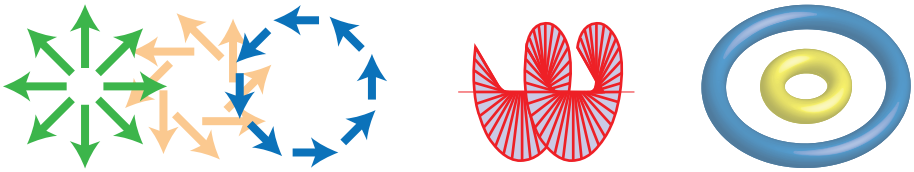
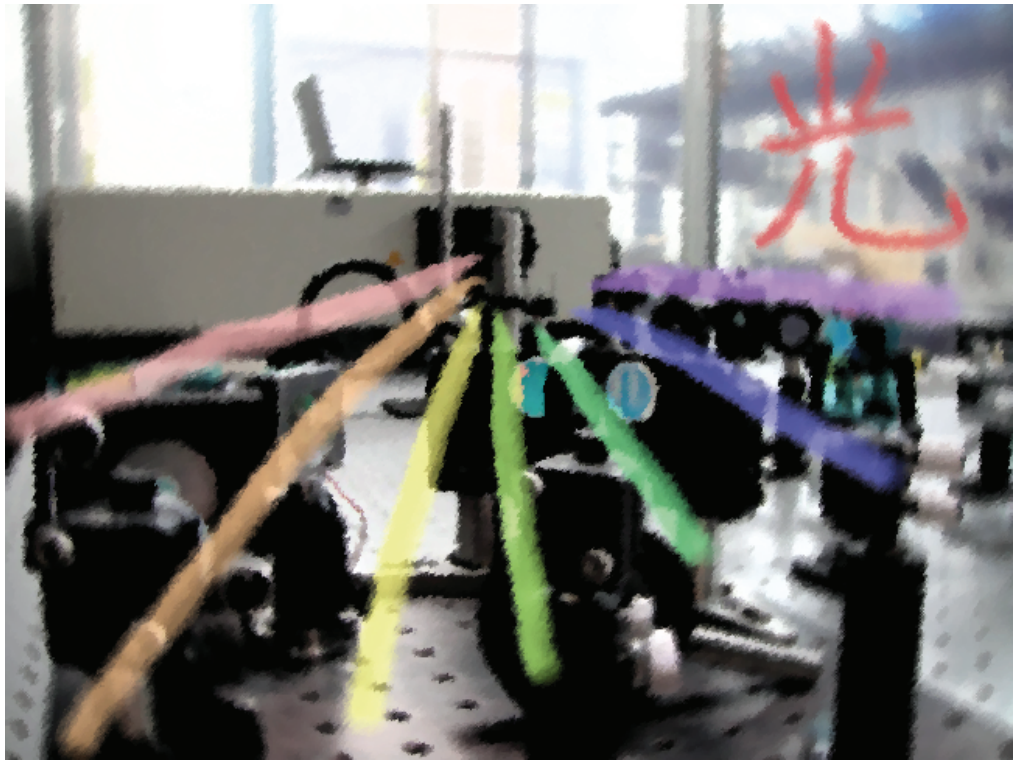
Multidisciplinary Science of Laser and Material

光科学と物質科学の最先端融合研究

P^3 Photonics

Collaboration of **P**olarization, **P**hase & **P**attern





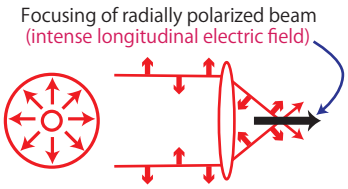
Highly intense laser field

non-linear & non-equribrium reaction

東北大学多元物質科学研究所
プロセスシステム工学研究部門
光物質科学研究分野
佐藤俊一研究室

ベクトルビーム
Vector beams

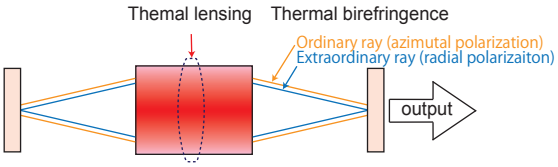
ベクトルビーム (Vector beams)

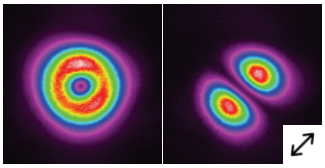


ビーム断面において、偏光分布が不均一なビームはベクトルビームと呼ばれている。上図の軸対称偏光ビームの中でも、特に径偏光ビームは、ユニークな集光特性（強い軸方向電場や微小スポット形成）を示すことから注目を集めている。

径偏光ビーム発生 (Generation of Radially polarized beams)

Radially polarized Nd:YAG laser beam (TM_{01}mode)

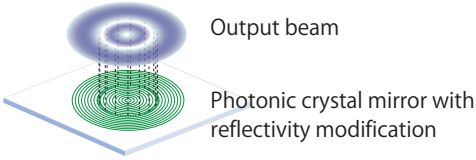


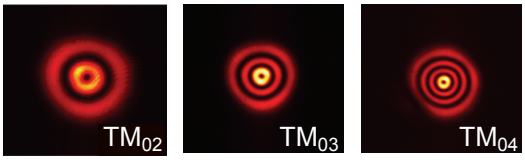


Output power: 41 W
M^2: 2.1 (theory: 2.0)

直接レーザー共振器から、径偏光ビームを発生させる方法の開発を進めている。ここでは熱効果を用いた、極めて簡便な方法を示している。複屈折性材料を用いた、Ti:sapphire レーザーからの径偏光ビーム発生にも成功している。

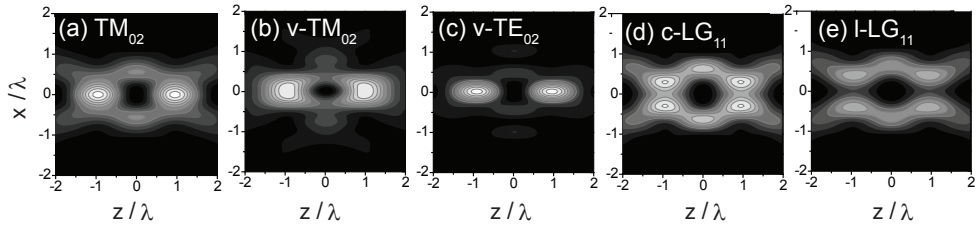
Multi-ring Nd:YAG laser beam (TM_{0n} mode)





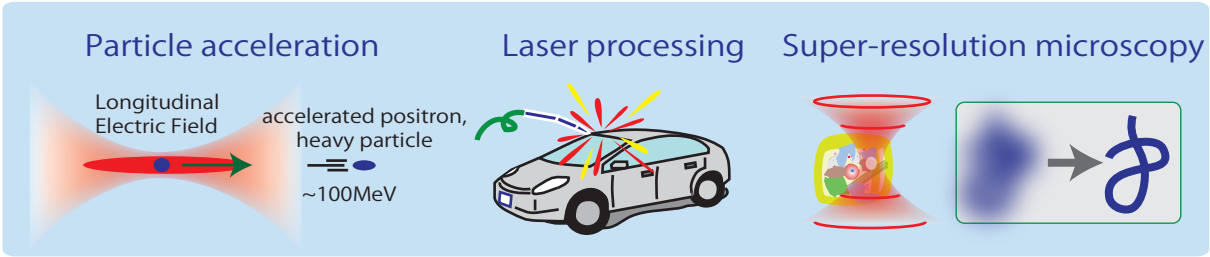
偏光選択性を有するフォトニック結晶ミラーに反射率変調を施すことによって、多重リングを持つ径偏光ビームを選択的に得る方法を開発した。共振器長を変えるだけで、リングの数（モード数）を選択することが可能である。

ダークスポット形成 (計算）(Dark spot formation)



ダークスポットとは、焦点での強度がゼロになる特殊なスポットである。ベクトル回折理論の計算によって、いくつかのベクトルビームにおいて新しい特性を持つダークスポットが形成されることが分かった。

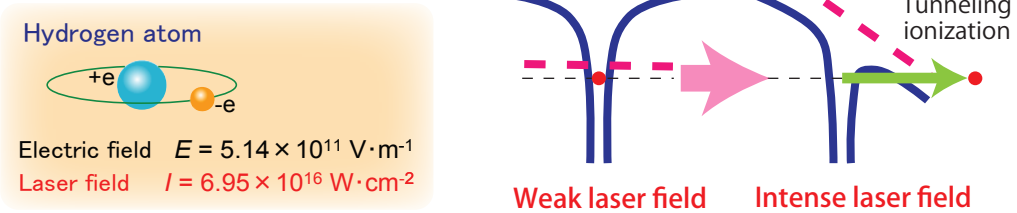
期待される応用例 (Promissing applications)



径偏光ビームは、焦点付近に強い縦電場が発生することや、全ての光線が p 偏光になることから、粒子加速、レーザー加工、微粒子操作、高分解能顕微鏡等への応用が期待されている。

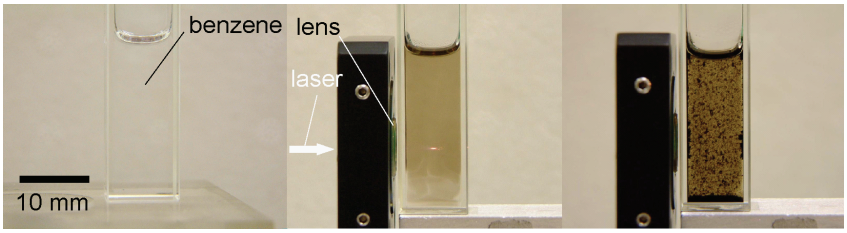
高強度レーザー場によるシングルナノ微粒子作製
Single nano-particles synthesis by intense laser field

高強度レーザー場と物質 (Highly intense Laser Field and Material)



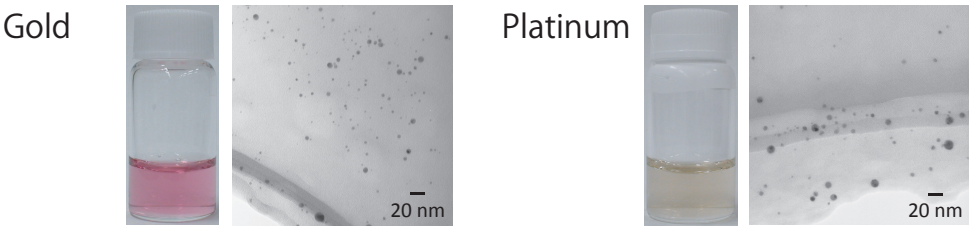
フェムト秒レーザーパルスを強く集光すると、10^{17}W/cm^2 程度の強い光の場を形成することができる。この電場は、水素原子内の陽子と電子が作るクーロン電場と同程度である。この時、電子はトンネルイオン化によって原子から離れる。分子の場合には、原子間結合が切断されると考えられる。

ベンゼン (Benzene) -> DLC 粒子 (DLC nanoparticles)



液体ベンゼン（左図）にフェムト秒レーザー光を照射すると、透明だった液体が次第に濁ってくる（中図）。さらに、液中には黒色の固形物が生成されていることが肉眼でも確認できる（右図）。ラマン散乱や高分解能透過電子顕微鏡観察結果から、固形物はナノオーダーのダイヤモンド様カーボンであると考えられる。

塩化金酸 ($HAuCl_4$) -> 金ナノ粒子 (Gold nanoparticle)
塩化白金酸 (H_2PtCl_6) -> 白金ナノ粒子 (Platinum nanoparticle)



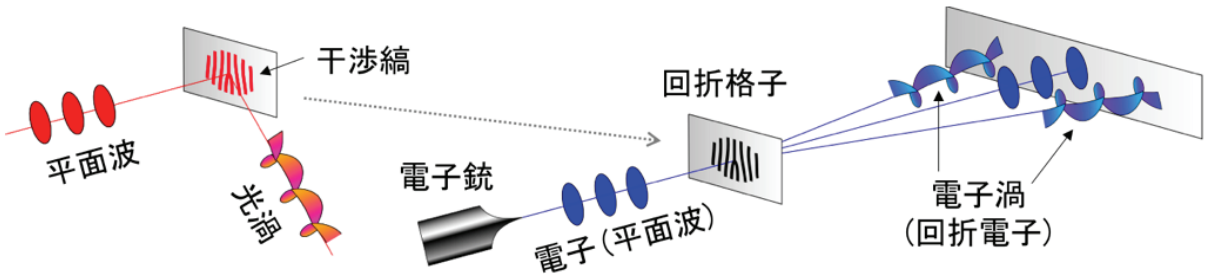
塩化金酸水溶液にフェムト秒レーザー光を照射すると、液体は金微粒子の局在表面プラズモン吸収に特徴的な赤紫色を呈する（左図）。白金の場合 (右図)、溶液の色の変化は小さいが、それぞれの図の右側に示した透過電子顕微鏡 (TEM) 写真からわかるように、数ナノメートルの粒子が生成されている。

混合溶液 -> 合金（金 - 白金）ナノ粒子 (Gold-Platinum alloy nanoparticle)

塩化金酸と塩化白金酸の混合溶液にレーザー光を照射すると、両者の合金微粒子が生成される。混合溶液中の金と白金の割合に応じて、合金の組成も変化することが、色の変化（上図）からわかる。金 - 白金合金は一般に二相分離してしまうが、粒径が小さいと、全率固溶の合金が得られ、燃料電池用等の触媒への応用が期待される。

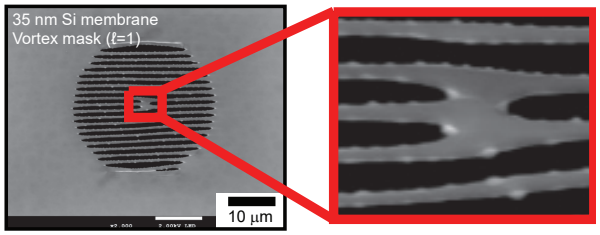
光による電子ビーム制御
Control of electron beam by light

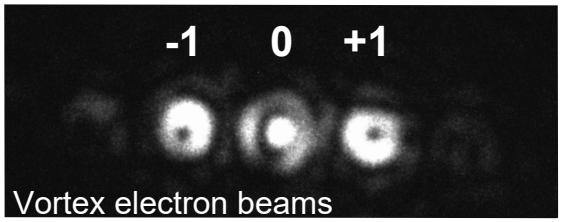
光波から電子波への波面変換 (Transformation of phase front from light to electron)



光で電子を制御する技術の開発を目指している。第一段階として、物質を仲介役とした（光 - 物質 - 電子）波面制御技術の開発を進めている。

レーザー加工と電子渦発生 (Laser processing and electron vortex generation)





ふたつの光ビームの位相と振幅を変調して生成した様々な干渉パターンでのレーザー加工を行っている。FIB(Focused Ion Beam) では容易ではない、厚さ 100 nm 以下の支持基板のない薄膜の加工をシングルショットで行うことが可能で、電子波に対して位相素子として機能する。ここではフォークパターンを持つ回折格子を作製し、電子渦の高効率発生を確認した。

メンバー
Member

Name	Position	What he/she is involved in
Shunichi Sato	Professor	Principal Investigator
Yuichi Kozawa	Associate Professor	Vector beams
Yuuki Uesugi	Assistant Professor	Light-electron interaction
Ayano Tanabe	Assistant Professor	Laser applications
Junko Nakagawara	Office Administrator	General affairs
Wakako Ishikawa	Technical Staff	Technical support
Teppei Nishi	Graduate (D1)	Laser processing
Naoto Katagiri	Graduate (M2)	Physical property of NP
Masaki Sato	Graduate (M2)	Vector beam processing
Ryota Fukushima	Graduate (M2)	Control of electron beam
Yoshito Kawamura	Graduate (M1)	Material transformation
Yusuke Tsuchiya	Graduate (M1)	High performance imaging
Sho Nakaya	Graduate (M1)	Light beam manipulation

東北大学多元物質科学研究所　佐藤俊一研究室
〒980-8577　仙台市青葉区片平 2-1-1
Tel: 022-217-5146, Fax: 022-217-5145, URL: http://satolab.tagen.tohoku.ac.jp
禁無断転載 (All rights reserved.)

Apr. 2019