. Chahid, F. Perez, J. Fuchs, P. Audebert, R. Kodama, M. Nakatsutsumi, N. Ozaki, D. Batani, A. Morace, R. Redaelli, L. Gremillet, C. Rousseaux, F. Dorchies, C. Fourment, J. J. Santos, J. Adams, G. Korgan, S. Malekos, S. B. Hansen, R. Shepherd, K. Flippo, S. Gaillard, Y. Sentoku, and T. E. Cowan,

- “Enhanced hot-electron localization and heating in high-contrast ultraintense laser irradiation of microcone targets”
Phys. Rev. E, **79**, 036408_1-5(2009)
36. H. Nakamura, B. Chrisman, T. Tanimoto, M. Borghesi, Y. Sentoku, T. Matsuoka, M. Nakatsutsumi, T. Norimatsu, K. A. Tanaka, T. Yabuuchi and R. Kodama
“Superthermal and efficient-heating modes in the interaction of a cone target with ultraintense laser light”
Physical Review Letters **102**, 45009 1-4 (2009)
37. A. L. Lei, L. H. Cao, X. Q. Yang, K. A. Tanaka, R. Kodama, X. T. He, K. Mima, T. Nakamura, T. Norimatsu, W. Yu, and W. Y. Zhang,
“Guiding and confining fast electrons by transient electric and magnetic fields with a plasma inverse cone“,
Phys. Plasmas, **16**(2), 020702_1-020702_4 (2009.02)
38. Takeshi Higashiguchi and Noboru Yugami,
"Short pulse, high power microwave radiation source with a laser-induced sheet plasma mirror", Journal of Applied Physics, **105**, pp. 093301-1-093301-4 (2009).
39. B. L. Shivachev, T. Petrov, H. Yoneda, R. Titorenkova and B. Mihailov,
Synthesis and nonlinear optical properties of TeO₂-Bi₂O₃-GeO₂ glasses,
Scripta Materialia, **61**, Issue 5, Pages 493-496(2009)
40. H. Kitamura, “Multiple K-shell excitation of lithium clusters: Implications for hollow-atom solids”, Chem. Phys. Lett. **475**, pp.227-231 (2009)
41. N. Hasegawa, A. Sasaki, H. Yamatani, M. Kishimoto, M. Tanaka, Y. Ochi, M. Nishikino, Y. Kunieda, T. Kawachi, H. Yoneda, and A. Iwamae, “High-resolution Spectroscopy of the Nickel-like Molybdenum X-ray Laser Toward the Generation of Circularly Polarized X-ray Laser”, Journal of the Optical Society of Korea Vol.13 No.1, p.60-64, 2009
42. H. Kitamura, “Cluster-model study on the K-shell excited states of crystalline lithium under intense laser irradiation”, Eur. Phys. J. D **52**, pp.147-150 (2009)
43. 米田仁紀, “高強度X線が開拓する物理”, Rev. Laser Eng., Vol.37, No.12, p.893-900 (2009)
44. H. Yoneda, Y. Inubushi, F. Sato, S. Morimoto, T. Kumagaya, M. Nagasono, A. Higashiya, M. Yabashi, T. Ishikawa, H. Ohashi, H. Kimura T. Togashi, and R. Kodama, “Observation of saturable absorption of Sn metal film with intense EUV laser pulse”, Proc. of SPIE vol.7501 (SPIE, Bellingham, WA 2009) pp. 33-43
45. H. Yoneda, Y. Inubushi, T. Tanaka, Y. Yamaguchi, F. Sato, S. Morimoto, T. Kumagai, M. Nagasono, A. Higashiya, M. Yabashi, T. Ishikawa, H. Ohashi, H. Kimura, H. Kitamura and R. Kodama, “Ultra-fast switching of light by absorption saturation in vacuum ultra-violet region”, Optics Express vol. 17 Issue 26, pp.23443-23448 (2009)
46. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, and Noboru Yugami,

"Plasma Parameter of a Capillary Discharge-Produced Plasma Channel to Guide an Ultrashort Laser Pulse", AIP Conference Proceedings, Vol. 1086, pp. 153-158 (2009) DOI: 10.1063/1.3080897

47. Masashi Kudo, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami, "Compression of An Ultrashort Laser Pulse via Self-Phase Modulation in An Argon Channel", AIP Conference Proceedings, Vol. 1086, pp. 159-164 (2009) DOI: 10.1063/1.3080898
48. Takeshi Higashiguchi, Hideyuki Hasegawa, Hirofumi Nishimai, Noboru Yugami, and Patric Muggli, "Frequency Upshift and Radiation of the THz Electromagnetic Wave via an Ultrashort-Laser-Produced Ionization Front", AIP Conference Proceedings, Vol. 1086, pp. 701-706 (2009) DOI: 10.1063/1.3080993
49. Noboru Yugami, Takeshi Higashiguchi, and Ryosuke Kodama, "Possibility of high power THz radiation via electromagnetically induced transparency at ion acoustic frequency region in laser-produced dense plasmas", Proceedings of SPIE, Vol. 7359, pp. 735911 (2009) DOI: 10.1117/12.819890
50. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takashi Kikuchi, Noboru Yugami, and Toyohiko Yatagai, "Plasma diagnostics of a capillary plasma using pulse power", Proceedings of SPIE, Vol. 7359, pp. 735917 (2009) DOI: 10.1117/12.819887
51. Takeshi Higashiguchi, Masashi Kudo, Noboru Yugami, and Eiji J. Takahashi, "Compression of an ultrashort laser pulse via self-modulation in argon gas", Proceedings of SPIE, Vol. 7359, pp. 735918 (2009) DOI: 10.1117/12.819888

[2008]

52. Michael C. Rushford, Jerald A. Britten, Christopher P. J. Barty, T. Jitsuno, K. Kondo, N. Miyanaga, K. A. Tanaka, R. Kodama and G. Xu, "Sprit-aperture laser pluse compressor design tolerant to alignment and line-density differences" *Opt. Letters*, **33**, 1902-1904(2008)
53. M. Nakatsutsumi, J. R. Davies, R. Kodama, J. S. Green, K. Lancaster, K. U. Akli, F.N. Beg, S. N. Chen, D. Clark, R. R. Freeman, C. D. Gregory, H. Habara, R. Heathcote, D. S. Hey, K. Highbarger, P. Jaanimagi, M. H. Key, A.J. Mackinonnon, H. Nakamura, R. B. Stephens, M. Storm, M. Tampo, W. Theobald, L. VanWoerkom, M. S. Wei, N. C. Woolsey and P. Norreys "Space and time resolved measurements of the heating of solids to ten million Kelvin by a PetaWatt laser" *New Journal of Physics* **10**, 043046 (2008)
54. H. Nakamura, Y. Sentoku, T. Matsuoka, K. Kondo, M. Nakatsutsumi, T. Norimatsu, H. Shiraga, K. A. Tanaka, T. Yabuuchi and R. Kodama "Fast heating of cylindrical imploded plasmas by PW laser light" *Physical Review Letters* **100**, 165001 1-4 (2008)
55. Z. Jin, Z.L. Chen, and R. Kodama "Estimation of Smith-Purcell Radiation in Laser-plasmas Interaction" *Journal of Phys.* **112**, 022087_1-022087_4 (2008)

56. M. Nakatsutsumi, R. Kodama, Y. Aglitskiy, K. U. Akli, D. Batani, S. D. Baton, F. N. Beg, A. Benuzzi-Mounaix, S. N. Chen, D. Clark, J. R. Davies, R. R. Freeman, J. Fuchs, J. S. Green, C. D. Gregory, P. Guillou, H. Habara, R. Heathcote, D. S. Hey, K. Highbarger, P. Jaanimagi, M. H. Key, M. Koenig, K. Krushelnick, K. L. Lancaster, B. Loupias, T. Ma, A. Macphee, A. J. Mackinnon, K. Mima, A. Morace, H. Nakamura, P. A. Norryes, D. Piazza, C. Rousseaux, R. B. Stephans, M. Strom, M. Tampo, W. Theobald, L. V. Woerkom, R. L. Weber, M. S. Wei, and N. C. Woolsey
 "Heating of solid target in electron refluxing dominated regime with ultra-intense laser"
 Journal of Phys. **112**, 022063_1-022063_4 (2008)
57. D. Batani, S. Baton, M. Koenig, P. Guillou, B. Loupias, T. Vinci, C. Rousseaux, L. Gremillet, A. Morace, R. Redaelli, M. Nakatsutsumi, R. Kodama, N. Ozaki, T. Norimatsu, J. Rassuchine, T. Cowan, F. Dorchie, C. Fourment and J. J. Santos,
 "Recent experiment on fast electron transport in ultra-high intensity laser interaction"
 Journal of Phys. **112**, 022048(2008)
58. J. Rassuchine, E. d'Humières, S. Baton, J. Fuchs, P. Guillou, M. Koenig, R. Kodama, M. Nakatsutsumi, T. Norimatsu, D. Batani, A. Morace, R. Redaelli, L. Gremillet, C. Rousseaux, F. Dorchie, C. Fourment, J. J. Santos, J. Adams, G. Korgan, S. Malekos, Y. Sentoku and T. E. Cowan,
 "Enhanced energy localization and heating in high contrast ultra-intense laser produced plasmas via novel conical micro-target design",
 Journal of Phys. **112**, 022050_1-022050_4 (2008)
59. A. Lei, W. Yu, Y. Tian, H. Xu, X. Wang, X. Yang, V. K. Senecha, K. A. Tanaka and R. Kodama,
 "Effect of focus position on a high intensity laser propagation in a dense plasma",
 Journal of Phys. **112**, 022089_1-022089_4 (2008)
60. T. Yabuuchi, Y. Sentoku, H. Habara, T. Matsuoka, K. Adumi, Z. Chen, R. Kodama, K. Kondo, A. L. Lei, K. Mima, M. Tampo, T. Tanimoto and K. A. Tanaka,
 "Hot electron emission limited by self-excited fields from targets irradiated by ultra-intense laser pulses",
 Journal of Phys. **112**, 022093_1-022093_4 (2008)
61. T. Tanimoto, A. L. Lei, T. Yabuuchi, H. Habara, K. Kondo, R. Kodama, K. Mima and K. A. Tanaka, "Hot electron spatial distribution under presence of laser light self-focusing in over-dense plasmas",
 Journal of Phys. **112**, 022095_1-022095_4 (2008)
62. W. Yu, L. Cao, H. Xu, A. Lei, X. Yang, K. A. Tanaka and R. Kodama,
 "Plasma hole boring by multiple short-pulse lasers",
 J. Phys. Conf. Ser., **112**(2), 022100_1-022100_4 (2008.06.12)
63. N. Nakanii, K. Kondo, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Takeda, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, M. Tampo, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima and K. A. Tanaka,
 "Electron acceleration in imploded hollow cylinder",
 Journal of Phys. **112**, 042041_1-042041_4 (2008)

64. N. Nakanii, K. Kondo, Y. Kuramitsu, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Kimura, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, K. Takeda, M. Tampo, H. Takabe, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima and K. A. Tanaka, "Spectrum modulation of relativistic electrons by laser wakefield" *APPLIED PHYSICS LETTERS* **93**, 081501(2008)
65. S. D. Baton, M. Koenig, J. Fuchs, A. Benuzzi-Mounaix, P. Guillou, B. Loupias, T. Vinci, L. Gremillet, C. Rousseaux, M. Drouin, E. Lefebvre, F. Dorchie, C. Fourment, J.J. Santos, D. Batani, A. Morace, R. Redaelli, M. Nakatsutsumi, R. Kodama, A. Nishida, N. Ozaki, T. Norimatsu, Y. Aglitskiy, S. Atzeni, and A. Schiavi, "Inhibition of fast electron energy deposition due to preplasma filling of cone-attached targets", *Physics of Plasmas* **15**, 042706(2008)
66. M. H. Key, J. C. Adam, K. U. Akli, M. Borghesi, M. H. Chen, R. G. Evans R. R. Freeman, H. Habara, S. P. Hatchett, J. M. Hill, A. Heron, J. A. King, R. Kodama, K. L. Lancaster, A. J. MacKinnon, P. Patel, T. Phillips, L. Romagnani R. A. Snavely, R. Stephens, C. Stoeckl, R. Town, Y. Toyama, B. Zhang, M. Zepf, and P. A. Norreys "Fast ignition relevant study of the flux of high intensity laser-generated electrons via a hollow cone into a laser-imploded plasma" *Physics of Plasmas* **15**, pp 022701-1-022701-5,(2008)
67. Kazunori Shibata and Ryosuke Kodama "Significant reduction of inter nuclear potential in superconductive solid metallic hydrogen" *Journal of Physics Condensed Matter* **20**, pp 075231(1-5) (2008)
68. Reduction of debris of a CO2 laser-produced Sn plasma extreme ultraviolet source using a magnetic field
Yoshifumi Ueno, Georg Soumagne, Akira Sumitani, Akira Endo, Takeshi Higashiguchi and Noboru Yugami
Applied Physics Letters, **92**, 181503 (2008)
69. 近藤公伯、兒玉了祐「プラズマの空間的周期構造の生成とレーザー光制御への応用」*プラズマ・核融合学会誌* **84**, 199-203.(2008)
70. H.Yoneda, H. Kitamura, and R.M.More, "Investigation of Physics in warm dense matter", *Kiran*, vol.19-3, 95-97 (2008)
71. 米田仁紀, "warm dense matter物質の電離・励起構造と物性", *プラズマ・核融合学会誌*, **84**, No.6, 369-373(2008)
72. H. Kitamura, "Predicting the gas-liquid transition of mercury from interatomic many-body interaction", *J. Phys.: Conf. Series* **98**, 052010 pp.1-4 (2008)

[2007]

73. J. S. Green, K. L. Lancaster, K. U. Akli, C. D. Gregory, F. N. Beg, S. N. Chen, D. Clark, R. R. Freeman, S. Hawkes, C. Hernandez-Gomez, H. Habara, R. Heathcote, D. S. Hey, K. Highbarger, M. H. Key, R. Kodama, K. Krushelnick, I.

- Musgrave, H. Nakamura, M. Nakatsutsumi, N. Patel, R. Stephens, M. Storm, M. Tampo, W. Theobald, L. Van Woerkom, R. L. Weber, M. S. Wei, N. C. Woolsey & P. A. Norreys
 “Surface heating of wire plasmas using laser-irradiated cone geometries”
Nature Physics **3**, 853 – 856(2007)
74. S. D. Baton, M. Koenig, P. Guillou, B. Loupiau, A. Benuzzi-Mounaix, J. Fuchs, C. Rousseaux, L. Gremillet, D. Batani, A. Morace, M. Nakatsutsumi, R. Kodama, Y. Aglitskiy
 “Relativistic electron transport and confinement within charge-insulated, mass-limited targets”
High Energy Density Physics **3** pp 358-364 (2007)
75. T. Yabuuchi, K. Adumi, H. Habara, R. Kodama, K. Kondo, T. Tanimoto, and K. A. Tanaka, Y. Sentoku, T. Matsuoka, Z. L. Chen, M. Tampo, A. L. Lei, and K. Mima,
 “On the behavior of ultraintense laser produced hot electrons in self-excited fields”
Physics of Plasmas **14**, pp 040706-1-040706-4 (2007)
76. Toshinori Yabuuchi, Yasuhiko Sentoku, Takeshi Matsuoka, Hideaki Habara, Ken Adumi, Zenglin Chen, Ryosuke Kodama, Kiminori Kondo, Anle Lei, Kunioki Mima, Motonobu Tampo, Tsuyoshi Tanimoto, and Kazuo A. Tanaka
 ” Influence of Electrostatic and Magnetic Fields on Hot Electron Emission in Ultra-Intense Laser Matter Interactions”
Plasma and Fusion Research **2**, 015-1-4 (2007)
77. M. Nakatsutsumi, R. Kodama, P. A. Norreys, S. Awano, H. Nakamura, T. Norimatsu, A. Ooya, M. Tampo, K. A. Tanaka, T. Tanimoto, T. Tsutsumi, and T. Yabuuchi,
 “Re-entrant cone angle dependence of the energetic electron slope temperature in high-intensity laser-plasma interactions” ,
Physics of Plasmas **14**, pp 050701-1-050701-4 (2007)
78. A. L. Lei, A. Pukhov, R. Kodama, T. Yabuuchi, K. Adumi, K. Endo, R. R. Freeman, H. Habara, Y. Kitagawa, K. Kondo, G. R. Kumar, T. Matsuoka, K. Mima, H. Nagatomo, T. Norimatsu, O. Shorokhov, R. Snavely, X. Q. Yang, J. Zheng, and K. A. Tanaka
 “Optimum hot electron production with low-density foams for fast ignition” ,
Physical. Review. E **76**, 066403-1-066403-5 (2007)
79. J. Fuchs, M. Nakatsutsumi, J.-R. Marquès, P. Antici, N. Bourgeois, M. Grech, T. Lin, L. Romagnani, V. Tikhonchuk, S. Weber, R. Kodama, and P. Audebert
 “Space- and time- resolved observation of single filaments propagation in an underdense plasma and of beam coupling between neighbouring filaments”
Plasma Physics and Controlled Fusion **49**, B497-504 (2007)
80. 近藤公伯、
 “レーザープラズマ研究と最新レーザー技術”、
プラズマ・核融合学会誌 **83** 619-623 (2007).
81. H. Kitamura,
 “Cohesive properties of mercury clusters in the ground and excited states”,

82. H. Kitamura,
“Equation of state for expanded fluid mercury: Variational theory with many-body interaction”, JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS **126**, Issue: 13 Article Number: 134509 (2007)
83. H. Kitamura,
“The role of attractive many-body interaction in the gas-liquid transition of mercury”,
JOURNAL OF PHYSICS-CONDENSED MATTER **19**, Issue: 7, 072102 (2007)
84. 米田仁紀、
「超短パルスレーザー応用Warm Dense Matter 計測技術」、
プラズマ・核融合学会誌 **83**, No.7, p.624 (2007)
85. Takeshi Higashiguchi, Nobuo Ohata, Kun Li, and Noboru Yugami.,
“Observation of temporal behavior of the emission frequency from an ultrashort, high-power, and compact millimeter-wave source”,
Applied Physics Letters **90**, pp. 111503 (2007).
86. K. L. Lancaster, J. S. Green, D. S. Hey, K. U. Akli, J. R. Davies, R. J. Clarke, R. R. Freeman, H. Habara, M. H. Key, R. Kodama, K. Krushelnick, C. D. Murphy, M. Nakatsutsumi, P. Simpson, R. Stephans, C. Stoeckl, T. Yabuuchi, M. Zepf, and P. A. Norreys, “Measurements of energy transport patterns in petawatt laser-plasma interactions at solid density”
Physical Review Letters **98**, pp125002 -1~4, 2007
87. 中堤基彰、兒玉了祐、D. Batani, Y. Agritskiy, S. Baton, A. Benuzzi-Mounaix, J. Fuchs, M. Koenig, C. Rousseaux, P. Guillow, B. Loupiau, A. Morace, and D. Piazza, 「超高強度レーザーと固体との相互作用におけるターゲット裏面異常加熱」、レーザー研究 **35**, pp33-37(2007)
88. Nobuo Ohata, Kenta Yaegashi, Kun Li, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami, "THz radiation from a DARC source via a laser-produced relativistic ionization front", Proceedings of SPIE, Vol. 6772, pp. 67720V (2007) DOI: 10.1117/12.756796

[2006]

89. H. Habara, K. Azumi, T. Yabuuchi, T. Nakamura, Z. L. Chen, M. Kashihara, R. Kodama, K. Kondo, G. R. Kumar, L. A. Lei, T. Matsuoka, K. Mima, and K. A. Tanaka,
”Surface acceleration of fast electrons with relativistic self-focusing in preformed plasma”, Phys. Rev. Lett. **97**, 095004 (2006).
90. Y. Hama, K. Kondo, A. Zoubir, T. Honda, R. Kodama, K. A. Tanaka, and K. Mima, "Single-shot two-dimensional spectral interferometry for ultrafast laser-produced plasmas", Opt. Lett., **31**, 1917 (2006).
91. H. Kitamura,
”Analysis of excited mercury clusters with diatomic potential energy curves”
Chem. Phys. Lett. **425**, pp.205-209 (2006)

92. Noboru Yugami, Nobuo Ohata, Kenta Yaegashi and Hiroshi Kawanago,
 ”Measurement of sub-mW, picosecond THz emission from a
 femtosecond-laser-pumped dc to ac radiation converter”
 Rev. Sci. Instrum. vol.77 pp.116102-1-116101-3 (2006).
93. 近藤公伯「光パラメトリックチャープパルス増幅における光パラメトリック蛍光の制御と高強度光パルス発生」レーザー研究、**34**、117-122 (2006).
94. Noboru Yugami, Kenichi Ninomiya, Kazuhiro Kobayashi, Noda Hajime
 “Observation of Millimeter Range Radiation with TM01 Mode by Laser Plasma
 Interaction Experiments”
 Japanese Journal of Applied Physics vol. **45** pp.L1051-L1053 (2006)
95. H. Kitamura, “Theoretical potential energy surfaces for excited mercury
 trimers”, Chem. Phys. **325**, pp.207-219 (2006)

(2) その他の著作物(総説、書籍など)

1. 兒玉了祐「光を使った高エネルギー密度科学の展開」日本物理学会誌 67, 156-163 (2012)
2. 兒玉了祐、「高エネルギー密度プラズマ科学の新展開」物理科学雑誌「パリティ」第21巻第1号 pp19-20, (2011).

(3) 国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 17 件、国際会議 38 件)

1. 兒玉了祐、「パワーレーザーによる高エネルギー密度科学」Plasma Conference 2011, 金沢 2011.11.23(予定)
2. 兒玉了祐「光で真空を見ることができるか？」日本物理学会関西支部公開シンポジウム、大阪 2011.10.16
3. R. Kodama, “R & D on High Power Lasers in Osaka University and its Contribution to Sciences” The 3rd International Conference on Laser Peening and Related Phenomena, Osaka, Japan 2011.10.11
4. 兒玉了祐、「パワーレーザー科学ー高エネルギー密度科学ー」第2回先端フォトニクスシンポジウム、日本学術会議、東京 2011.10.6
5. R. Kodama, “Cutting Edge of High Energy Density Sciences with High Power Laser” Northeastern Asian Symposium on Plasma Fusion, Taejon, Korea on 2011.9.25
6. R. Kodama, “Frontiers of High Energy Density Sciences with High Power Laser” International Symposium on Plasma Turbulence, Imaging and Synergy, Kyushu University, Japan, 2011.6.7
7. H. Yoneda (ILS/UEC)、Future Possible Investigations related to condensed matter physics, US-JAPAN SYMPOSIUM ON HED SCIENCE AT THE NIF,

Tokyo, 2011.2.15

8. H. Yoneda (ILS/UEC)、Ultrafast switching of light by absorption saturation in vacuum ultraviolet region, Ultrafast switching of light by absorption saturation in vacuum ultraviolet region, SPIE Photonics West 2011, San Francisco, USA, 2011.1.26
9. H. Yoneda (ILS/UEC)、High energy density experiments with EUV lasers, France-Japan Workshop on High energy density science, Les Houches, France, 2011.1.10
10. H. Kitamura(Kyoto Univ.), “Simulations of highly excited condensed matter”, France-Japan Joint Workshop on High Energy Density Science, Les Houches, France, January 9-14, 2011
11. H. Kitamura(Kyoto Univ.), Atomic and cluster physics for warm dense matter, 2nd UK-Japan Winter School in High Energy Density Science, Edinburgh, United Kingdom, January 5-8, 2011 .
12. 米田仁紀、Warm dense matter 研究から見たレーザーアブレーションの新しい可能性、プラズマ・核融合学会第27回年会、札幌、北海道、12/3/2010
13. 米田仁紀、タングステン物性とウォームデンスマター、プラズマ・核融合学会第27回年会、札幌、北海道、12/2/2010
14. 兒玉了祐、「パワーレーザーによる物質の創造」、レーザー学会 レーザー誕生50周年記念シンポジウム「レーザーとエネルギー」、大阪大学、2010.11.19
15. Takeshi Higashiguchi, Takamitsu Otsuka, Deirdre Kilbane, John White, Noboru Yugami, Weihua Jiang, Akira Endo, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, “Rare-earth Plasma Extreme Ultraviolet Sources at 6.5-6.7 nm for Next Generation Semiconductor Lithography”, 2010 International Workshop on Extreme Ultraviolet Sources, University College Dublin, Dublin, Ireland, 2010.11.14.
16. H. Yoneda, Nonlinear optical phenomena in extreme ultra-violet region with high energy density conditions, China-Japan CUP Seminar on Laser Plasma Physics, 14-16 Oct., 2010, Shanghai, China
17. 兒玉了祐、「高エネルギー密度科学と非平衡過程」、日本物学会シンポジウム「電磁波がつくる非平衡」ー 量子力学と古典力学の狭間で ー、大阪府立大学、2010.9.24
18. H. Yoneda, WDM experiments with Lasers, 2010 Ion Beam Driven High Energy Density Workshop, Pleasanton, CA, USA (20-22 June 2010)
19. R. Kodama, “High intense laser physics”, The 4th Yamada Symposium on Advanced Photons and Science Evolution 2010, Osaka, 2010.6.15.
20. R. Kodama, “High Energy Density Sciences with High Power Lasers”, (Plenary), The 7th Asia-Pacific Laser Symposium, Jeju island KOREA, 2010.5.13.

21. 兒玉了祐、「パワーレーザーによる新物質創生とレーザー加速電子ビーム応用」、電気学会 シンポジウム 核融合および先進放射線医療応用技術の動向について、大阪大学、2011.3.18
22. 湯上 登(宇都宮大学)、ガスターゲットと高強度レーザーとの相互作用によるテラヘルツ放射、第 57 回応用物理学関係連合講演会、東海大学 湘南キャンパス、2010年3月18日
23. Hitoki Yoneda (ILS/UEC), (電気通信大学)
“Observation of saturable absorption of Sn metal film with intense EUV laser pulse”、
Conference on Ultrafast and Nonlinear Optics UFNO2009、Burgas, Bulgaria, (2009.9)
24. Ryosuke Kodama (大阪大学)
“High Energy Density State, Material and Device with High Power Lasers”
The 8th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO®/Pacific Rim 2009), Shanghai, China (2009.8)
25. Noboru Yugami, Takeshi Higashiguchi, and Ryosuke Kodama (宇都宮大学)
"Possibility of high power THz radiation via electromagnetically induced transparency at ion acoustic frequency region in laser-produced dense plasmas",
SPIE Europe 2009, Prague Czech. (20-23 Apr. 2009)
26. Takeshi Higashiguchi(宇都宮大学)
"Plasma diagnostics of a capillary plasma using pulse power"
SPIE Europe 2009, Prague Czech. (20-23 Apr. 2009)
27. Takeshi Higashiguchi(宇都宮大学)
Compression of an ultrashort laser pulse via self-modulation in argon gas
SPIE Europe 2009, Prague Czech. (20-23 Apr. 2009)
28. 兒玉了祐(大阪大学)
「レーザーによる高エネルギー密度新物質材料・新デバイス創生の可能性」、
プラズマ科学シンポジウム2009, 名古屋大学(2009.2)
29. 兒玉了祐(大阪大学)
「レーザーによる高エネルギー密度新物質材料・新デバイス創生へ向けて」、
応用物理学会量子エレクトロニクス研究会, 軽井沢(2009.1.10)
30. Hitoki Yoneda, (電気通信大学)
“Investigation of Physics in Warm Dense Matter”,
9th DAE-BRNS, NATIONAL LASER SYMPOSIUM- NLS-08, Delhi, India
(2009.1.7-10)
31. Ryosuke. Kodama, (大阪大学)
“Photon Frontier Network in Japan and Related Research”
UK-Japan Workshop on High Energy Density Science, London, UK,
(2008.12.15-16)
32. Hitoki Yoneda, (電気通信大学)

- “Broadband optical properties of warm dense matter”,
UK-Japan Workshop on High Energy Density Science, London, UK,
(2008.12.15-16)
33. Ryosuke. Kodama (大阪大学)
“Novel Matter and Devices in High Energy Density Science with High Power Lasers”
米国光学会(OSA)第92回年会「Frontiers in Optics 2008」, Rochester
USA(2008.10.23)
34. Hitoki Yoneda, (電気通信大学)
“Study on optical properties of warm dense matter”
France-Japan workshop on high energy density science, Tokyo, Japan,
(2008.10.8-10)
35. 米田仁紀、(電気通信大学)
“Warm dense matter物理”チュートリアルレクチャー
日本物理学会2008年秋の分科会、盛岡、(2008.9.20)
36. 湯上 登、(宇都宮大学)
「高強度フェムト秒レーザー励起によるTHz波発生機構」
第69回応用物理学会学術講演会, 2p-ZB-5, 中部大学 (愛知県春日井市) (2008.9.2).
37. Takeshi Higashiguchi, Masanori Kaku, Masahito Katto, and Shoichi Kubodera,
(宇都宮大学)
“Efficient EUV Source by Use of a Micro-target Containing Tin Nanoparticles”,
2008 International Workshop on EUV Lithography, Session 1.3, Maui, Hawaii,
USA (2008.6.11).
38. 兒玉了祐(大阪大学)
「光を使った高エネルギー密度科学の展開」
日本物理学会第63回年次大会 近畿大学、大阪 (2008.3)
39. H. Yoneda, (電気通信大学)
“From present works toward future in High energy density science with lasers”,
Asian-Core Workshop in Inidia, Mumbai, Inida, (2008.3)
40. 湯上 登 (宇都宮大学)「
レーザー生成プラズマからのテラヘルツ電磁波放射」,
レーザー学会学術講演会, 第 28 回年次大会, 1pII-7, 名古屋国際会議、愛知 (2008.2).
41. R. Kodama (大阪大学)
” Exploring of High Energy Density Science with High Power Lasers”
The 6th Asia Pacific Laser Symposium, Nagoya, Japan (2008.1)
42. R. Kodama (大阪大学)
“High Energy Density Science with High Power Lasers”
INSA-JSPS Workshop, Arnedabard, India, (2007.11)
43. H. Yoneda, et al., (電気通信大学)
“Investigation of warm dense matter with ultra-short-pulse lasers”,

- INSA-JSPS Workshop, Armedabard, India, (2007.11)
44. H. Yoneda, (電気通信大学)
“Investigations of warm dense matter,”
Asian-Core Workshop in Shanhai, Shanhai, China, (2007.11)
45. R. Kodama (大阪大学)
“High Energy Density Plasma Photonics”
5th. Inertial Fusion Science and Applications IFSA 2007(invited), Kobe, Japan
(2007.9)
46. M. Tampo et al(大阪大学)
“High Density Plasma Probing with Ultra-Intense Laser Created MeV Proton
Beam”
5th. Inertial Fusion Science and Applications IFSA 2007, Kobe, Japan (2007.9)
47. M. Nakatsutsumi et al(大阪大学)
“Observation of coupling between single hot spots in low-density plasmas”
5th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications, Kobe,
Japan (2007.9)
48. M. Tampo et al(大阪大学)
“Correlations between MeV proton and electron beam generated in ultra-intense
laser plasma interactions”
International Symposium on Laser-Driven Relativistic Plasmas Applied for
Science, Industry and Medicine, Nara, Japan (2007.9)
49. H. Yoneda, et al., (電気通信大学)
“Warm dense matter science by using ultra-short-pulse laser”,
UK-Japan, Work Shop, Tokyo, Japan, (2007.9)
50. Noboru Yugami, et al (宇都宮大学)
“Observation of THz radiation by use of a femtosecond laser-pumped DARC
source”,
SPIE Optics East, 6772-31, Seaport World Trade Center (Boston, Massachusetts
USA) (2007.9).
51. 近藤公伯、(大阪大学)
”超高速電子プラズマ波計測と電子加速”、
日本物理学会 秋 シンポジウム、北海道大学 (2007.9).
52. R. Kodama (大阪大学)
“High Energy Density Science”
The Second Asian Summer School for Laser Plasma Accelerator and Radiations,
Kyoto, Japan (2007. 8)
53. 米田仁紀(電気通信大学)
「プラズマフォトニクス」
レーザー学会年次大会、宮崎シーガイア (2007.1.17)
54. R. Kodama (大阪大学),

” Light and Electron Guiding in Entrant Cone Shell Target for Fast Ignitor”,
Annual Meeting of the High Power Laser Science Community in UK, Oxford,
UK , (2006.12.18-19).

55. H. Yoneda (電気通信大学),
“Laser and Ion Experiments for WDM Studies at UEC and LBNL”,
US-Japan Work shop, LBNL, USA, (2006.12.14)

② 口頭発表 (国内会議 21 件、国際会議 88 件)

1. 浦西宏幸他(大阪大)X線トムソン散乱計測による極超高压炭素の状態診断 第52回
高压学会 沖縄キリスト教学院大学 2011年11月9日
2. A. Nishida(大阪大), Frequency upshift via flash ionization phenomena using
semiconductor plasma IFSA2011Palais des Congrès de Bordeaux-Lac, France 2011.9.15
3. 東口 武史(宇都宮大学)、Tunable terahertz radiation from an
ultrashort-laser-pulse-induced discharge in biased air、SPIE Optics and Photonics 2011、
San Diego Convention Center、2011年8月21日
4. 東口 武史(宇都宮大学)、THz wave up-frequency turning by rapidly plasma creation、
SPIE Optics and Photonics 2011、San Diego Convention Center、2011年8月21日
5. 東口 武史(宇都宮大学)、超短パルスレーザー誘起放電プラズマからのTHz放射特性、
電気学会、パルスパワー・放電合同研究会、岩手大学工学部一祐会館、2011年6月4日
6. 鈴木 史典(宇都宮大学)、相対論的電離面による周期静電場のテラヘルツ放射、日本物
理学会、第66回年次大会、新潟大学 五十嵐キャンパス、2011年3月28日
7. 仲田 真大(宇都宮大学)、フラッシュ電離によるテラヘルツ電磁波の周波数変換、日本物
理学会、第66回年次大会、新潟大学 五十嵐キャンパス、2011年3月28日
8. 米田仁紀他、伝播方向熱補正ドメイン反転分極結晶を使ったCWグリーン光の発生、
第31回レーザー学会年次大会調布、東京、9-10/1/2011
9. 長谷川登、米田仁紀他、パルス強磁場によるプラズマ軟X線レーザーの偏光制御に
ついて、第31回レーザー学会年次大会調布、東京、9-10/1/2011
10. 小林義弘(電気通信大学)、米田仁紀、伝播方向熱補正ドメイン反転分極結晶を使っ
たCWグリーン光の発生、レーザー学会第31回年次大会、電気通信大学(東京)2011. 1. 9
11. S. Rakesh(電気通信大学)、D. Baek、H. Yoneda、Plasma Photonic Device with
liquid metal surface、レーザー学会第31回年次大会 電気通信大学(東京)
2011. 1. 9
12. 熊谷泰輔 他、EUV光学素子の開発を目指した固体物質と高強度EUV-FELの相互作
用に関する研究、第31回レーザー学会年次大会調布、東京、9-10/1/2011
13. 並木智紀、米田仁紀他、強磁場中のレーザープラズマの発光特性、第31回レーザ
ー学会年次大会調布、東京、9-10/1/2011

14. 白 大烈, 米田仁紀、高平均出力THz光源の開発、第31回レーザー学会年次大会調
布、東京、9-10/1/2011
15. 米田仁紀(電気通信大学)、タンダステン物性とウォームデンスマター (WDM)、プラ
ズマ・核融合学会 第27回年会、北海道大学 (北海道) 2010. 12. 2
16. 實井辰也・尾崎典雅・Gianluca Gregori・犬伏雄一・Katerina Strakova・木村友亮・宮西宏
併・曾田智史・熊谷泰輔・浦西宏幸・西村博明・坂和洋一・Alessandra Benuzzi-Mounaix・
Michel Koenig・兒玉了祐、「高強度レーザーショックを用いたダイヤモンド融解曲線近傍状
態の生成とX線トムソン散乱計測実験」第51回高圧討論会, 仙台、20-22/10/201
17. 米田仁紀他、超短パルスレーザーを利用したWarm dense matter 実験, 第51回高圧討
論会, 仙台、20-22/10/2010
18. 梶野祥平, 神門正城, 水田好雄, 西田明憲, 小瀧秀行, 森道昭, 益田伸一, Sergei
Bulanov, 細貝知直, 兒玉了祐「レーザー航跡場加速に用いる超音速ガスジェット標的の3
次元密度分布評価」、日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大学、23/9/2010
19. 西田明憲, 水田好雄, 益田伸一, A.Zhidkov, 細貝知直, 兒玉了祐、「強磁場印加型の
レーザー航跡場加速実験に用いるパルス駆動電磁石」、日本物理学会2010年秋季大会、
大阪府立大学、23/9/2010
20. 水田好雄, 西田明憲, 益田伸一, 神門正城, 森道昭, 小瀧秀之, 林由紀雄, A.Zhidkov,
S.V.Bulnov, 細貝知直, 兒玉了祐、「レーザー航跡場加速におけるプラズママイクロオブ
ジェクトの利用とプレチャネル形成過程」、日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大
学、23/9/2010
21. 門田裕一郎, 兒玉了祐、「極小F値集光光学系を利用した真空非線形光学効果の増大」、
日本物理学会2010年秋季大会、大阪府立大学、24/9/2010
22. 米田仁紀他、Warm dense matterからの輻射偏光特性の研究、日本物理学会2010年秋
季大会、大阪府立大学、24/9/2010
23. 湯上 登(宇都宮大学)、フラッシュ電離によるテラヘルツ電磁波の周波数上昇、日本物
理学会、2010年秋季大会、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2010年9月23日
24. 東口 武史(宇都宮大学)、超短パルスレーザー駆動パルス放電によるテラヘルツ放射、
日本物理学会、2010年秋季大会、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2010年9月23日
25. 大塚 崇光(宇都宮大学)、フィラメント大気プラズマによる超短パルスレーザーのスペク
トル赤方偏移特性、日本物理学会、2010年秋季大会、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、
2010年9月23日
26. 東口 武史(宇都宮大学)、超短パルスレーザー誘起放電大気プラズマからのテラヘルツ
放射特性、2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会、長崎大学文教キャンパス、
2010年9月16日
27. 湯上 登(宇都宮大学)、瞬時電離によるテラヘルツ波の周波数上昇、2010年秋季 第71
回応用物理学会学術講演会、長崎大学文教キャンパス、2010年9月16日

28. 米田仁紀(電気通信大学)、極短波長～X線自由電子レーザーを利用した新しい高エネルギー密度科学、第5回 XFELシンポジウム、SPRING-8(兵庫)2010.7.12
29. 大塚 崇光(宇都宮大学)、大気中を長尺伝搬する超短パルスレーザースペクトルのレッドシフトの観測、レーザー学会学術講演会、第30回年次大会、千里ライフサイエンスセンター、2010年2月3日
30. 申定訓, Z. Jin, Z. L. Chen, 木村真大, 和田充史, 兒玉了祐「2波長超高強度短パルスレーザー励起ガスプラズマからのテラヘルツ波発生」日本物理学会, 2009年秋季大会、熊本大学黒髪キャンパス (熊本県熊本市) (2009.9.26).
31. 大塚崇光, 東口武史, 湯上 登, 谷田貝豊彦「大気中での長尺フィラメンテーションによる超短パルスレーザースペクトルの赤方偏移特性」, 日本物理学会, 2009年秋季大会, 熊本大学黒髪キャンパス (熊本県熊本市) (2009.9.26).
32. 山口麻美, 寺内宏満, 白金香, 東口武史, 湯上登, 谷田貝豊彦, 「アルカリ金属を用いる極端紫外光の放射特性」, 日本物理学会, 2009年秋季大会, 熊本大学黒髪キャンパス (熊本県熊本市) (2009.9.26).
33. Erik Brambrink, H. G. Wei, B. Barbreil, P. Audebert, A. Benuzzi, C. Gregory, M. Rabec le Gloahec, M. Koenig, T. Endo, T. Kimura, R. Kodama, N. Ozaki, T. Boehly, H.-S. Park, 'Hard x-rays as a diagnostic tool for warm dense matter', 16th APS Topical Conference on Shock Compression of Condensed Matter, Nashville, Tennessee, (June 28-July 3 2009)
34. T. Endo, A. N. Ozaki, A. T. Fujiwara, B. M. Tanabe, B. M. Koenig, C. W. Nazarov, D. T. Vinch, E. S. Fujioka, B. T. Kimura, A. K. Miyanishi, A. T. Jitsui, A. Y. Sakawa, B. and R. Kodama, "Development of Hard X-Ray Radiography for Simultaneous Shock Diagnostics with VISAR and SOP at the GEKKO/HIPER Laser Facility" International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan (2009.3)
35. Tatsuya Jitsui, Norimasa Ozaki, Gianluca Gregori, Alessandra Benuzzi-Mounaix, Michel Koenig, David Riley, Yuichi Inubushi, Takashi Endo, Shinsuke Fujioka, Tomoaki Kimura, Kohei Miyanishi, Toshihiro Tanaka, Shunsuke Morimoto, Shinsuke Oshima, Minoru Tanabe, Yoichi Sakawa, Katerina Strakova, Justine Wark, and Ryosuke Kodama, "X-Ray Scattering Measurements on Diamond under Laser-Driven Shock Compression" International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan (2009.3)
36. S. Morimoto, T. Tanaka, Y. Inubushi, and R. Kodama, "Cherenkov X-Ray Radiation Generated by Laser-Produced High Energy Density Electron Beam" International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan (2009.3)
37. A. Nishida, Z. L. Chen, Z. Jin, H. Yoneda, K. Kondo, N. Yugami and R. Kodama, "High Energy Density Electrons Controlled by Ultra-Intense Laser Coupled

With a Micro-Pulse Power Discharged Fiber”
Fundamentals and Applications of Microplasmas, San Diego, California,
USA(2009.03.01-2009.03.06)

38. 西田明憲,米田仁紀,鮎田謙一,坂和洋一,堂埜誠一,丹治浩樹,近藤公伯,堀岡一彦,柴田一成,北村光,兒玉了祐,三間罔興
「Top-Bプロジェクト10Mgauss級超強磁場発生実験」,
日本物理学会 第64回年次大会, 立教大学(2009.3)
39. 今亮, 中堤基彰, J.Fuchs, S. Buffecho, P. Audebert, 陳正林, 兒玉了祐,
「極小F値集光プラズマミラーを用いた高エネルギープロトンの生成に関する研究」
日本物理学会2009年春季大会, 立教大学(2009.3)
40. 今亮,中堤基彰, 陳正林, 金展, 反保元伸, 片山祐輔, 鈴木健治, 澤井清信, 田中和夫,
谷本壯, 畠山幹生, 兒玉了祐,
「超高強度場のための極小F値集光プラズマミラーに関する研究」
レーザー学会学術講演会第29回年次大会, 徳島大学(2009.1)
41. 工藤 正志, 齋藤 友伸, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 高橋 栄治, 「アルゴンガス中の超短パルスレーザー光の伝搬ダイナミクス」, レーザー学会学術講演会, 第 29 回年次大会, 11aV-8, 徳島大学工学部 (徳島県徳島市) (2009.1.11).
42. 長谷川 英之, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「フェムト秒レーザー生成プラズマを用いたテラヘルツ電磁波の周波数変換」, プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 3aB05P, 栃木県総合文化センター (栃木県宇都宮市) (2008.12.3).
43. 西米 宏史, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「相対論的電離面による周期静電場のテラヘルツ電磁波変換」, プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 3aB04P, 栃木県総合文化センター (栃木県宇都宮市) (2008.12.3).
44. 寺内 宏満, 鈴木 良平, 白 金香, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「ハイブリッド励起カリウムプラズマを用いる極端紫外光源の開発」, プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 3aB02P, 栃木県総合文化センター (栃木県宇都宮市) (2008.12.3).
45. 工藤 正志, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「簡易パルス圧縮器を用いた超短パルスレーザー光の発生」, プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 3aB03P, 栃木県総合文化センター (栃木県宇都宮市) (2008.12.3).
46. Hirotaka Nakamura, Ryosuke Kodama, Motonobu Tambo, Marco Borghesi, Lorenzo Romagnani, Julien Fuchs, Munib Amin, Ariane Pipahl, Oswald Willi, Takuya Michibata, Kunioki Mima, Hiroshi Azechi,
“Proton Radiography of Field Distributions in Ultra-Intense-Laser Plasma Interactions with Pulse of MeV Proton Beams”
50th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, American Physical Society, Dallas, USA(2008.11)
47. 西米 宏史, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「レーザー生成電離面による周期静電場からのテラヘルツ波変換」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2008, 4pP24, つくば国際会議場 (茨城県つくば市) (2008.11).

48. 寺内 宏満, 鈴木 良平, 白 金香, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「高輝度極端紫外光源のためのカリウムプラズマの特性」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2008, 6pP7, つくば国際会議場 (茨城県つくば市) (2008.11).
49. 白 金香, 寺内 宏満, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「プラズマチャネルによる超短パルス高強度レーザーの長尺伝搬」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2008, 4pP18, つくば国際会議場 (茨城県つくば市) (2008.11).
50. 長谷川 英之, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「フェムト秒レーザー生成プラズマを用いたテラヘルツ光の周波数上昇」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2008, 4pP21, つくば国際会議場 (茨城県つくば市) (2008.11).
51. 工藤 正志, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦, 「アルゴンガスを用いた高エネルギー超短パルスレーザーの圧縮」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2008, 4pP16, つくば国際会議場 (茨城県つくば市) (2008.11.4).
52. Chen Zhenglin, and Ryosuke Kodama
 “Plasma Devices to Control Energetic Electrons Produced by Ultra-intensity Lasers”
 International Conference on Ultrahigh Intensity Lasers, 上海交通大学 (2008.10.28)
53. 今亮, 兒玉了祐, Zhenglin Chen, 中堤基彰, 反保元伸, 片山祐輔, 谷本壮, 畠山幹生, 澤井清信, 鈴木健治, 田中和夫, 三間罔興
 「超高強度場のための極小F値集光プラズマミラーに関する研究」
 日本物理学会2008年秋季大会, 岩手大学上田キャンパス(2008.9.20)
54. 工藤 正志, 齋藤 友伸, 東口 武史, 湯上 登, 「アルゴンガス中を伝搬する超短パルスレーザーの圧縮伝搬特性」, 日本物理学会, 2008年秋季大会, 21aZH-1, 岩手大学上田キャンパス (岩手県盛岡市) (2008.9.21).
55. 湯上 登, 「高強度フェムト秒レーザー励起によるTHz波発生機構」, 2008年秋季 第69回応用物理学会学術講演会, 2p-ZB-5, 中部大学 (愛知県春日井市) (2008.9.2).
56. 今亮, Zhenglin Chen, 中堤基彰, 反保元伸, 片山祐輔, 兒玉了祐,
 “Elliptical plasma mirror for focusing laser light” SCIENT2008, 大阪大学(2008.7.31-8.1)
57. A.Nishida,Z.L.Chen,H.Arima,Z.Jin,K.Kondo,H.Yoneda and R.Kodama,
 “High Energy Density Electrons Controlled by Ultra-intense laser coupled with a Micro-Pulse power”
 GCOE第1回学生主催国際会議 SCIENT2008, 大阪大学(2008.7.31-8.1)
58. Masashi Kudo, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami
 “Compression of an ultrashort laser pulse via self-modulation in argon plasma channel”
 13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz, USA(2008.7.26-8.2).
59. Hideyuki Hasegawa, Hirofumi Nishimai, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Patric Muggli
 “Frequency upshift and radiation of the THz electromagnetic wave via an

ultrashort-laser-produced ionization front”
13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz,
USA(2008.7.26-8.2).

60. Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami
“Plasma parameter of a capillary discharge-produced plasma channel to guide
an ultrashort laser pulse”
13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz,
USA(2008.7.26-8.2)
61. 西田明憲(大阪大学) 他「レーザー・マイクロパルスパワー・ハイブリッド・プラズマフォトニ
ックデバイス」日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学(2008.3)
62. 疋田 真史, 寺内 宏満, 白 金香, 東口 武史, 湯上 登, 「キャピラリー放電プラズマ導
波路による高強度レーザーの長尺伝搬」, 日本物理学会, 2008年春季大会, 26pQE-1,
近畿大学大学本部キャンパス (大阪府東大阪市) (2008.3.22-26).
63. 田中敏博(大阪大学) 他「レーザー生成電子ビーム励起チェレンコフX線の応用」レーザ
ー学会学術講演会第28回年次大会, 名古屋国際会議場 (2008.1)
64. 西田明憲(大阪大学) 他「超高強度レーザーとマイクロパルスパワーによる高エネルギー
密度電子制御の可能性」レーザー学会学術講演会第28回年次大会, 名古屋国際会議場
(2008.1)
65. 湯上 登, 「レーザー生成プラズマからのテラヘルツ放射」, レーザー学会学術講演会,
第 28 回年次大会, 1pII-7, 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市) (2008.2.1).
66. M. Nakatsutsumi, (大阪大学) “Plasma optics to control a high-intensity laser
pulse” 1st Global COE International Symposium, Osaka, Japan (2008.1)
67. Z. Jin (大阪大学) “Smith-Purcell Radiation in Laser-plasma Interaction”, The
6th Asia Pacific Laser Symposium, Nagoya, Japan (2008.1)
68. H. Yoneda, (電気通信大学) “Wet Optics for high power lasers”, The 6th Asia
Pacific Laser Symposium Nagoya, Japan(2008.1)
69. Z. L. Chen (大阪大学) “Plasma Devices to Control Energetic Electrons Produced
by Ultra-intense Lasers”, The 6th Asia Pacific Laser Symposium, Nagoya,
Japan(2008.1)
70. 東口 武史, 疋田 真史, 寺内 宏満, 李 昆, 湯上 登, 「高強度レーザーのためのキャピ
ラリー放電プラズマ導波路の開発」, レーザー学会 第 368 回研究会, RTM-07-45, 宇
都宮大学工学部アカデミアホール (栃木県宇都宮市) (2007.12.6).
71. H. Yoneda, (電気通信大学) “WDM science”, プラズマ・核融合学会第19回年会、高
エネルギー密度科学シンポジウム, Himeji, Japan (2007.11)
72. 八重樫 健太, 大島 伸夫, 東口 武史, 湯上 登, 「半導体結晶を用いたDARCからのテ
ラヘルツ電磁波放射」, プラズマ核融合学会, 第 24 回年会, 27aC06P, イーグレひめじ
(兵庫県姫路市) (2007.11.27).

73. 疋田 真史, 寺内 宏満, 白 金香, 東口 武史, 湯上 登, 「キャピラリー放電プラズマ導波路による高強度レーザーの長尺伝搬」, プラズマ核融合学会, 第 24 回年会, 30aC19P, イーグレひめじ (兵庫県姫路市) (2007.11.30).
74. H. Nakamura, (大阪大学) “Quenching mode of efficient heating in entrant cone laser interactions” American Physical Society 49th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Orlando, Florida, USA (2007.11)
75. M.Tampo, et al., (大阪大学) “Energetic proton acceleration in ultra-intense laser interaction with super-low density targets”, American Physical Society 49th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Orlando, Florida, USA (2007.11)
76. K.Shibata (大阪大学) “New formula of Debye length in solid metallic hydrogen” American Physical Society 49th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Orlando, Florida, USA (2007.11)
77. K. Kondo et al. (大阪大学) “Laser acceleration with imploding plastic cylinder shell”, American Physical Society 49th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Orlando, Florida, USA (2007.11)
78. 東 恵悟(大阪大学) 他 「シリカエアロゲルターゲットを用いた超高強度レーザーによる高速イオンの発生」日本物理学会第62回年次大会, 北海道大学札幌キャンパス(2007.9)
79. 西田明憲(大阪大学) 他「超高強度レーザーとマイクロパルスパワーによる高エネルギー密度電子制御の可能性」日本物理学会第62回年次大会, 北海道大学札幌キャンパス(2007.9)
80. 反保元伸(大阪大学) 他「超高強度レーザー生成高速陽子ビームによる高密度プラズマ診断法」, 日本物理学会第62回年次大会, 北海道大学札幌キャンパス(2007.9)
81. 中村浩隆(大阪大学) 他「超高強度レーザーとコーンターゲット相互作用により生成される高エネルギー密度電子ビーム特性とその電子ビームによる固体ターゲット高速加熱」, 日本物理学会第62回年次大会, 北海道大学札幌キャンパス(2007.9)
82. 中川真(大阪大学) 他「EITを利用したプラズマフォトニックデバイスからのテラヘルツ波放射 I」, 2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会, 北海道工大(2007.9)
83. 近藤公伯(大阪大学) 他、“チャーパルス増幅を伴ったカーレンズモードロック発振器の開発”、2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会, 北海道工大(2007.9)
84. H. Nakamura (大阪大学) “Energetic Electron Spectra Dependent on PW Laser Interactions with an Entrant Cone Wall”, The 5th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications, Kobe, Japan (2007.9)
85. R. Kodama (大阪大学) “Isentropic Compression for Novel Metallic States of Matter”, International Workshop on Warm Dense Matter, Porquerolles, France (2007 6)
86. 兒玉了祐 (大阪大学) 「プラズマフォトニクス」, 第 54 回応用物理学関係連合講演会,

青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.28).

87. 近藤公伯 (大阪大学)「超高速プラズマ制御とプラズマを利用したパルス圧縮の可能性」、第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.28).
88. 中新信彦 (大阪大学)「SPRING-8入射用ライナックを利用したGeV電子線に対するイメージングプレート絶対感度較正」第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.29).
89. 米田仁紀 (電気通信大学)「warm dense matterを使ったプラズマフォトニクス」第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.27-30).
90. 湯上 登, (宇都宮大)「フェムト秒高強度レーザー生成高密度プラズマからのテラヘルツ波放射特性」第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.27-30).
91. 大島 伸夫 (宇都宮大)「ZnSe結晶中の周期静電場のテラヘルツ波変換」第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学 相模原キャンパス (2007.3.27-30).
92. 田中敏博(大阪大学)「プラズマフォトニックデバイスによる単色チェレンコフX線発生の可能性」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
93. 栗野信哉(大阪大学)「超高強度レーザーによる高速イオンの発生特性」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
94. 中村浩隆(大阪大学)「シリンダー爆縮プラズマ中における高エネルギー密度電子ビームの伝搬」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
95. 中堤基彰(大阪大学)「低密度プラズマ中の高強度レーザー・レーザー相互作用」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
96. 柴田一範(大阪大学)「金属水素の超電導化によるデバイ長とイオン間ポテンシャルの変化」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
97. 有馬宏和(電気通信大学)「レーザーアブレーション圧縮による超強磁場発生実験」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
98. 高橋浩志(電気通信大学)「WDM領域でのBlack glassの可能性」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
99. 斉藤英雄(電気通信大学)「WarmDenseMatter領域での新たな金属-絶縁体遷移過程の可能性」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
100. 北村光(京都大学)「変分合流理論による水銀の状態方程式・気体-液体転移と実験との比較」日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).
101. 大島 伸夫 (宇都宮大学)「超短パルスレーザー生成電離面による周期静電場の電磁波変換」, 日本物理学会, 2007年春季大会, 鹿児島大学郡元キャンパス (2007.3.18-21).

- 102.H. Nakamura, (大阪大学), “Light and Electron Guiding in Cone Shell Target for Fast Ignition” 7th Japan-US Fast Ignition Workshop, Otsu, Japan (2007.1. 9-10)
- 103.M. Nakatsutsumi, (大阪大学), ” Light Guiding in Cone Shell Target for Fast Ignition”, 7th Japan-US Fast Ignition Workshop, Otsu, Japan (2007.1. 9-10).
- 104.M. Nakatsutsumi, (大阪大学), ”Temperature measurements of the rear surface foil targets in petawatt laser-solid interactions”, Annual Meeting of the High Power Laser Science Community in UK, Oxford, UK (2006.12..18-19).
- 105.湯上 登(宇都宮大学)「レーザー生成プラズマからのサブテラヘルツ電磁波放射」レーザー学会学術講演会第27回年次大会,宮崎市フェニックスシーガイヤリゾート (2007.1.17-18)
- 106.兒玉了祐「高エネルギー密度プラズマフォトリニクスの可能性」プラズマ・核融合学会第23回年会, 筑波大学大学会館 (2006.11.23).
- 107.米田仁紀 (電気通信大学)「フォトリニククリスタル用ドロップレットレンズの開発」Optical Society Japan, 東京一ツ橋 (2006.11.10)
- 108.M. Nakatsutsumi (大阪大学), ”Dynamics of high power and long pulse laser propagation and its control in underdense plasmas”, 8th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Philadelphia, USA. (2006.10.3-11.3).
- 109.H. Nakamura (大阪大学) ”Collimation of laser-induced high energy density electrons in imploded cylinder plasmas” 48th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Philadelphia, USA. (2006.10.3-11.3).

③ ポスター発表 (国内会議 15 件、国際会議 55 件)

1. Akinori Nishida(大阪大学)、THz wave up-frequency turning by rapidly plasma creation、The 36th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2011)、Hyatt Regency Downtown Houston TX USA、2011年10月5日
2. Noboru Yugami(宇都宮大学)、Generation of THz radiation from a periodic electrostatic field via a relativistic ionization front、The 36th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2011)、Hyatt Regency Downtown Houston TX USA、2011年10月5日
3. Akinori Nishida(大阪大学)、Frequency upshift via flash ionization phenomena using semiconductor plasma、The Seventh International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2011)、Palais des Congrès de Bordeaux-Lac, France、2011年9月12日
4. Noboru Yugami(宇都宮大学)、THz radiation from an ultrashort-laser-induced fast sparse plasma、The Seventh International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2011)、Palais des Congrès de Bordeaux-Lac, France、2011年9月12日
5. Takeshi Higashiguchi(宇都宮大学)、Dynamics of the spectral behavior of the ultrashort

laser pulse in an argon-gas-filled capillary discharge-preformed plasma channel, The Seventh International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2011), Palais des Congrès de Bordeaux-Lac, France, 2011年9月14日40.

6. Shohei Sakai (宇都宮大学)、Dynamics of the ultrashort laser pulse in a capillary discharge-preformed argon plasma channel, SPIE Optics and Photonics 2011, San Diego Convention Center, 2011年8月24日
7. 柏崎 宏明 (宇都宮大学)、超短パルスレーザー駆動プラズマアンテナのテラヘルツ放射特性、プラズマ核融合学会, 第 27 回年会、北海道大学学術交流会館、2010年12月1日
8. Takeshi Higashiguchi, Mami Yamaguchi, Takamitsu Otsuka, Hiromitsu Terauchi, Noboru Yugami, Rebekah D'Arcy, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Spectral and Temporal Behaviors of Alkali Metal Vapor Extreme Ultraviolet Sources for Surface Morphology Applications", 2010 International Workshop on Extreme Ultraviolet Sources, University College Dublin, Dublin, Ireland, 11月14日
9. Takamitsu Otsuka, Deirdre Kilbane, John White, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Weihua Jiang, Akira Endo, Padraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Rare-earth Plasmas as Next Generation Extreme Ultraviolet Lithography Sources at 6.5-6.7 nm", 2010 International Workshop on Extreme Ultraviolet Sources, University College Dublin, Dublin, Ireland, 11月14日
10. 鈴木 光騎 (宇都宮大学)、超短パルスレーザー誘起パルス放電からのテラヘルツ電磁波放射特性、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2010、中央大学駿河台記念館、2010年11月10日
11. Noboru Yugami (宇都宮大学)、Plasma parameters of a capillary plasma channel for laser guiding, 52th Annual Meeting, APS Division of Plasma Physics, Hyatt Regency Chicago, 2010年11月9日
12. Noboru Yugami (宇都宮大学)、Frequency upshift of terahertz radiation via flash ionization scheme, 52th Annual Meeting, APS Division of Plasma Physics, Hyatt Regency Chicago, 2010年11月11日
13. Noboru Yugami (宇都宮大学)、Terahertz radiation in an ultrashort-laser-induced discharge plasma in air, 52th Annual Meeting, APS Division of Plasma Physics, Hyatt Regency Chicago, 2010年11月12日
14. Takamitsu Otsuka, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, Weihua Jiang, Akira Endo, Deirdre Kilbane, Rebekah D'Arcy, John White, Padraig Dunne, and Gerard O'Sullivan, "Laser-produced plasma EUV source around 6.7-6.8 nm for future semiconductor lithography", 2010 International Symposium on Extreme Ultraviolet Lithography, Kobe International Conference Center (Kobe, Japan), 10月18日
15. Takeshi Higashiguchi (宇都宮大学)、Terahertz radiation in an optical-field-induced ionization in air with a pulsed electrostatic field, The 35th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2010), Pontificia Università'S. Tommaso d'Aquino, 2010年9月9日

16. Takeshi Higashiguchi (宇都宮大学)、Experimental observation of frequency up conversion of terahertz using laser produced plasmas、The 35th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2010)、Pontificia Universita'S. Tommaso d'Aquino、2010年9月9日
17. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Pdraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Compact extreme ultraviolet source by use of a discharge-produced potassium plasma for surface morphology application", 2010 Advanced Accelerator Concepts Workshop (AAC 2010), SPIE Optics+Photonics, San Diego Convention Center (San Diego, CA, USA), 8月2日
18. Takeshi Higashiguchi, Hiromitsu Terauchi, Noboru Yugami, Toyohiko Yatagai, Pdraig Dunne, and Gerry O'Sullivan, "Property of a hollow cathode discharge-produced microplasma extreme ultraviolet source with alkali metal vapor", European Physical Society 37th Conference on Plasma Physics, National Centre for Plasma Science & Technology, Dublin City University (Dublin, Ireland), 6月22日
19. Hiromitsu Terauchi (宇都宮大学)、Plasma diagnostics of a capillary plasma channel for laser guiding、2010 Advanced Accelerator Concepts Workshop (AAC 2010)、Loews Annapolis Hotel、2010年6月15日
20. Takamitsu Otsuka (宇都宮大学)、Characterization of the spectral red-shift during the propagation of femtosecond laser pulse in air、SPIE Photonics Europe 2010、The Square Conference Ctr.、2010年4月13日
21. 東口 武史 (宇都宮大学)、超短パルスレーザーの赤方偏移の観測、プラズマ核融合学会、第 26 回年会、京都市国際交流会館、2009年12月1日
22. 東口 武史 (宇都宮大学)、テラヘルツ電磁波の周波数上昇の観測、プラズマ核融合学会、第 26 回年会、京都市国際交流会館、2009年12月1日
23. 東口 武史 (宇都宮大学)、相対論的電離面による周期静電場からのテラヘルツ電磁波発生、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2009、朱鷺メッセ:新潟コンベンションセンター、2009年11月24日
24. 大塚 崇光 (宇都宮大学)、大気中を伝搬する超短パルスレーザーの長尺伝搬と赤方偏移特性、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan in 2009、朱鷺メッセ:新潟コンベンションセンター、2009年11月24日
25. Takamitsu Otsuka, Shohei Sakai, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Toyohiko Yatagai, "Characteristics of red-shift of the ultrashort laser spectrum in air", 8th International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science (ISUILS8), P-16, Elounda Bay Palace (Crete, Greece) (2009.10.3-7).
26. Takeshi Higashiguchi, Masashi Kudo, Takamitsu Otsuka, Noboru Yugami, and Toyohiko Yatagai, "Self pulse compression of a 20-mJ energy ultrashort laser in an argon filamentation channel", 8th International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science (ISUILS8), P-18, Elounda Bay Palace (Crete, Greece) (2009.10.3-7).

27. Takeshi Higashiguchi, Masashi Kudo, Takamitsu Otsuka, Noboru Yugami, and Toyohiko Yatagai, "Self pulse compression of a 20-mJ energy ultrashort laser in an argon filamentation channel", International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science, Elounda Bay Palace (Crete, Greece) (2009.10.3-7).
28. Inubushi Yuichi, 'Plasma Photonic Devices with Complex Refractive Index in Euv Region', The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications(IFSA2009), San Francisco, U.S.A, September 6 – 11, 2009
29. Kon Akira, 'Focusing Ultraintense Laser by an Aspheric Plasma Mirror with Super Small F-Number', The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications(IFSA2009), San Francisco, U.S.A, September 6 – 11, 2009
30. T. Higashiguchi, M. Kudo, T. Otsuka, N. Yugami, T. Yatagai, and R. Kodama, "Propagation dynamics of an ultrashort, high energy laser pulse via self-modulation in gas medium with atmospheric pressure for laser compression", The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2009), Poster 3.10.065, InterContinental Hotel (San Francisco, California, USA) (2009.9.9).
31. T. Higashiguchi, H. Terauchi, N. Yugami, T. Yatagai, and R. Kodama, "Plasma parameters of a capillary discharge-produced plasma channel to guide an intense laser pulse", The Sixth International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2009), Poster 3.10.067, InterContinental Hotel (San Francisco, California, USA) (2009.9.9).
32. T.Endo, N.Ozaki, T.Fujiwara, M.Tanabe, M.Koenig, W.Nazarov, T.Vinch, S.Fujioka, T.Kimura, K.Miyaniishi, T.Jitusi, Y.Sakawa, R.Kodama, 'Development of hard x-ray radiograph for simultaneous shock diagnostics with VISAR and SOP', 22nd AIRAPT ; Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50 ; International Conference on High Pressure Science and Technology, Tokyo, Japan , July 26 - 31, 2009
33. A.Nishida , Z.L.Chen, Z.Jin , H.Yoneda , N.Yugami, N.Hosokai, and R.Kodama, 'Study of High Energy Density Electrons with Ultra Intense Laser Light in Micro Pulse Power Discharged Fiber', 17th International Pulsed Power Conference, Washington, DC, USA, June 29 - July 2, 2009
34. T. Endo, A N.Ozaki, A T.Fujiwara, B M.Tanabe, B M.Koenig, C W.Nazarov, D T.Vinch, E S.Fujioka, B T.Kimura, A K.Miyaniishi, A T.Jitsui, A Y.Sakawa, B and R.Kodama, "Development of Hard X-Ray Radiography for Simultaneous Shock Diagnostics with VISAR and SOP at the GEKKO/HIPER Laser Facility", International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan, Mar. 16-19, 2009
35. Tatsuya Jitsui, Norimasa Ozaki, Gianluca Gregori, Alessandra Benuzzi-Mounaix, Michel Koenig, David Riley, Yuichi Inubushi, Takashi Endo, Shinsuke Fujioka, Tomoaki Kimura, Kohei Miyaniishi, Toshihiro Tanaka, Shunsuke Morimoto, Shinsuke Oshima, Minoru Tanabe, Yoichi Sakawa, Katerina Strakova, Justine Wark, and Ryosuke Kodama, "X-Ray Scattering Measurements on Diamond under Laser-Driven Shock Compression", International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan, Mar.

16-19, 2009

36. S. Morimoto, T. Tanaka, Y. Inubushi, and R. Kodama, "Cherenkov X-Ray Radiation Generated by Laser-Produced High Energy Density Electron Beam", International Workshop on Warm Dense Matter 2009, Hakone, Japan, Mar. 16-19, 2009
37. A.Nishida, Z.L.Chen, Z.Jin, H.Yoneda, K.Kondo, N.Yugami, and R.Kodama, "High Energy Density Electrons Controlled by Ultra-Intense Laser Coupled with a Micro-Pulse Power Discharged Fiber", Fundamentals and Applications of Microplasmas, San Diego, California, USA, Mar. 1-6, 2009 .
38. 寺内 宏満, 鈴木 良平, 白 金香, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦,
「ハイブリッド励起カリウムプラズマを用いる極端紫外光源の開発」
プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 栃木県総合文化センター (2008.12.2-5).
39. 工藤正志, 東口武史, 湯上登, 谷田貝豊彦
「簡易パルス圧縮器を用いた超短パルスレーザー光の発生」
プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 栃木県総合文化センター (2008.12.2-5).
40. 西米 宏史, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝豊彦
「相対論的電離面による周期静電場のテラヘルツ電磁波変換」
プラズマ核融合学会, 第 25 回年会, 栃木県総合文化センター (2008.12.2-5).
41. Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami
Capillary plasma waveguide to guide an ultrashort laser pulse
APS-DPP, 2008 年 11 月 17-21 日 Dallas, TX
42. 白 金香, 寺内 宏満, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦,
「プラズマチャネルによる超短パルス高強度レーザーの長尺伝搬」
日本光学会年次学術講演会, つくば国際会議場 (2008.11.4-6).
43. 工藤 正志, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦,
アルゴンガスを用いた高エネルギー超短パルスレーザーの圧縮」
日本光学会年次学術講演会, つくば国際会議場 (2008.11.4-6).
44. 西米 宏史, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦,
「レーザー生成電離面による周期静電場からのテラヘルツ波変換」
日本光学会年次学術講演会, つくば国際会議場 (2008.11.4-6).
45. 長谷川 英之, 東口 武史, 湯上 登, 谷田貝 豊彦
「フェムト秒レーザー生成プラズマを用いたテラヘルツ光の周波数上昇」
日本光学会年次学術講演会, つくば国際会議場 (2008.11.4-6).
46. Y. Inubushi, T. Tanaka, R. Kodama, H. Yoneda, J. Ishida, N. Yugami, H. Kitamura, M. Nagasono, M. Yabashi, A. Higashiya, and T. ISHIKAWA,
"XFEL focus experiment in Spring-8"
Interaction of free-electron-laser radiation with matter: recent experimental achievements, challenges for theory, DESY,Hamburg, Germany (2008.10.9)
47. Hikaru Kitamura,

- Cluster-model study on the K-shell excited states of crystalline lithium under intense laser irradiation
ISSPIC-14, (2008/9/15-19)
48. T. Kon, Z. Chen, M. Nakatsutsumi, M. Tambo, Y. Katayama, R. Kodama
Elliptical plasma mirror for focusing laser light
SCIENT2008, Osaka Univ. (2008.7.31-8.1)
49. Nishida, Z.L.Chen, H.Arima, Z.Jin1, K.Kondo, H.Yoneda and R.Kodama
High energy density electrons controlled by ultra-intense laser
SCIENT2008, Osaka Univ. (2008.7.31-8.1)
50. Masashi Kudo, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami
Compression of an ultrashort laser pulse via self-modulation in argon plasma channel
13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz, USA(2008.7.26-8.2).
51. Hideyuki Hasegawa, Hirofumi Nishimai, Takeshi Higashiguchi, Noboru Yugami, and Patric Muggli
Frequency upshift and radiation of the THz electromagnetic wave via an ultrashort-laser-produced ionization front
13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz, USA(2008.7.26-8.2).
52. Hiromitsu Terauchi, Jin-xiang Bai, Takeshi Higashiguchi, and Noboru Yugami
Plasma parameter of a capillary discharge-produced plasma channel to guide an ultrashort laser pulse
13th Advanced Accelerator Concepts Workshop, Santa Cruz, USA(2008.7.26-8.2).
53. H. Terauchi, M. Hikida, J. Bai, T. Higashiguchi, N. Yugami
Plasma Diagnostics of a Capillary Discharge-Produced Plasma to Guide an Ultrashort, Intense Laser Pulse and its Electron Acceleration
ICOPS2008, 3P42, Karlsruhe, Germany(2008.6.15-19).
54. H. Nishimai, K. Yaegashi, H. Hasegawa, T. Higashiguchi, N. Yugami, P. Muggli
Terahertz Radiation Source From a Static Electric Field Via a Laser-Produced Ionization Front
ICOPS2008, 3P51, Karlsruhe, Germany(2008.6.15-19).
55. M. Nakatsutsumi et al., (大阪大学) “Refluxing and control of high-energy density electrons in ultra-intense laser-plasma interactions” The 6th Asia Pacific Laser Symposium, Nagoya, Japan (2008.1)
56. H. Yoneda, (電気通信大学) “High Energy density Plasma Photonics”, Int. Symp. On Coherent Optical Science, Tokyo, Japan (2007.12)
57. T. Kai, et al (電気通信大学) “Wet optics ultra-short intense laser”, Joint Symposium of 21st COE of TUAT and UEC, Tokyo Japan (2007.11)
58. 八重樫 健太, (宇都宮大学) 他 「半導体結晶を用いたDARCからのテラヘルツ電磁波

放射」, プラズマ核融合学会, 第 24 回年会, 27aC06P, イーグレひめじ (兵庫県姫路市) (2007.11).

59. T. Higashiguchi, M. Hikida, H. Terauchi, Kun Li, N. Yugami, R. Kodama
"Guiding of an intense, ultrashort laser pulse in a discharge-produced capillary plasma for electron acceleration application"
米国物理学会 BP8.00003 2007 年 11 月 12-16 日 (フロリダ州, オーランド).
60. N. Yugami, "THz radiation generation via laser plasma interaction experiments",
Asian Pacific Meeting on Frontiers in Plasma Science, Singapore (Oct.31-Nov.2, 2007).
61. N. Yugami, T. Higashiguchi, K. Li, N. Ohata,
"Observation of THz radiation by use of a femtosecond laser pumped DARC source",
Utsunomiya Univ. (Japan) Proceedings of SPIE, vol.6772-03, Optics East, Boston (Sep. 9-12, 2007).
62. A. Nishida, et al (大阪大学) "Study of novel plasma devices generated by high power lasers coupled with a micro-pulse power technology" The 5th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications, Kobe, Japan (2007.9)
63. Nobuo Ohata et al., (宇都宮大学) "Direct conversion of THz emission from a periodic electrostatic field by use of a laser-produced relativistic ionization front", IRMMW-THz 2007, The Joint 32nd International Conference on Infrared & Millimetre Waves and 15th International Conference on Terahertz Electronics, A-CQwx-dPDO, Cardiff (Cardiff, UK) (2007.9.)
64. Nobuo Ohata et al., (宇都宮大学) "Conversion of THz Emission from a Periodic Electrostatic Field via an Ultrashort Laser-produced Relativistic Ionization Front", IQEC and CLEO-PR 2007, FH2-4, COEX (Seoul, Korea) (2007.8)
65. Nobuo Ohata et al., (宇都宮大学) "High power, 1-THz source based on a femtosecond laser-pumped DC to AC Radiation Converter scheme", CLEO EUROPE IQEC 2007, CG-1-WED, Munich ICM, International Congress Centre (Munich, Germany) (2007.6)
66. R. Kodama et al., (大阪大学) "Three-body Recombination Heating vs Free-Bound Transition Anomaly in Intense XFEL Matter Interactions"
International Workshop on Warm Dense Matter, Porquerolles, France (2007 6)
67. M. Nakagawa (大阪大学) "Electromagnetically induced transparency at Ion Acoustic Frequency in Dense Plasmas" 8th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Philadelphia, USA. (2006.10.3-11.3)
68. Noboru Yugami, (宇都宮大学) "Characteristics of THz emission from a femtosecond-laser produced dense plasma" 8th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Philadelphia, USA. (2006.10.3-11.3)
69. Takeshi Higashiguchi, (宇都宮大学) "Guiding of an intense, femtosecond laser

pulse in a discharge-produced capillary plasma” 8th Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Philadelphia, USA. (2006.10.3-11.3)

70. 本田高広(大阪大学)「テーブルトップテラワットレーザーを用いた長尺キャピラリーによる電子加速」プラズマ・核融合学会第23回年会、筑波大学大学会館、(2006.11.23)

(4)知財出願

① 内出願 (4件)

1. 電子流供給装置及び供給方法 04606839 (2010/10/15 登録)
兒玉了祐 他
2. パルス圧縮器及びレーザ発生装置 (2011/7/1 登録)
近藤公伯、兒玉了祐 他
3. チャープパルス増幅を利用した広帯域超短パルス光発振器,
近藤公伯、尾松孝茂、
国立大学法人大阪大学、国立大学法人千葉大学 2006/5/25
2006-146584
4. 高強度パルスレーザー光のプレパルス抑制方法、過渡回折格子素子、
チャープパルスレーザー光の圧縮方法、位相共役光の生成方法、およびス
ペクトル位相共役光の生成方法
近藤公伯、尾松孝茂、2006/7/24 2006-200897

② 外出願 (0 件)
なし

③その他の知的財産権
なし

(5)受賞・報道等

①受賞

兒玉了祐 他:	レーザー学会進歩賞 (2011/5)
兒玉了祐:	井上振興財団 井上學術賞 (2011/2)
Ryosuke KODAMA:	American Physical Society Fellow (2008/11)
Ryosuke KODAMA:	Nuclear Fusion prize in 2007 from IAEA (International Atomic Energy Agency) - Atoms for Peace – (2008/8)
Ryosuke KODAMA et al., :	The Daiwa Adrian Prize from the Daiwa Anglo-Japanese Foundation (2007/12)
Ryosuke KODAMA et al., :	2006 Awards for Excellence in Plasma Physics from the American Physical Society(2006/10)
米田仁紀:	文部科学省ナイスステップな研究者 2008 (2008/12)
米田仁紀:	プラズマ・核融合学会貢献賞 (2007/11)

②マスコミ(新聞・TV等)報道

2011年8月18日 朝日新聞、読売新聞

2011年8月5日	「プラズマミラーと強い光で真空を観察」 日刊工業新聞、共同通信、西日本新聞他 地方紙
2010年10月16日	「プラズマミラーによる真空非線形光学」 日刊工業新聞
2010年10月14日	「レーザー加速イオン」 日経産業新聞
2007年9月28日	「医療に役立つレーザー加速イオン」 日刊工業新聞
	「高エネルギー密度科学で日英ワークショップ」

③その他

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・本研究で効率的な高エネルギーイオンビーム発生のためのプラズマを実現するために我が国で最も軽い個体として開発した低密度エアロジェルに関して、共同研究を開始。JST「A-STEP」事業にも応募。

② 社会還元的な展開活動

- ・なし

§ 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011.11.26-29	高エネルギー密度科学に関する日英米仏ワークショップおよびウインタースクール	金沢	60人	プラズマフォトンクスを始め相対論プラズマなど超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関するワークショップおよびウインター
2011.9.22	XFELを用いた高エネルギー密度科学研究会	大阪大学	20人	XFELを用いた高エネルギー密度科学に関する討論会
2011.7	高校生のための金曜日特別講座「強い光で創り出す極限の世界」	大阪大学(中四国地区高等学校)	100人(遠隔)	テレビ会議システムによる中四国地区6高等学校へ配信
2011.1	第3回高エネルギー密度科学に関する日仏ワークショップおよびウインタースクール	仏国・レウーシュ	70人	プラズマフォトンクスを始め相対論プラズマなど超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関する日仏

				ワークショップおよびウインター
2011.1	第4回高エネルギー密度科学に関する日英ワークショップおよびウインタースクール	英国・エジンバラ	60人	プラズマフォトンクスを始め相対論プラズマなど超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関する日英ワークショップおよびウインター
2010.1.7-9	第3回高エネルギー密度科学に関する日英ワークショップおよびウインタースクール	日本・万世閣(北海道)	40人	プラズマフォトンクスを始め相対論プラズマなど超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関する第3回日英ワークショップおよびウインタースクールを主催。
2009年3月16-19日	International Workshop on Warm Dense Matter	ホテル小涌園(箱根)	80人	プラズマフォトンクデバイス開発上で重要なデータベースとしての固体プラズマ中間体物性(WDM)に関する第6回WDM国際ワークショップを日本で初めて主催。
2008年12月15日-16日	第2回高エネルギー密度科学に関する日英ワークショップ	英国・王立協会(ロンドン)	45人	プラズマフォトンクスを始め相対論プラズマなど超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関する第2回日英ワークショップを主催した。また本ワークショップは日英国交150周年記念事業の1つとして行われた。
2008年10月9-10日	第1回高エネルギー密度科学に関する日仏ワークショップ	日仏会館(東京)	40	プラズマフォトンクスを始めとした超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学に関する第1回日仏ワークショップを主催した。また本ワークショップは日仏国交150周

				年記念事業の1つとして行われた。
2008年9月14日-15日	高エネルギー密度科学における相対論プラズマに関するセミナー	杉乃井ホテル(別府)	15	日米の科学者を中心に超高強度レーザープラズマに関するワークショップ
2008年1月10日-16日	2008 Warm Dense Matter Winter School	Berkeley, CA, USA	90	プラズマフォトニックデバイス開発の上で重要な基礎データベースとしての固体-プラズマ中間体物性(WDM)に関する国際的な冬の学校を開催した。日本から20名以上の若手研究者、学生派遣。
2007年9月18日-19日	高エネルギー密度科学に関する日英ワークショップ	駐日英国大使館(東京)	40人	日英の研究者が「高エネルギー密度科学」という新しい分野での今後の研究協力について議論を行い、共同宣言を採択。
2007年3月28日	2007年春応用物理学会シンポジウム「プラズマフォトニクスの幕開けと展開」	青山学院大学相模原キャンパス	40	高エネルギー密度プラズマフォトニクスの可能性と今後の展開を含めたパネル討論会が行われた。
2006年11月29日	プラズマ・核融合学会第23回年会学術シンポジウム「高エネルギー密度プラズマフォトニクスの展開」	筑波大学大会館	50	光科学、プラズマ科学からのコメントを含めた高エネルギープラズマフォトニクスの可能性に関する講演とパネル討論会。
2006年10月2日	プラズマ核融合学会プラズマフォトニクス専門委員会プラズマフォトニクス研究会	大阪大学银杏会館	30	高エネルギー密度プラズマフォトニクス研究の動向、レーザー励起量子ビームに関する課題と可能性に関する議論が行われた。

§7 結び

プラズマミラーなど光制御プラズマデバイス開発は当初計画通り進められた。得られた成果は、

多くの国際共同研究が進行中で、海外の大規模研究所における研究に取り入れられるなど、順調に研究を進めることができた。

特に集光プラズマミラーに関しては、レーザー光のペダスタル低下と極小集光を実現し、従来の諸研究より集光強度を 10 倍以上また5倍以上高いエネルギーイオンの生成に成功した。さらに将来の真空非線形光学に関して理論的に解析した結果、集光強度だけでなくそれ以上に集光角に強く依存していることが明らかになった。これにより当デバイスが真空非線形光学という全く新たな領域を開拓するうえで必要不可欠なツールとなることが理論的に裏付けられた。プラズマミラーに関しては、固体-プラズマ中間体物性、プラズマミラー基本特性、種々の幾何学配置、プラズマミラー付加機能実証、プラズマミラー応用(実験と理論)という一連の研究が当初計画以上に進んだ。

研究チームの構成員が、これまでからも所属組織の枠を越えた共同意識、プラズマコミュニティーとしての連携意識で、有機的なつながりを強めることができた。さらに学生指導に関しても従来の機関の枠を超えた連携の下での人財育成ができた。

戦略的創造研究推進事業において、多大のご支援・ご助言をいただき当研究を進めることができたことを感謝いたします。