レーザー科学研究所 令和6年度(2024年度)

共同利用•共同研究成果報告書 (令和6年4月-令和7年3月)

ILE Annual Report of Collaborative Research April 2024 - March 2025



大阪大学レーザー科学研究所は1972年の設立から2022年で50周年を迎えました。また、1976年に設置されたレーザー核融合研究センターも2026年に50周年を迎えます。これら二つの節目を見据え、研究所は「NEXT50事業年」を掲げ、次の50年に向けた新たな挑戦と飛躍を始めています。これまで当研究所は、最先端レーザー技術を基盤に基礎から応用にわたる研究・教育を推進し、国内外の大学・研究機関と連携した共同利用・共同研究を展開してきました。令和4年度からは文部科学省により「高エネルギー密度科学先端研究拠点」として新たに認定され、学際的な高エネルギー密度科学を通じて世界を先導する研究拠点形成を目指しています。本拠点では、レーザー科学、レーザー核融合、光材料・光デバイス工学、テラヘルツフォトニクス、パワーフォトニクスなど幅広い分野での研究成果を重ねており、デジタルトランスフォーメーションを活かした新たな知の共創とイノベーション創出にも注力しています。本報告書は、これらの拠点活動および共同研究の成果を取りまとめたものです。

令和6年度、本研究所は「高エネルギー密度科学先端研究拠点」として拠点事業を推進するとともに、附属マトリクス共創推進センター を中心に、学際連携・国際連携・施設連携・産学連携を一体的に運営し、さらなる飛躍と次世代人材の育成に取り組んでまいりました。こ うした拠点事業の取り組みは高く評価され、令和6年度の中間評価において、最高評価である「S評価」を獲得することができました。ま た、年末には大型の補正予算が決定し、大型レーザー装置の改修や、次期大型繰り返しレーザー装置の実現に向けた準備も本格的に始動し ました。さらに、国内企業および海外施設との連携のもとで進められてきた「ルーマニア・ハイパワーオプティクスセンター」の入札も無 事に完了し、いよいよ竣工に向けた取り組みが本格化しています。 こうした研究活動に加え、「NEXT50」事業の一環として、当研究所の "顔"とも言える超大型レーザー実験棟エントランスの大改修も実施されました。新たな玄関ホールには、企業の皆様からのご厚意により、 絵画・書作品、そしてグランドピアノが設置され、創造的な空間として生まれ変わりました。書には「勇気ある一歩をぜひ踏み出して下さ い」という力強い言葉が刻まれ、展示された絵画は、50年の歴史を礎に、未来への飛躍を象徴しています。牡丹を描いた《富貴花(ふうき か)》、世代の継承をテーマにした《竹と筍》、そして新たな時代への飛翔を象徴する《永遠のフェニックス – 再生 –》が並びます。音楽を 象徴するグランドピアノの設置によって、芸術と科学が調和する創造的な場が実現しました。

令和7年度も、「高エネルギー密度科学先端研究拠点」としての活動を継続するとともに、文部科学省「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想(ロードマップ2023)」に採択された「多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム:J-EPoCH計画」の実現に向け、尽力してまいります。その一環として、幅広いステークホルダーの利用が期待される高繰り返しパワーレーザーシステムの早期運用開始に向け、準備を進めています。レーザー科学および高エネルギー密度科学のさらなる発展とともに、多様な研究コミュニティの期待に応える拠点を目指し、共同研究者の皆様とともに新たな学問領域の開拓と社会への貢献に取り組んでまいります。

今後とも、当拠点の活動に対する皆様のご理解とご支援を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。

令和7年6月

大阪大学レーザー科学研究所長 兒玉 了祐

レーザー宇宙物理学 Laser Astrophysics

P.9
P.10
P.11
P.12
P.13
P.14
P.15
P.16
P.17
P.18
P.19
P.20
P.21

超高圧物性	・惑星物理学	High Pressure/	[/] Laser Earth	& Planetary	Science
-------	--------	----------------	--------------------------	-------------	---------

2024A1-005NORREYS	Measuring the principal hugoniot and re-shock behavior of liquid-wetted SiO2 as a surrogate for DT wetted foam.	Peter Norreys	University of Oxford	P.22
2024A1-007BATANI	Studies of Equation of State of Boron compounds in extreme conditions	Katarzyna Batani	Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion	P.23
2024A1-026ALEXIS	Study of shock-compressed CaSiO3 close to the melting curve.	Amouretti Alexis	Graduate School of Engineering	P.24
2024A1-027SATO	Investigation of physical properties of silicate melt by radiation spectra measurements	Sato Tomoko	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所	P.25
2024A1-2023005NORREYS	Measuring the principal hugoniot of water wetted SiO2 as a surrogate for DT wetted foam.	Peter Norreys	University of Oxford	P.26
2024B2-076SAKAIYA	Study of differentiation process between metal and silicate induced from impact events	Tatsuhiro Sakaiya	大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻	P.27
2024B2-077YANO	Fundamental Development of Microparticle Capture System through Hypervelocity Impact Simulations and Experiments at >10 km/s	Hajime YANO	国立研究開発法人・宇宙航空研究開発機構・宇宙科学 研究所	P.28

超高強度磁場科学 High Magnetic Field Science

2024A1-008MORITA	Demonstration of Megatesla ultra-high magnetic field generation driven by high-intensity	Hiroki Morita	Faculty of Engineering Iltsunomiva University	P 29
	laser implosion			1.23
202441-0171	Study of Particle Acceleration Mechanisms in Magnetically Driven Reconnection at Low Beta	Hantao li	Princeton Iniversity	P 30
2024A1-017J	Using Capacitor Coil Targets Powered by Short-Pulse Lasers			1.50
202482-00054₩4D4	Development of dual x-ray and proton radiography for a direct drive fast ignition cone-sphere	Hirochi Sawada	University of Nevada Reno	D 31
2024B2-009SAWADA	target	THIOSHI Sawaua	Oniversity of Nevada Keno	P.31
	Effects of magnetic fields and laser parameters on the generation and transport of relativistic	Suming Wong	Changhai liao Tang University	
2024B2-020WEING	electron beams	Summig weng		1.52
202482-0291104104	Ground-based experiments on charge exchange reactions using a large laser facility to	Hirovuki Uchida	Kyoto University	D 33
202402-02300110A	construct an astronomical radiation model	ппоуикі оспіца	Kyoto oniversity	1.55
2024B2-055KOUMA	Ultrafast dynamics of critical density surfaces due to relativistic radiation pressure sustained	Sodooki KOUMA	量子利学技術研究開發機構 関西光量子利学研究所	P 3/
202402-0351(051101A	for multi-picoseconds			1.54
2024B2-069BUI ANOV	Illtrahigh field generation via microhubble implosions	Sergei Bulanov	FLI Beam Line (Prague)	P 35
				1.55
2024B2-070RUBIO	Generation of ultrahigh magnetic fields by microbe implosions	Fernando Garcia Rubio	IIF ロチェスター大学	P 36

量子ビーム科学 Quantum Beam Science

2024A1-001KURAMITSU	Intense laser driven nuclear reaction in the presence of high energy density plasmas and photons	Yasuhiro Kuramitsu	Graduate School of Engineering, Osaka University	P.37
2024A1-010ABE	Development of short-pulsed point neutron sources based on monodirectional-drive ICF	Yuki Abe	大阪大学大学院工学研究科	P.38
2024A1-011HAYAKAWA	The study of stellar nucleosynthesis using laser-driven neutrons	Takehito Hayakawa	量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所 光量子ビーム科学研究部	P.39
2024A1-020ARIKAWA	Measurement on high intensity magnetic filed by thermal neutron Measurement on high intensity magnetic filed by thermal neutron deflectometry	Yasunoub Arikawa	大阪大学レーザー科学研究所	P.40
2024A1-2023023YOGO	Single-Shot Neutron Resonance Absorption Analysis	Yogo	Institute of Laser Engineering, Osaka Univeristy	P.41
2024B2-008SAWADA	Characterization of LFEX laser-generated fast electrons via modeling angular-dependent bremsstrahlung measurements	Hiroshi Sawada	University of Nevada Reno	P.42
2024B2-017NISHIUCHI	Investigation of the formation of high intensity laser produced highly charged heavy ion plasmas	Mamiko Nishiuchi	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 量子 ビーム科学研究部門 関西光科学研究所	P.43
2024B2-036HATA	lonization physics and its control on ultrahigh intense laser ion acceleration	Masayasu Hata	Kansai Institute for Photon Science, National Institutes for Quantum Science and Technology	P.44
2024B2-037ABE	Study on laser-driven repetitive ion acceleration using liquid jet targets	Yuki Abe	大阪大学大学院工学研究科	P.45
2024B2-043IWAMOTO	Development of a solid hydrogen foil target system for laser ion acceleration	Akifumi Iwamoto	National Institute for Fusion Science	P.46
2024B2-063HONRUBIA	Theoretical study on proton-beam-driven impact ignition	Javier Honrubia	マドリッド工科大学	P.47
2024B2-071NAKAMURA	Development of micro-meter spatial resolution optical imaging by using the multimode fiber imaging	Tomoya Nakamura	大阪大学産業科学研究所	P.48
2024B2-074RAMAKRISHNA	Theoretical and Experimental Study on Laser-Driven Ion Acceleration	Bhuvanesh Ramakrishna	Department of Physics Indian Institute of Technology Hyderabad	P.49
2024B2-083HAYAKAWA	Study of medical RI production using laser-driven neutrons	Takehito Hayakawa	量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所 光量子ビーム科学研究部	P.50
2024B2-086YAMADA	Development on EO polymer for ultra-fast radiation imaging detector	Toshiki Yamada	情報通信研究機構 未来ICT研究所 神・フロンティア研 究センター ナノ機能集積ICT研究室	P.51

プラズマ科学 Plasma Science

2024A1-004SHIGEMORI	Investigation on complex ablation process with high power laser irradiation	ILE, Osaka University	Professor	P.52
2024A1-024FUJIOKA	Challenge to achieve heating intensity beyond 10^20 W/cm^2 by integrating plasma heating mechanisms	大阪大学レーザー科学研究 所	2 教授	P.53
2024B1-012HABARA	Ni plasma ablation taking into account of radiation transport for collimation of fast electron beam	Graduate School of Engineering, Osaka	Associate Professor	P.54
2024B2-003SHIROTO	Theoretical and numerical investigation on quasi-isentropic compression of solid ball targets	Department of Physics, Nagoya University	Assistant Professor	P.55
2024B2-004WADA	Pulsed laser deposition of tin on silicon substrates using nanosecond laser	Graduate School of Science and Engineering,	Professor	P.56
2024B2-005AQUINO	Vacuum ultraviolet emission measurement from laser produced plasmas using water jet targets	Institute of Laser Engineering	Specially Appointed Researcher	P.57
2024B2-007CAMPOS	Dependence of Richtmyer-Meshkov Instability growth on gas compressibility	University of Castilla-La Mancha	Lecturer	P.58
2024B2-011SENTOKU	Study of intense laser driven isochoric heating by utilizing XFEL(SACLA)	Osaka University, Institute of Laser	Professor	P.59
2024B2-012SUGIMOTO	Theoretical and simulation research for efficient generation of intense laser-driven high- energy photon and positron beams	Yukawa Institute for Theoretical Physics	Posdoc	P.60
2024B2-013WU	Optimization of the implosion laser pulse for a solid target via machine learning	Shanghai Jiao Tong Univeristy	Assistant professor	P.61
2024B2-019SAWADA	Development of an XFEL platform for high-power laser-irradiated nanowire arrays	University of Nevada Ren	o Associate Professor	P.62
2024B2-033INUBUSHI	Study of transient state of intense-laser-produced plasma using femtosecond X-ray spectroscopy	高輝度光科学研究セン ター・XFEL利用研究推進	主幹研究員	P.63
2024B2-034INUBUSHI	Study on interaction between matters and high-intensity X-ray lasers	高輝度光科学研究セン ター・XFEL利用研究推進	主幹研究員	P.64
2024B2-052IWATA	Theoretical study on particle acceleration in high energy density plasmas created by kJ class ultraintense lasers	大阪大学・高等共創研究院	:准教授	P.65
2024B2-072WENG	Nonlinear interaction between ultra-intense laser and relativistic plasma	上海交通大学	教授	P.66
2024B2-078MAEDA	Analysis on nuclear burning plasma behavior by using multiple simulations	京都大学 理学研究科	教授	P.67
2024B2-085KISHIMOTO	Multi-scale dynamics of high energy density plasma produced by an interaction between a high-intensity laser and structured medium	京都タ大学大学院エネル ギー科学研究科 京都大学	名誉教授/特任教授/客員研究員	P.68

テラヘルツ光科学 Terahertz Science

2024B1-001TANI	Study on high-efficiency terahertz wave generation by metallic spintronic devices	Masahiko Tani	福井大学・遠赤外領域開発研究センター	P.69
2024B1-002NASHIMA	Enhanced terahertz radiation from spintronic emitter using an optical resonator	Shigeki Nashima	Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University	P.70
2024B1-003ONO	Development of broadband antireflection structure in THz region	ONO SHINGO	Nagoya Institute of Technology	P.71
2024B1-004MINAMI	Measurement of superionic conductor carrier properties using a terahertz time-domain ellipsometer	Yasuo Minami	日本大学・生産工学部	P.72
2024B1-005MATSUI	Terahertz fast switching utilizing organic semiconductors	Tatsunosuke Matsui	三重大学大学院工学研究科電気電子工学専攻	P.73
2024B1-010MAKINO	Development of terahertz material characterization toward 6G telecommunication technology	/ Kotaro Makino	産業技術総合研究所・デバイス技術研究部門	P.74
2024B1-011KAWAYAMA	Development of ultra-fast terahertz wave measurement and imaging system	lwao Kawayama	京都大学大学院エネルギー科学研究科	P.75
2024B2-021KUWASHIMA	Simultaneity of laser modes in laser chaos through plasmon antenna	FUMIYOSHI KUWASHIM.	A 福井工業大学工学部	P.76
2024B2-022KUWASHIMA	Low cost and stable CW-THz spectroscopy for volcanic ash	FUMIYOSHI KUWASHIM.	A 福井工業大学工学部	P.77
2024B2-024NASHIMA	Fabrication of metal hole with sharp transmission spectra in terahertz region	Shigeki Nashima	Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University	P.78
2024B2-030LEE	Measurement of Japanese Traditional Pattern (Hishi Pattern) as a THz-SRR Pattern	Sang-Seok Lee	Tottori University	P.79
2024B2-032ASAKAWA	generation of a femto-second sheet electron bunch and development of reinforcement laser alignment system	Makoto Asakawa	関西大学・システム理工学部	P.80
2024B2-059KOBAYASHI	Selective Decontamination of Tritium in Radioactive Water UsingTerahertz and Ultraviolet Light	Kaori Kobayashi	University of Toyama	P.81
2024B2-061MARUYAMA	Crystal phase identification and imaging of biominerals by terahertz spectroscopy	Mihoko Maruyama	Graduate School of Engineering, Osaka University	P.82
2024B2-066WADATI	Search for laser-induced magnetization reversal using terahertz light	Hiroki Wadati	兵庫県立大学 大学院理学研究科	P.83
2024B2-073MORITA	Novel Higher-Order Spin States with Focused Higher-Order Photons	Ken Morita	Chiba University	P.84

パワーレーザー科学 Power Laser Science

2024B2-026TOKITA	Development of Faraday Rotor for Next-Generation High-Power Lasers	Shigeki Tokita	京都大学 化学研究所 附属先端ビームナノ科学センター	P.85
2024B2-027MIYANAGA	Evaluation of the effect of wavefront distortion on the multi-stage coherent beam combining	Miyanaga noriaki	(公財)レーザー技術総合研究所	P.86
2024B2-082TOKUMOTO	Development of New Soil Moisture Detection System by Neutrons	leyasu Tokumoto	Saga University	P.87

光学材料 Laser&Optical Material

2024B1-007MURATA	Improvement on characteristics of Pr3+-doped glass scintillator for neutron detector	Takahiro Murata	熊本大学・大学院先端科学研究部	P.88
2024B1-008RADUBAN	High pressure effects in wide band gap fluoride crystals	Marilou Cadatal RADUBAN	School of Natural Sciences, Massey University	P.89
2024B1-009YOSHINO	Crystal growth of garnet-type (Gd, Y, Lu)3(Ga, Al)5012:Ce, Tb single-crystal scintillators and evaluation of their luminescence properties	Masao Yoshino	Tohoku University, New Industry Creation Hatchery Center	P.90
2024B2-006FUJIMOTO	Development on advanced functional optical fiber devices and its application	Yasushi Fujimoto	Chiba Institute of Technology	P.91
2024B2-010UMEMURA	Measurements for refractive indices of optical materials in the vacuum UV	Nobuhiro Umemura	Chitose Institute of Science and Technology	P.92
2024B2-014YOSHIKAWA	Production of Organic Functional Crystals by Using Intensive Lasers	Hiroshi Yoshikawa	大阪大学大学院工学研究科物理学系専攻	P.93
2024B2-038MIYANAGA	Judd-Ofelt analysis of Nd,La:CaF2 ceramics	Noriaki Miyanaga	Institute for Laser Technology	P.94
2024B2-045IWASA	Long-term stability of optics for UV irradiation	Yuki Iwasa	National Metrology Institute of Japan (NMIJ), National Institute of Advanced Industrial Science and	P.95
2024B2-054MORI	Development of high-quality optical borate crystals	Yusuke Mori	大阪大学・大学院工学研究科	P.96
2024B2-056MINAMITANI	Elucidation of the Structure-Property Relationship in Optical Glass Materials through Machine Learning and Computational Material Science	Emi Minamitani	大阪大学 産業科学研究所	P.97
2024B2-089UEMOTO	Theoretical Design of Multilayer Dielectric Mirrors for High-Power Laser Systems	Mitsuharu Uemoto	神戸大学 大学院工学研究科	P.98
2024B2-090KUROSAWA	Development of Transparent Ceramics for Optical Materials with High-Effective-Atomic Numbers and Their Energy Transfer II	Shunsuke Kurosawa	New Industry Creation Hatchery Center (NICHe) • Tohoku University Institute for Materials Research	P.99
2024C-001KAWAZOE	Prediction of physical properties of SrxCa1-xF2 mixed crystal	Yoshiyuki Kawazoe	東北大学・未来科学技術共同研究センター	P.100
2024C-002MIZUSEKI	Prediction of crystal structure and group III atomic configuration of (AlxInyGa1-x-y)2O3 mixed crystal	l Hiroshi Mizuseki	韓国科学技術研究院・計算科学研究センター	P.101

物理インフォマティクス Physics Informatics

2024B2-028SETO	Studies for construction method of distribution functions from quantum fields in nonlinear QED	Keita Seto	Tsuruga Comprehensive R&D Center, Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor R&D, Japan Atomic	P.102
2024B2-068SHIBATA	Development of ultra-high precision numerical code for EM field propagation in the nonlinear QED vacuum	Kazunori Shibata	Institute of Laser Engineering, Osaka University	P.103

一般共同研究 General Subjects

2024B2-001IWAMOTO	Development of a solid ball target filled with liquid hydrogen for realization of high-density implosion	Akifumi IWAMOTO	National Institute for Fusion Science	P.104
2024B2-002FUJITA	Research on development, control, applications of quantum beam sources	Masayuki Fujita	Institute for Laser Technology	P.105
2024B2-015ODA	Development of real-time target control system for application of repetitive-pulse high-power laser	r Yasuhisa Oda	摂南大学・理工学部・機械工学科	P.106
2024B2-018SANO	Interaction between electromagnetic waves and plasmas in strong magnetic fields in laboratory and astrophysical plasmas	Takayoshi Sano	Institute of Laser Engineering, Osaka University	P.107
2024B2-023HIGASHIGUCHI	Study of liquid target for high-repetition rate quantum beam sources	Takeshi Higashiguchi	宇都宮大学・工学部	P.108
2024B2-025MORI	Space propulsion by EUV ablation and its application to the space debris trajectory tranfer	Koichi Mori	Department of Aerospace Engineering, Osaka Metropolitan University	P.109
2024B2-031MOTOKOSHI	Additive manufacturing of silica glass structure by laser writing	SHINJI MOTOKOSHI	Institute for Laser Technology	P.110
2024B2-039MATSUOKA	Theoretical study of vortices in compressible flows	Chihiro Matsuoka	大阪公立大学・大学院工学研究科	P.111
2024B2-041TANABE	Speckle evaluation for semiconductor laser light source and its suppression	田辺 稔	国立研究開発法人産業技術総合研究所	P.112
2024B2-042YOKOTA	Growth and evaluations of optical properties of novel oxide single crystals with high melting point	Yuui Yokota	Tohoku University, Institute for Materials Research	P.113
2024B2-044AQUINO	Fabrication of laser-induced surface modified substrates for surface-enhanced Raman spectroscopy applications	HERNANDEZ JAMES EDWARD II AQUINO	Institute of Laser Engineering	P.114
2024B2-046KAWAMURA	First-principles analysis of dielectric properties of widegap semiconductors	Takahiro Kawamura	三重大学大学院工学研究科	P.115
2024B2-047FURUTA	THz Spectroscopic Investigation of Electrical Properties of CNT Films	Hiroshi Furuta	高知工科大学システム工学群	P.116
2024B2-048TAGUCHI	Interaction between ultra-intense laser and plasmas	Toshihiro Taguchi	日本原子力研究開発機構 敦賀総合研究開発センター	P.117

2024B2-049SASAKI	Statistical simulation of optical material and its application	Akira Sasaki	量子科学技術研究開発機構・関西光量子科学研究所・ 量子応用光学研究部・X線超微細加工技術研究プロ	P.118
2024B2-050TANAKA	Characteristics of negative ions reflected from low-work-function material surface by grazing incidence positive ion beam injection	Nozomi Tanaka	Institute of Laser Engineering, Osaka University	P.119
2024B2-053HARA	Simulation of beta-ray induced X-ray from maters having tritium	Masanori HARA	富山大学・学術研究部 Iniversity of Toyama・Acadmic assembly	P.120
2024B2-057MIYAHARA	Reevaluation of Ceramic Product Distribution in East Asia through Imaging Spectroscopy Analysis.	宮原曉	大阪大学大学院人文学研究科	P.121
2024B2-058TANAKA	Analysis of the elemental and electronic structure of the steel from folk tools made by the blacksmith	Shin-ichiro Tanaka	Sanken, Osaka University, 大阪大学産業科学研究所	P.122
2024B2-062OGINO	Development of novel optical materials by layered mixed-anion compounds	Hiraku Ogino	産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域 電子 光基礎技術研究部門	P.123
2024B2-067YOSHIDA	Development of discolored glazes	Hideki Yoshida	長崎県窯業技術センター 陶磁器科	P.124
2024B2-075MASADA	Development of Sub-grid scale Transport Model for Stellar Thermal Convection	Youhei Masada	福岡大学・理学部・物理科学科	P.125
2024B2-080TSURI	Crystallization control of small organic compounds using short pulse laser	Yuka Tsuri	Division of Materials Science, Graduate School of Science and Technology, Nara Institute of Science	P.126
2024B2-081FUJINO	Study of molecular orbit for laser diagnostics of SnH4 by DFT calculation	Tomoko Fujino	東京大学 物性研究所	P.127
2024B2-084SUNAHARA	Numerical modeling of plasma facing materials	Atsushi Sunahara	Center for Materials Under eXtreme Environment (CMUXE), School of Nuclear Engineering, Purdue	P.128
2024B2-087SHOJI	Development of a photoimmobilzation method for an assembly of polymer nanobeads formed by plasmonic optical tweezers	Tatsuya Shoji	Dept. of Sci., Fac. of Sci., Kanagawa Univ.	P.129
2024B2-088NAKAI	Development of separation technology for radio-active substances in soil using laser ablation in liquid	¹ Mitsuo Nakai	福井工業大学 工学部電気電子情報工学科	P.130

磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験

山崎了^{1,2},田中周太¹,矢倉彰真¹,近藤颯¹,川勝陽己¹,鹿島綾夏¹,大林花織¹,村越麻友¹,佐野孝好²,豊田祐生², 蔵満康浩³,松清修一⁴,諌山翔伍⁴,森田太智⁴,古場健斗⁴,佐藤弓真⁴,尾川知也⁴,高橋佳夏⁴,竹崎太智⁵,石崎楓弥⁵, 枝本雅史⁶,松田真宗⁷,境健太郎⁸,冨田沙羅⁹,富田健太郎¹⁰,梅田隆行¹⁰,大西直文¹¹,星野真弘¹²,大平豊¹²,井上剛志 ¹³,石井彩子¹⁴,坂和洋一².

1) 青山学院大, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 大阪大工学研究科, 4) 九州大, 5) 富山大, 6) 成蹊大, 7) 京都大, 8) 核融合科学研究所, 9) 千葉大, 10) 北海道大, 11) 東北大, 12) 東京大, 13) 甲南大, 14) 山形大学.

SUMMARY

超新星残骸などに存在する宇宙の低密度媒質中 の磁化無衝突衝撃波の生成実験を行った。ショッ ト前に窒素ガスを封入し、外部磁場をかけ、アル ミ・ターゲットに激光XII号HIPERレーザーを照射 した。外部磁場3~4 Tを印加して18ショット行う ことができた。プラズマ自発光・トムソン散乱・ B-dot計測, イオン計測などを行った。窒素ガス圧 を1.0, 1.5, 2.0 Torrと変化させ、自発光強度が変わ る部分が窒素プラズマ、変化の小さい部分がアル ミ・プラズマであると判別できた。アルミと窒素 プラズマの電子スケールの境界面を同定できた。 境界面の外側は窒素プラズマで満たされ、超臨界 の磁化無衝突衝撃波の特徴的構造であるfoot~ ramp~overshootが発展しつつある様子を捉えた。 FIG.右の灰色線に示す自発光強度値の範囲をもつ 部分が、磁化された窒素プラズマ中に形成途中の 衝撃波の下流領域と考えられる。



天体現象にみられる弧状衝撃波の構造と磁気再結合の模擬実験 田中周太^{1,2},蔵満康浩²,境健太郎³,山崎了^{1,2},松清修一⁴,森田太智⁴,竹崎太智⁵,諌山翔伍⁴,安倍勇輝²,弘 中陽一郎²,當真賢二⁶,松本仁⁷,庄田宗人⁸,矢倉彰真¹,近藤颯¹,鹿島綾夏¹,大林花織¹,須藤洋平¹,古場 健斗⁴,佐藤弓真⁴,高橋桂夏⁴,佐野孝好²,江頭俊輔²,南卓海²,倉本恭誓²,富田健太郎⁸,Pan Yiming⁸,大 西直文⁶,梅田隆行⁸,大平豊⁶,井上剛志⁹,石井彩子¹⁰,坂和洋一²

青山学院大学, 2) 大阪大学, 3) 核融合科学研究所, 4) 九州大学, 5) 富山大学, 6) 東北大学, 7) 福岡大学,
 6) 東京大学, 7) 富山大学, 8) 北海道大学, 9) 甲南大学, 10) 山形大学

SUMMARY

激光XII号レーザーを用いて弧状衝撃波を生成実験 を行なった.図Aのように、Alターゲットに障害 物となるCu棒と永久磁石を組み合わせた治具を作 成し、Alターゲットにレーザーを照射することで 発生するプラズマとCu棒の相互作用を計測した. Alターゲットの背面に設置された永久磁石の向き を変えての計測を行なった.一昨年度に行った実 験では弧状衝撃波の形成は確認された.本年度の 実験は弧状衝撃波の全体像を計測するために治具 の改良を行い、図BのようにAlプラズマがCu棒(図 右下)を回り込んで大きく伸展した弧状衝撃波の構 造が確認された.磁気再結合領域の同定などの解 析を行っている.



A: 実験セットアック、図の左から激光XII号(GXII)レー ザーをAlターゲットにうち、Cu棒に向かってプラズマ が噴き出す. B: 上図の画像に弧状構造を加えたものが 下図. Space plasma shock experiment using light gas plasma

S. Matsukiyo¹, S. Isayama¹, T. Morita¹, T. Takezaki², R. Yamazaki³, S. J. Tanaka³, Y. Kuramitsu⁴, K. Tomita⁵, T. Sano⁶, K. Sakai⁷, Y. Sato¹, K. Takahashi¹, K. Yoshida¹, Y. Fan¹, K. Nakahara¹, K. Koba¹, T. Ogawa¹, F. Ishizaki², H. Kuwabara², M. Murakoshi³, K. Obayashi³, K. Okada³, S. Yakura³, H. Kondo³, S. Suzuki³, Y. Sudo³, A. Morita³, K. Ide³, H. Araki³, K. Okabe³, R. Ozaki³, A. Kashima³, S. Egashira⁴, Y. Toyoda⁴, M. Edamoto⁸, N. Ozaki⁶, Y. Sakawa⁶ *Kvushu Univ.* 2) Univ. Toyama, 3) Aoyama Gakuin Univ., 4) Osaka Univ., 5) Hokkaido Univ., 6) Institute of Laser

Kyushu Univ., 2) Univ. Toyama, 3) Aoyama Gakuin Univ., 4) Osaka Univ., 5) Hokkaido Univ., 6) Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., 7) National Institute for Fusion Science, 8) Seijo Univ.

SUMMARY

We have conducted long-term measurements of collisionless shock propagating in a helium gas plasma. A carbon target placed in a chamber filled with gas at a pressure of a few Torr is irradiated with a laser to generate a shock in the gas plasma (Figs.(a)-(b)). The position of target is set 25 mm away from the TCC, which is 5 mm farther than the last year. This enabled to observe well evolved shocks at TCC. Figs.(c)-(e) shows three snap shots of Thomson scattering measurement electron feature. The bottom panels denote the scattered light with the same polarization with the incident probe light, while the top ones with the polarization orthogonal to the incident probe light. We could identify the position of a sharp ramp propagating downward and estimate upstream and downstream parameters. Also measured ion feature (not shown) revealed that local plasma in the ramp is in nonequilibrium state. Furthermore, streaked self-emission shows that the spatial gradient of the ramp oscillates in time with the time scale of ion gyro motion.



FIG. (a-b) Experimental settings. (c-e) Snapshots of Thomson scattering measurement electron feature at (c) t=55 ns, (d) 60 ns, and (e) 65 ns.

Energetic ions and plasma instabilities in magnetised precursors

A Ciardi¹, T. Seebaruth¹, Y. Toyoda², S. Yakura³, H. Kondo³, H. Kawakatsu³, T. Takezaki⁴, T. Morita⁵, Y. Sato⁶, K. Takahashi⁶, K. Koba⁶, T. Ogawa⁶, R. Shiiba⁶, S. J. Tanaka³, S. Isayama⁵, S. Matsukiyo⁵, K. Sakai⁷, K. Tomita⁸, R. Yamazaki³, T. Sano², Y. Sakawa²

 Sorbonne University, France, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan 3) Department of Physical Sciences, Aoyama Gakuin University, Japan. 4) Faculty of Engineering, University of Toyama, Japan. 5) Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, Japan. 6) Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Japan. 7) National Institute for Fusion Science, Japan. 8) Division of Quantum Science and Engineering, Hokkaido University, Japan.

SUMMARY

We study the generation and propagation of energetic ions propagating ahead of a shock. These ions can interact and heat the upstream medium, and potentially drive plasma micro-instabilities, crucially modifying the shock structure and its precursor. The experiments focus on characterising the precursor region that develops ahead of a laser-driven piston in a magnetised plasma with the magnetic field parallel to the propagation of the piston. Both particle-in-cell and magnetohydrodynamic simulations are helping us interpreting the experimental data, which clearly shows the presence of long-lived population of energetic ions.

Thomson-Scattering measurements of the ion features, such as those shown in the figure, indicate the presence of energetic particles up to 2 cm from the target consistent with a continuous injection of particles.



FIG. (a) 3D view of the experimental setup showing the magnetic field generating coil. (b) Schematic of the experiment and (c) overview of some of the experimental results indicating the presence of energetic ions.

Experimental observation of kinetic instability excited in two-stream plasmas with collective Thomson scattering

K. Sakai¹, K. Iida², T. Morita³, S. Isayama³, K. Tomita⁴, K. Kuramoto², Y. Toyoda², F. Nikaido², Y. Nakamura², H. Kusano², K. Yamanaka², Y. Esaki², Y. Naito², H. Kato², A. Morace², N. Ohnishi⁵, A. Mizuta⁶, R. Yamazaki⁷,

S. J. Tanaka⁷, T. Takezaki⁸, J. Zhong⁹, Y. Zhang⁹, J. Li⁹, C. Li⁹, Y. Xu⁹, J. Peng⁹, Y. Lu⁹, Y. Guo⁹, T. Hoshi¹, A. Nakano¹, S. Matsukiyo³, Y. Sakawa², Y. Kuramitsu²

NIFS, Japan, 2) Osaka Univ., Japan, 3) Kyushu Univ., Japan, 4) Hokkaido Univ., Japan, 5) Tohoku Univ., Japan,
 RIKEN, Japan, 7) Aoyama Gakuin Univ., Japan, 8) Univ. Toyama, Japan, 9) Beijing Normal Univ., China.

SUMMARY

非平衡プラズマにおける協同トムソン散乱のス ペクトル形状を調べる実験を行った。図(a)に実験 セットアップを示す。アルミニウムの薄膜を二つ 並べ、片側から激光XII号レーザーを照射して、両 側のターゲットから膨張するレーザー生成プラズ マの対向流を生成した。対向流が出会う箇所にプ ローブレーザーを照射し、散乱した光の波長スペ クトルを3種類の分光器で同時計測した。図(b)が レーザーに沿った速度成分を計測するion-1分光器 [図(a)左下]、図(c)がレーザーに垂直な速度成分を 計測するion-2分光器 [図(b)右上]の計測結果である。 図(b)は単一のMaxwell分布で説明できない散乱ス ペクトル形状を示し、それが緩和して速度分布関 数が混合する過程と思われる時間変化が見られた。 また、図(c)にある波長の空間的な揺らぎは同時に 計測した図(b)には存在しないことから、指向性を 持った揺らぎの自発的形成を示唆している。



コイルターゲットを用いた磁気リコネクション粒子加速

坂和洋一^A, 江頭俊輔^B, 豊田祐生^B, 佐藤弓真^C, 高橋佳夏^C, 矢倉彰真^D, 近藤颯^D, 鹿島綾夏^D, 川勝陽己^D, 岡部圭吾^D, 井手勘太^D, 冨田沙羅^E, 森田太智^C, 蔵満康浩^F, 富田健太郎^G, 松清修一^C, 諌山翔伍^C, 山崎了^D, 森高外征雄^H, 藤岡慎介^A, 佐野孝好^A A) 大阪大学 レーザー科学研究所, B) 大阪大学 大学院理学研究科, C) 九州大学 総合理工学研究院, D) 青山学院大学 理工学 研究科, E) 千葉大学 大学院理学研究院, F) 大阪大学 大学院工学研究科, G) 北海道大学 工学研究院, H) 核融合科学研究所

SUMMARY

磁気リコネクション (MR) は磁場から荷電粒子へのエネルギー変換現象で、宇宙線加速機構の候補の一つである。低プラズマベター領域におけるMRによる粒子加速機構解明を目指して、コイルターゲットと激光XII号(GXII)を用いた実験を行った。

上下に配置した2つのコイルターゲットの大きな 平板にGXII (ω, 700 J/beam, 1.3 ns)を照射した (Fig.a)。 コイルに電子電流が流れることで磁場が生成され るとともに、コイルがプラズマ化して膨張し (Fig.b)、両コイル間で反平行磁場を伴ったプラズマ インフローを形成した。インフロー速度計測のた めプラズマ発光のストリーク計測 (Fig.c) を行った。 各ターゲットへのGXIIの照射本数が、2本と3本の 場合、それぞれ92 km/sと110 km/sのインフロー速 度が得られた。プラズマの電子・イオン温度とア ウトフロー速度計測、さらにはリコネクション電 流密度の計測のために行った協同Thomson散乱計測 では、コイルプラズマからの散乱スペクトルが得 られており、現在解析中である。



磁気リコネクション率の検証と速いエネルギー解放メカニズムの解明 森田太智¹,坂和洋⁻²,松清修⁻¹,諌山翔伍¹,枝本雅史³,境健太郎⁴,山崎了⁵,田中周太⁵,冨田沙羅⁶,富田健太郎⁷, 竹崎太智⁸,佐野孝好²,古場健斗¹,尾川知也¹,栗丸空¹,椎葉龍希¹,高橋佳夏¹,中原寛太¹,豊田祐生²,矢倉彰真⁵,近藤颯⁵, 鹿島綾夏⁵,井手勘太⁵,岡部圭悟⁵,石崎楓弥⁸

1) 九州大学大学院総合理工学研究院, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 成蹊大学理工学部, 4) 核融合科学研究所, 5) 青山学院大学理工学部, 6) 千葉大学大学院理学研究院, 7) 北海道大学大学院工学研究院, 8) 富山大学学術研究部工学系

SUMMARY

レーザースポット間の磁気リコネクション現象 を実験的に観測し、プラズマの速度変化や密度構 造、磁場変化などをレーザートムソン散乱法、プ ラズマ自発光イメージング、イオンコレクタで詳 細に計測した。これにより、様々な初期条件で磁 場からプラズマへのエネルギー変換効率やリコネ クション率を定量的に評価することが可能となっ た。本研究成果は、太陽フレアなどで起こる磁気 リコネクション現象の解明に貢献し、プラズマ物 理学の発展に寄与することが期待される。



Study of laboratory experiments of hydrodynamic instabilities in astrophysical jet propagation by ultraintense lasers

A. Mizuta¹, C.-S. Jao², S. Kurochi³, F. Nikaido³, N. Ohnishi⁴, Y. Kuramitsu³, Y. Sakawa⁵

1) RIKEN, Japan, 2) Department of Physics, National Cheng Kung University, Taiwan, 3) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan, 4) Department of Aerospace Engineering, Tohoku University, Japan, 5) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

We have numerically investigated laboratory experiments in which two laser-produced supersonic plasma flows collide, resulting in the formation of reflected shocks. We observed significant growth of the Richtmyer–Meshkov instability within the shocked plasma region. To further analyze these phenomena, we numerically computed ionbacklight images through the plasma, explicitly incorporating electric fields generated by pressure gradients. By employing a neural network (NN) technique, we successfully reconstructed the two-dimensional spatial structure of these electric fields. By repeating this process with various electric field configurations, we aim to enhance the NN's performance and establish a novel plasma diagnostic method.



Left: Mass density contour of numerical simulation of collision of laser produced two supersonic flows. Two reflection shock go to left and right. Middle: Zcomponent f electric field, assuming electric field is generated via pressure gradient. Right. Reconstructed electric field from numerically generated ion-back right image. Two region which is indicated by black squares in the middle panel. Ion acceleration using collisionless shocks produced in nonequilibrium plasmas

S. Gohara¹, M. Kanasaki¹, T. Yamauchi¹, and Y. Fukuda²

Graduate School of Maritime Science, Kobe University, Japan,
 Kansai Institute for Photon Science (KPSI), National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), Japan,



Investigation of plasma instabilities in the collisionless shock foot region Y. Ohira¹, K.F.F. Law², S. Fujioka²

1) University of Tokyo, Japan, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

We investigated early-stage plasma instabilities and subsequent electron and ion heating in the foot region of perpendicular shocks in young supernova remnants (SNRs) via 2D full PIC simulations. Our study, based on practical parameters including a realistic proton-toelectron mass ratio and nonrelativistic shock velocity, revealed that the Buneman instability followed by the ion two-stream instability dominates electron and ion heating. We found that shock reformation significantly affects ion heating and the development of the Weibel clarify instability. These findings previous discrepancies in the electron-to-proton temperature ratio and offer insight into particle heating in young SNRs. The results were published on The Astrophysical Journal in FY2024. [1]

[1] K.F.F. Law, S. Fujioka and Y. Ohira, The Astrophysical Journal, vol. 982, 101 (2025)



FIG. Time evolution of electric field energy density in two cases: with (Case A) and without (Case B) return protons. The Buneman instability dominates the early growth (Region I), followed by the ion two-stream instability (Region II). Solid and dotted lines represent Ex and Ey components, respectively. The difference between cases illustrates how return protons influence instability saturation and ion heating. (From [1])

誘導コンプトン散乱のレーザー実験に向けての研究 田中周太^{1,2},山崎了^{1,3},蔵満康浩²,福田祐仁⁴,坂和洋一³ *青山学院大学理工学部*, 2) 大阪大学大学院工学研究科,
3) 大阪大学レーザー科学研究所, 4) 関西光量子科学研究所

SUMMARY

本研究は「誘導コンプトン散乱(induced CS) というレーザー・プラズマ非線形相互作用の研究 である. Induced CSの理論的研究とそれのレー ザー実験での実証を目指す. 前回の実験より Induced CSの実験計測では前回7桁以上の減光が必 要で、NDフィルタの分光特性が大きく結果に現れ る事がわかった.右図が本年度に行われたI-KAREN-Pレーザーに用いるために購入したNDフィル タの分光特性を計測したデータとメーカーの公称 値を比較したものである. Indued CSで計測する透 過光スペクトルについて,系統誤差などを明確に するために計測した. 今回いくつかのNDフィルタ の分光特性を計測したことで、分光特性は波長に よっては公称値と数倍は異なる事がわかった.こ れが個体差によるのかは確認が必要である.一方 で、NDフィルタが持つ大まかな分光特性は公称値 を用いても桁で間違えることはないとわかり、こ れらの結果から本年度の実験で用いるフィルタを 選定し、計測を行なった.結果は解析中である.





Online reading of a gamma-ray spectroscopy system with photostimulable phosphors S. Miyamoto, H. Matsubara, N. Tanaka, K. F. F. Law, J. Hernandez, R. Takizawa, J. Dun, X. Han, Y. Karaki, and S. Fujioka Institute of Laser Engineering, The University of Osaka **SUMMARY** ファイバー田マッチングスリーブ レーザープラズマからの高エネルギーX線、 v 線 の計測のため、積分型検出器である輝尽性蛍光体 ファイバーアダプター (PSP: Photo Stimulated Phosphor)を用いた、 HEXSシステムが使われている。 PSPは広いダイナ в ミックレンジを持ち、積分型でショット時の電磁 ファイバー用コリメーターレンズ ノイズを避ける事ができる。これまでに試作した PM(H10722) 1チャンネル型でセンサ部の試験を行い、センサ 読出レーザ-Filter(B390) 部のばらつきを少なくする2種類のセンサ形状(右 637 nm 光ファイバー 光ファイバーカプラ-図A.B)を試作した。有効PSPサイズを1桁ほど変え サーキュレーター 840 TT400R5F1B WMC1H1F ることができ、計測対象プラズマや、計測位置に ミニ半道休レーザ より、どのセンサ形状を用いるか選択できる。 DBIS637LS-100 PSP蛍光の寿命はマイクロ秒程度であるため、 レーザー パルスレーザーで読み出しと、消去を行うことに プラズマ より、数百Hzの繰り返し計測が可能である。 X線 2 チャンネルシステムの設計では、光カプラー 100 Hz とサーキュレータを用いることで、読み出し光は 1台のレーザーで供給でき、システムをフレキシ 輝尽性蛍光体を用いた、X線-ガンマ線検出器。光ファイ ブルに設置できるようにした。 バー用スリーブや、コリメーターレンズを利用して、既 成品の光ファイバーを直接使うことで、センサ制作を容 易にした。下図は2チャンネル計測システム例。

Measuring the principal Hugoniot and re-shock behaviour of liquid-wetted SiO₂ as a surrogate for DT wetted foam P.A. Norreys¹, J.J. Lee¹, R. Paddock², M. Oliver², B. Fisher³, S. Bakandreas⁴, M. Koenig⁴, A. Amouretti⁵, N. Ozaki⁵ 1) University of Oxford, UK 2) Central Laser Facility, Rutherford Appleton Laboratory UK 3) University of York, UK 4) Ecole Polytechnique, France 5) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The aim was to measure the principal Hugoniot of SiO_2 foam to help characterize its future behavior under wetted liquid conditions. The idea was to field a novel target design to use the calculated Hugoniot to obtain re-shock data for this material, further expanding knowledge of the material EoS.

The two-week experiment at the GEKKO XII laser facility in early December 2024 aimed to measure the equation of state (EoS) of low-density aerogel (0.09g/cm³). The preliminary data from these shots are plotted in Fig. 1 in red, with the energy of each shot labelled above the corresponding scatter points. These results are compared to predictions from the Quotidian Equation of State (QEOS) predictions. While the data closely follows predicted trends, both the VISAR diagnostic and the streaked optical pyrometry (SOP) consistently show a drop in signal intensity at the interface between the Quartz and foam layers. This drop, clearly visible in Fig. 2, suggests the possible presence of a vacuum gap between the two layers.



FIG. 1 (top): Plot comparing low density foam measurements from the experiment to QEoS model.

FIG. 2 (bottom): Evidence of a reduced signal between the Qz and foam layer. Likely due to a vacuum gap between the layers.

Study of Studies of Equation of State of Boron compounds in extreme conditions K. Batani¹, D. Batani², A. Milani², D. Singappuli², W. Kang³, L. Sun⁴, C. Spindloe⁵, M. Passoni⁶,

K. Shigemori⁷, N. Ozaki⁸, A. Amouretti⁸

 Insitute of Plasma Physics and Laser Microfusion, Poland, 2) University of Bordeaux, France, 3) Peking University, China, 4) HPSTAR, Beijing, China, 5) SciTech, UK, 6) Politecnico Milano, Italy 7) ILE, Osaka, Japan, 8) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

We aimed at studying the equation of state (EOS) of boron compounds in extreme conditions (~10 Mbar) using hexagonal and cubic boron nitride. These data are essential as input for theoretical calculations and to validate the EOS tables used in hydrodynamic codes. We used the GEKKO laser operating at 3ω and 2ω with square pulse shape changing intensity in the range 10^{13} W/cm²- 10^{14} W/cm². We also made some laser shots on amorphous carbon targets. Both materials are interesting for ICF where they are considered as candidate for ablators. For both materials, we acquired EOS data along the principial Hugoniot, using SOP, VISAR, and SSOP diagnostic to estimate temperature. We also observed a phase transition between reflecting and opaque c-BN.



FIG. We observed a phase transition between the reflecting (up, $E\sim1kJ$) using 2.5 ns laser pulse and opaque (down, E=875J) phases of cubic BN (c-BN) using 1 ns laser pulse. In all images a 10 ns time window is used for both SOP and VISAR.

Study of shock compressed CaSiO₃ close to the melting curve

A. Amouretti¹, K. Fujita¹, N. Kato¹, X. Liu², Y. Nakanishi¹, K. Nishitani¹, K. Nonaka¹, D. Ohkura¹, R. Sakaguchi¹, T. Sano³, K. Taketoshi¹, N. Yamagata¹, K. Yamamoto¹, N. Ozaki^{1,3}

1) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan 2) School of Science, Wuhan University of Technology, China 3) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The crystallization of CaSiO₃ glass at a nanosecond time scale has been observed with in-situ x-ray diffraction at the SACLA facility at around 100 GPa (Amouretti et al.). In order to understand this observation correctly, one needs precise Hugoniot measurement, especially to check if the Hugoiniot obtained from the gas gun is compatible with the one obtained with laser shock compression. Moreover, a characterization of melting pressure is necessary because the high-pressure high-temperature nucleation rate of Pv-CaSiO₃, strongly depends on the melting temperature, and still contradictory calculation remains on the melting curve location. An anomaly in a very high-pressure Hugoniot could restrain this melting curve. As shown by our measurements, still under analysis, the GEKKO laser allowed us to obtain Hugoniot up to ~ 900 GPa.



FIG. Experimental Hugoniot of $CaSiO_3$ glass measured by shock compression in the P vs ρ plan. In blue, the data obtained through VISAR measurement at GEKKO;the target design is shown (top-left). Data obtained by gas gun (Xu et al.) are shown in orange.

ケイ酸塩の輻射スペクトル測定による惑星内部における融解挙動・融体物性の解明 佐藤友子¹,尾崎典雅²,中西悠輔²,佐野孝好³,兒玉了祐^{2,3} 1) 高エネルギー加速器研究機構,2)大阪大学大学院工学研究科,3)大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

岩石型惑星の主要構成物質であるケイ酸 塩の地球・惑星中心部に相当する超高圧・ 高温条件下の状態方程式を決定するため、 MgSiO₃組成の高密度相であるブリッジマナ イトの減衰衝撃圧縮実験によるユゴニオ温 度の測定を実施した。VISAR・SOP・分光 スペクトル測定を実施し、分光輻射プロ ファイルからの10000K以下での温度測定を 試みた。この温度域ではBridgmaniteは金属 化せず、UsはVISARのtransitより予測した。 輻射強度の低い10000K以下でも比較的良好 な輻射スペクトルが得られ、300GPa以下、 ~5000Kまで暫定的に温度が決定できた。



Measuring the principal Hugoniot and re-shock behaviour of liquid-wetted SiO₂ as a surrogate for DT wetted foam P.A. Norreys¹, J.J. Lee¹, R. Paddock², M. Oliver², B. Fisher³, S. Bakandreas⁴, M. Koenig⁴, A. Amouretti⁵, N. Ozaki⁵ 1) University of Oxford, UK 2) Central Laser Facility, Rutherford Appleton Laboratory UK 3) University of York, UK 4) Ecole Polytechnique, France 5) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The aim was to measure the principal Hugoniot of SiO_2 foam to help characterize its future behavior under wetted liquid conditions. The idea was to field a novel target design to use the calculated Hugoniot to obtain re-shock data for this material, further expanding knowledge of the material EoS.

The two-week experiment at the GEKKO XII laser facility in early December 2024 aimed to measure the equation of state (EoS) of low-density aerogel (0.09g/cm³). The preliminary data from these shots are plotted in Fig. 1 in red, with the energy of each shot labelled above the corresponding scatter points. These results are compared to predictions from the Quotidian Equation of State (QEOS) predictions. While the data closely follows predicted trends, both the VISAR diagnostic and the streaked optical pyrometry (SOP) consistently show a drop in signal intensity at the interface between the Quartz and foam layers. This drop, clearly visible in Fig. 2, suggests the possible presence of a vacuum gap between the two layers.



FIG. 1 (top): Plot comparing low density foam measurements from the experiment to QEoS model.

FIG. 2 (bottom): Evidence of a reduced signal between the Qz and foam layer. Likely due to a vacuum gap between the layers.

天体衝突時における金属/ケイ酸塩分離過程の解明 境家達弘¹,中村颯汰¹,菅田竜太¹,宮川恵輔¹,近藤忠¹,重森啓介² 1) 大阪大学大学院理学研究科, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

激光II号レーザー装置を使用して、レーザー衝撃回収実験を行った。今年度はケイ酸塩鉱物の衝撃変成に着目するため、試料には単結晶クォーツを用いた。回収試料中心付近において、レーザー照射面側から衝撃波伝播方向に対してX線回折測定を行った(図参照)。レーザー照射面近傍(d = 100 mm)では、遠方(d = 1500 mm)でのX線回折パターンと比較して回折パターンの変化がいくらか見られるので、クォーツ単結晶での衝撃変成をX線回折パターンから評価出来ると考えられる。



Fundamental Development of Microparticle Capture System through Hypervelocity Impact Simulations and Experiments at >10 km/s

矢野創¹, 中澤淳一郎^{1,2}, 中村浩隆³, 尾崎典雅³, 田端誠⁴, 平井隆之⁵, 佐野孝好⁶、長友英夫⁶ 1) 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, 2)総合研究大学院大学, 3) 大阪大学大学院工学研究科, 4) 千葉大学, 5) 千葉工業大学, 6) 大阪大学レーザー科学研究所

実験研究:ガスの光イオン化実験

レーザー生成ガスの光イオン化実験の事前実験 として、まずはレーザー未照射の段階でアルミニ ウムバッグから導入されたガスを、真空紫外光で イオン化する実験を行った。その結果、電極、検 出器、UVランプ、高圧電源のインターフェース調 整を完了した。続いて、ガス未導入時にUV照射し、 残留ガスがイオン化した際に検出器のシグナル データを取得することができた。

シミュレーション研究:レーザープラズマシミュレーショ ンコード(P4P)による超高速衝突の再現

従来の太陽系科学分野で超高速衝突の再現に用いられてきた数値流体計算コードでは、プラズマが生じるレベルの高エネルギー領域を扱う機会が少ないため、熱拡散、電離、熱放射の影響を考慮できていない。これらが超高速衝突に与える影響を調べるため、Ratcliff et al.,(1997)にて得られた実験データとP4Pによる計算結果を比較し、P4Pによって超高速衝突を扱う基礎を築いた。その結果、特に発生電荷量、イオンのエネルギーをシミュレーションから見積もることが可能になった。



る再現シミュレーション

Demonstration of Megatesla ultra-high magnetic field generation driven by high-intensity laser implosion H. Morita, K. F. F. Law, R. Omura, I. Kunz, Y. Abe, R. Takizawa, H. Matsubara, Y. Karaki, T. Somekawa, M. Murakami, and S. Fujioka

1) Utsunomiya University, Japan, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

本研究課題の目的は,キロテスラ級の強磁場を種 としてマイクロチューブ爆縮法によるメガテスラ 級の超強磁場の生成に世界で初めて挑戦すること である。本実験では,マイクロチューブへの高強度 レーザー照射時に発生する高エネルギー陽子線の 角度分布を計測し,種磁場の有無で有意な差を観測 した。この結果は,前年度の実験結果を再現してお り,種磁場の30倍以上に匹敵する超強磁場が生成さ れていたことを示唆している。本研究成果を起点 としてメガテスラに匹敵する超強磁場中での新し い高エネルギー密度プラズマ研究の発展が期待さ れる。



Study of Particle Acceleration Mechanisms in Magnetically Driven Reconnection at Low Beta Using Capacitor Coil Targets Powered by Short-Pulse Lasers

Y. Zhang¹, B. Russell¹, G. Pomraning¹, L. Gao², H. Ji^{1, 2}, F. Law³, S. Fujioka³, R. Takizawa³, J, Dun³, Y. Karaki³, H. Matsubara³, R. Omura³ and R. Akematsu³

1) Princeton University, USA, 2) Princeton Plasma Physics Laboratory, USA, 3) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

We had a successful experimental campaign with the support of the ILE team, achieving two key objectives: (1) the initial proton radiography-based magnetic field measurement and (2) the interferometry-based plasma density measurement. Proton radiography was conducted in both face-on and side-on configurations to characterize the magnetic field. The face-on proton radiograph revealed a dominant contribution from proton emission originating at the coil target, whereas the side-on proton radiograph effectively avoided this interference, making it more suitable for future magnetic field measurements. Additionally, interferometry measurements provided a plasma density of 10^{21} - 10^{22} m⁻³ at the center between two coils, providing insights into plasma origin and confirming that short-pulse laser-driven reconnection can enter the relativistic regime. These results pave the way for future investigations of magnetic reconnection using shortpulse-driven capacitor coil targets.



FIG. (a–c) presents reference shots without laser interaction, showing the face-on proton radiograph, side-on proton radiograph, and interferometry image. (d–f) displays shots with laser interaction, capturing the face-on proton radiograph, side-on proton radiograph, and interferometry image.

Development of Dual X-ray and Proton Radiography for a Direct Drive Fast Ignition Cone-Sphere Target H. Sawada¹, S. Fujioka², K. Matsuo³, H. Nagatomo²

1) University of Nevada Reno, USA, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan, 3) Ex-Fusion, Japan

SUMMARY

This project enhances modeling capabilities for dual Xray and proton radiography of laser-driven fast-ignition targets. Using the 2D radiation hydrodynamics code PINOCO, we calculated electric field strengths from pressure gradients. This year, we simulated proton beam deflection by various field geometries using the Monte Carlo code, PHITS. Next year, we will implement realistic target and field conditions to compare simulations with experimental measurements. This work advances diagnostic techniques for highenergy-density and inertial fusion plasmas.



FIG. (a) A PHITS simulation geometry. A beam of 3.0 MeV protons is injected through a cylinder containing electric fields pointing outward. (b) A proton dose at Z=10 cm when no field is applied. (c) A proton dose with the electric fields on.

Effects of magnetic fields and laser parameters on the generation and transport of relativistic electron beams

Shoujia Guo¹, Suming Weng¹, and Shinsuke Fujioka²

1) Shanghai Jiao Tong University, China, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The interactions of kilojoule-class multi-picoseconds lasers with plasmas can efficiently generate relativistic electron beams (REBs). However, these REBs usually have large divergence, which greatly deteriorates the energy coupling between the REB and fusion target. In this research, we combine the Rad-MHD simulation using FLASH code with the PIC simulation using EPOCH code to study the effects of laser and plasma parameters on the generation and transport of REBs. Our results show that laser contrast plays an important role in the collimation of the generated REBs, which is consistent with the recent experimental results found at the GEKKO-LFEX laser facilities. The simulation results also show that the REBs are generated in an area with special density distribution. Based upon the new understandings, we may design laser and target parameters and structures for future related experiments.



FIG. The energy distributions of electrons in the cases with low laser contrast (w/o fluid velocity), and high laser contrast (w/o fluid velocity), the results are obtained from the combination of Rad-MHD and PIC simulations. 大型レーザー装置を利用した電荷交換反応の地上再現実験と天体放射モデルの構築 H. Uchida¹, S. Fujioka², K. F. F. Law², M. Matsuda¹, S. Tokita¹, S. Masuno¹, R. Akematsu², and R. Ohmura²

Department of Physics, Kyoto University, Japan,
 Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

近年、宇宙の局所非平衡環境が注目され、電荷交換反応がその鍵となる。申請者はX線観測で電荷交換の兆候を発見し、衝撃波と中性ガスの相互作用の証拠を掴んだ。2023年打ち上げのXRISM衛星は、精密X線分光により電荷交換輝線の直接検出を可能にする。一方、電荷交換X線のモデル化は未発展である。

本研究では、大阪大学と協力し、高出力レー ザーを用いた地上実験を実施した。SiやSiO2ター ゲットにレーザーを照射し、発生プラズマと外気 の中性ガスの電荷交換によるX線スペクトルを測 定した。その結果、He様Siのtriplet輝線を分離し、 共鳴線、異重項間遷移線、禁制線を明瞭に検出し た(左図)。現在、解析を進めており、禁制線の 強度変化が電荷交換反応の指標となるかを検討中 である。今後、外気条件を変えた実験を行い、輝 線強度比の違いを調べることで、電荷交換反応の 定量的評価を目指す。



マルチピコ秒間持続する相対論放射圧による臨界密度面の超高速ダイナミクスの解明 小島 完興¹ 1) 量子科学技術研究開発機構 (OST) 関西光量子科学研究所 (KPSI)

SUMMARY

This study investigates the effect of pulse duration on relativistic electron (RE) acceleration by high-intensity lasers. In recent kilojoule-class PW laser facilities, multi-picosecond relativistic laser irradiation is possible. Using the LFEX laser, we observed the generation of super-ponderomotive relativistic electrons (SP-REs). Particle-in-cell (PIC) simulations revealed that selfgenerated electrostatic and magnetic fields are essential for SP-RE generation, with energy amplification occurring through the loop-injected direct acceleration (LIDA) mechanism. The experiment aims to verify the sudden growth of self-generated magnetic fields and the synchronization between SP-RE generation and plasma expansion. Additionally, RE energy distribution will be measured under different pulse conditions using temporally stacked LFEX laser pulses. The timeresolved observation will be conducted using the polarization-gating frequency-resolved optical gating (PG-FROG) technique.



FIG. Schematic of single-shot polarization-gate frequencyresolved optical gating (PG-FROG). The single-shot FROG variant is based on the fact that the temporal delay can be mapped onto the spatial transverse position.
マイクロバブル爆縮による強相対論領域物理の探索と開拓 Sergey Bulanov¹,村上匡且² 1) 欧州高強度レーザー実験施設(ELI), 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

We investigated the behavior of relativistic plasma formed inside microbubbles on the micron scale, and established the conceptual design of a particle accelerator that can generate an electric field comparable to the "micron scale Schwinger limit electric field" under an ultra-high electric field environment, and performed its specific theoretical design. In particular, we found that the electric field generated inside the bubble is about two orders of magnitude stronger than the electric field that caused the implosion, causing a violent explosion of the ions compressed at the center, resulting in the scattering of ions with kinetic energy about one order of magnitude higher than the energy obtained during the implosion process. As shown in the right figure, the size of the bubble at the maximum compression, which was initially 1 micron, shrinks to about nanometers, and the density of protons at that time is compressed to about 300,000 times the density of a solid.



FIG. It was found that the size of the bubble, which was initially 1 micron, shrinks to about nanometers at maximum compression, and the proton density at that time is compressed to about 300,000 times the solid density.

マイクロチューブ爆縮によるメガテスラ磁場生成 Fernando Rubio Garcia¹,村上匡且² 1) ロチェスター大学 (LLE), 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

When a megatesla-class ultra-high magnetic field changes in a micron-scale extremely small space and in an extremely short time of a few tens of femtoseconds, it becomes possible to generate a strong electric field according to Faraday's law ($\nabla \times E = -dB/dt$). The purpose of this research is to theoretically design an ultra-compact particle accelerator of "100 micron-scale GeV (gigaelectronvolt) class" in an extremely high magnetic field environment generated on the central axis by plasma implosion after irradiation with an ultrahigh intensity laser. As shown in the right figure, by providing a turbine-like microstructure inside the target, an electron vortex with relativistic energy in a certain direction occurs in the center, and as a result, it was found that the process of generating an ultra-high magnetic field can be simplified.



FIG. By creating a turbine-like microstructure inside the target, electron vortices with relativistic energy in a fixed direction are generated in the center, thereby simplifying the process of generating ultra-high magnetic fields.

超高強度レーザーを用いた強い光とプラズマを介した核反応 蔵満康浩^{1,2,3},草野颯斗¹,二階堂颯佳¹,玉城直也¹,江嵜大和¹,内藤佳輝¹,北村力丸¹,岩佐健生¹,倉本恭誓¹, 安井稔遥¹,黒地柊太郎¹,田實太陽¹,山中敬太¹,加藤光¹,中村豊¹,飯田海地¹,安部勇輝^{1,2},南卓海^{1,4}, A. Morace²,藤岡慎介²,福田祐仁³,早川岳人³,金崎真聡⁵,時安敦史⁶,郡英輝⁷,C.M.Chu⁸,W.Y.Woon⁸, 1)大阪大学工学研究科,2)大阪大学レーザー科学研究所,3)関西光量子科学研究所,4)大阪大学情報科学研究科, 5)神戸大学,6)東北大学,7)大阪大学核物理学研究センター,8)国立中央大学

SUMMARY

両 面 が 自 由 表 面 の グ ラ フ ェ ン 、 large-area suspended graphene (LSG)を高強度レーザーLFEXで 照射し、レーザーイオン加速プラズマ中における 核反応実験を行った。トムソンパラボラと固体飛 跡検出器を組み合わせ、機械学習を用いたイオン エッチピット解析の高精度化と自動化により、電 荷質量比が1/2でプロトンより大きく炭素より小さ い核種を検出していた。今回の実験ではCDシェル ターゲットを用いたショットとの比較により(Fig. 1)、これが重水素であることを突き止めた。加速 されたプロトンがグラフェンの炭素に衝突したと 仮定するより、何桁も多くの重水素が検出されて おり、また今回の実験ではグラフェンを用いた全 てのショットで重水素を確認しており、炭素と水 素を含むCHターゲットでは重水素が確認されな かった。宇宙線による軽元素合成から、宇宙の成 り立ちまで壮大な研究に発展する可能性がある。



一方向照射型慣性核融合に基づく超短パルス点中性子源の開発

安部勇輝^{1,2},岩佐健生¹,加藤光¹,南卓海¹,二階堂颯佳¹,安井稔遥¹,倉本恭誓¹,田實太陽¹,北村力丸¹, 黑地柊太郎¹,玉城直也¹,Fouquet Lucile¹,余語覚文²,有川安信²,Alessio Morace²,境健太郎³, 羽原英明^{1,2},蔵満康浩^{1,2},藤岡慎介²,

1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 核融合科学研究所

SUMMARY

本研究では、中性子ラジオグラフィによる高解 像度・高時間分解画像診断の実用化を目指し、高 出力短パルスレーザーを用いた超短パルス点中性 子源の開発に取り組んだ. 球殻ターゲットを用い たTNSA駆動の求心プラズマ集束を利用した「爆 縮を伴わない慣性核融合方式」について、今年度 は中性子発生源のサイズ評価を試みた.実験では、 中性子発生領域で生成されるプロトン (D(d, p), D(p, 2p+n)反応) をソースにしたナイフエッジラジ オグラフィを行い、エッジの陰影の鋭さ(ボケ) から中性子発生領域を間接的に評価した.実験の 結果, 直径500 µmのターゲットに対して, 中性子 発生領域は直径100 µm以下であることが示唆され た.これにより、TNSA駆動のプラズマ集束によ り高密度プラコアが生成されているこを示唆する ものであり、同手法による点中性子源生成の有効 性が示された. 今後はイメージングの空間分解能 を上げてより詳細な評価を行いたい.



レーザー駆動中性子による恒星内元素合成の研究 ^{早川岳人¹}, Lan Zechen¹, Wei Tianyun¹, 静間敏行¹、川瀬啓悟¹, 羽島良一¹, 神門正城¹, 有川安信², 余語覚文²,藤岡慎介²,山田龍弥², *1) 量子科学技術研究開発機構, 2) 大阪大学レーザー科学研究所*



大強度レーザーによって短いパルス時間で約 10¹¹個の強度の中性子を生成可能になっている。 このような中性子パルスは宇宙の様々な環境で発 生する中性子による原子核反応による新しい元素 (同位体)の生成の研究に適している。¹⁷⁶Luは約 3.7×10¹⁰年の半減期で¹⁷⁶Hfにβ崩壊する。隕石研究 で、一部の隕石やリュウグウ試料で半減期が短く なる現象が発見されたが、その原理は未解明であ る。我々は高エネルギー宇宙線の2次中性子による 加速崩壊を提案している。そこで、LFEXレーザー で実験し崩壊が加速した事象を観測した。



Measurement on high intensity magnetic filed by thermal neutron

Yasunobu Arikawa Institute of Laser Engineering Osaka University



Single-Shot Neutron Resonance Absorption Analysis

Z. Lan¹, Y. Arikawa¹, S. R. Mirfayzi², A. Morace¹, T. Hayakawa³, H. Sato⁴, T. Kamiyama⁴, T. Wei³, M. Koizumi⁵, Y. Abe^{1,6}, S. Fujioka¹, R. Kodama¹ & A. Yogo¹

1) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan, 2) Tokamak Energy Ltd, UK, 3) Kansai Institute for Phonton Science, National Institutes for Quantum Science and Technology, Japan, 4) Faculty of Engineering, Hokkaido University, Japan, 5) Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security, Japan Atomic Energy Agency, Japan, 6) Graduate School of Engineering, Osaka University, Japan.

SUMMARY

We have demonstrated a high-intensity laser-driven neutron source that enables single-shot neutron resonance spectroscopy, targeting the eV range and potentially extending to keV energies. Previously, we focused on optimizing beamline design, enhancing neutron yields, and developing time-gated detection to achieve accurate resonance measurements and temperature-dependent spectroscopy for 300-600 K within a single laser shot [1]. Last year (2024) progress involves cooling the resonance samples with liquid nitrogen, which significantly sharpens the observed resonance peaks by reducing Doppler broadening. This improvement not only provides higher energy resolution but also paves the way for investigating previously inaccessible neutron resonance data in broader energy regimes, promising further applications in nuclear physics and advanced material analysis. [1] Z. Lan, et al. Nat. Commun. 15.1 (2024): 5365.



FIG. Experimental setup of temperature dependent resonance spectroscopy with laser-driven neutron source. The resonances samples were heated or cooled to different temperature in every single shot.

Characterization of LFEX laser-generated fast electrons via modeling angular-dependent bremsstrahlung measurements

H. Sawada¹, S. Fujioka², T. Maekawa², H. Matsubara²

1) University of Nevada Reno, USA, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

This project characterizes fast electrons generated by the kilo-joule class, high-energy, short-pulse LFEX laser. Understanding the energy spectrum, divergence angle, and laser-to-electron conversion efficiency is crucial for advancing fast ignition in laser fusion research. To model measured bremsstrahlung signals, we have applied two approaches: hybrid particle-in-cell simulations and deep learning using Monte Carlo simulation results. We employed both mathematical optimization (MO) and machine learning (ML) for the spectral reconstruction process. Although both techniques successfully reproduced the measured spectrum, the reconstructed X-ray spectra differed, indicating the need for additional physical constraints. These findings improve diagnostic techniques for highenergy electron beams and improve fast electron characterization for high-energy-density and fast ignition experiments.



超高強度レーザーによる高電離重金属プラズマの形成過程の解明 西内満美子 量子科学技術研究開発機構

SUMMARY

高強度フェムト秒レーザーによる質量数~200ク ラスの重イオンの加速は、いかに高価数にイオン を電離できるか、また、そのイオンを加速場に効 果的に乗せるかが鍵となる.しかし、イオン化機 構に関する知見は不十分で、特に加速効率の高い 相対論的透過(RIT)モードにおける電離ダイナミッ クスはわかっていない.本研究では、J-KAREN-P レーザーを用いた実験と、衝突・電離を取り入れ たPICLSコードによる解析により、高温金プラズ マの形成過程および金イオン加速過程を明らかに した、また、X線CCDのX線分光法によりターゲッ ト内部の電離度を同時計測した.その結果、 10MeV/u以上の金イオンの電荷状態~70がRIT相で 加速されることを実験的に実証した.



超高強度レーザーイオン加速におけるイオン化の物理とその制御 畑昌育¹ 1) 量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所

SUMMARY

レーザー強度3.2×10²² W/cm²のレーザーを200 nmの金標的に照射した場合における金イオンの加 速特性を調べた.~13 MeV以上の金イオンの最終 イオン化過程は衝突電離が支配的で,電場電離で は51+程度までしから電離できないことが明らか になった.また,低い電離度が理由で電場電離で イオン化したイオンは最大でも15 MeV程度までし か加速されなかった.一方,衝突電離によって高 価数に電離されたものは最大で26 MeV程度まで加 速された.本研究成果は,重イオンを加速する上 で衝突電離によるイオン化の重要性を示したもの である.



液体ジェットターゲットを用いた高繰り返しレーザー粒子加速に関する研究

安部勇輝^{1,2},東口武史³,小田靖久⁴,森田大樹³,岩佐健生¹,荻原彩華³,小林隼大³,佐藤稜馬³,杉浦使³, 空本龍弥³,東原望³,松浦涼真³,三輪佑太³,矢澤隼斗³,阿光秀馬³,藤岡慎介²

1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 宇都宮大学, 4) 摂南大学

SUMMARY

パワーレーザーがシングルショットの時代から 高繰り返しの時代へと変革しつつある昨今,最も 遅れているのはターゲット連続供給技術の開発で ある.本研究では,液体薄膜ジェット供給技術に 着目し,レーザーと液体薄膜の相互作用による高 繰り返しイオン加速ならびに高輝度中性子線,X 線発生と応用展望を検討した.昨年度までに直径 10 - 500 µmの円棺軽水ジェットのほか,直径100 µm,肉厚10 µmの円筒中空ジェットの生成に成功し, 今年度は高繰り返しレーザー実験に向けた準備を 進めた.mJ・kHzクラスの小型レーザーから,100 J・100 Hzクラスの大型レーザー(Senju等)を想 定した場合の中性子収量の見積もりのほか,実験 に向けてチャンバー内部の到達真空度の確認を 行った.



Development of a solid hydrogen foil target system for laser ion acceleration

研究代表者:岩本 晃史^{1,2} 受入教員:余語 覚文² *□核融合科学研究所、²)大阪大学レーザー科学研究所*

SUMMARY

新しいイオン加速機構を実証するために純粋固 体重水素薄膜を生成しレーザー実験へ供給する装 置の開発を行う。固体重水素薄膜を実現すること で、高効率の重陽子加速の実現を目指す。

インジウムOリングによるシール構造を実現し た新構造の薄膜形成小室をもつ装置への更新に よって銅基板のオリフィスに厚さを50-500µmの間 で制御した固体重水素薄膜の形成が可能になった。 オリフィスに固体重水素薄膜を確実に生成する条 件の決定や一日複数回ショットを可能にするシー ル部の調整などを実施し、LFEXレーザーによる重 陽子加速実験に成功した。

最終的に実験に使用した固体重水素膜の一例と 重陽子加速実験結果をFIG.1に示す。



Theoretical Study on Proton-Beam-Driven Impact Ignition Javier Honrubia¹, Masakatsu Murakami² 1) Universidad Politécnica de Madrid, 2) ILE, Osaka university

SUMMARY

A joint research was conducted on the theoretical design of the original scenario of impact ignition proposed by the host representative. The nuclear fusion ignition was designed to be driven only by a laser, so it was necessary to achieve the high temperature of 50 million degrees required for ignition. In this international joint research, the collision speed of the impactor and the main fuel was set to 1000 km or less, and additional heat of a proton beam as a booster was added, and the conditions of the target and beam that can achieve ignition were clarified. As shown in the right figure, it was revealed that a proton beam with an energy of several MeV can be generated with high efficiency by heating the shell installed on the left side of the cone with an ultra-high intensity laser.



FIG. It was found that a proton beam with an energy of several MeV could be generated with high efficiency by heating the shell placed on the left side of the cone with an ultra-high intensity laser.

Development of micro-meter spatial resolution optical imaging by using the multimode fiber imaging

Tomoya Nakamura, Yasunobu Arikawa

SANKEN Osaka University, Institute of Laser Engineering Osaka University

SUMMARY

ファイバーイメージングにより、数十メートル遠方から、核融 合プラズマから発生する量子ビームを超高解像度で計測する技 術開発を行っている。マルチモードファイバーは、入口面(伝 搬する前)から入った光画像はファイバー内の干渉効果により、 スペックルパターンとなって出口面(伝搬後)から出る。あら かじめ当該ファイバーの光伝達関数を測定しておく。計測対象 を観測した時のスペックルパターンからその伝達関数を用いて、 演算処理を行うと、伝搬前の観測対象の画像を再生することが できる。原理的に1µmの空間分解脳が得られる。原理実証とし て、(a)に示す実験テーブル上に作った模擬的なマルチモード ファイバーイメージング計測キットを用いて原理実証実験をお こなった。シングルモードファイバーから出た点光源を標準光 源として用いた。x,yに25µmx25µmを60x100点の位置からそれ ぞれマルチモードファイバーに入射させ、60x100点の出力パタ ンを測定した。それらの画像を用いて伝達行列を形成した。そ の後、x.v=0.0の位置で光を入力して、画像再生を行った画像が (b) である。2.5~5µm程度のスポットの画像が得られた。現状 信号ーノイズ比が悪く、点光源以外の画像の生成には至ってい ない。この原因は、CCDカメラのカウント数揺らぎ(統計ゆら ぎ)によるものと思われている。来年度も観測条件の最適化を 続ける。



Theoretical and Experimental Study on Laser-Driven Ion Acceleration Bhuvanesh Ramakrishna¹, Masakatsu Murakam² 1) Haiderabard Technical University, 2) ILE, Osaka University

SUMMARY

The purpose of this joint research is to propose a novel target structure that has never been seen before, to construct and propose an acceleration mechanism with better acceleration performance than conventional types (e.g. TNSA) through theoretical and experimental research, and to clarify the background physics in detail. This time, we proposed a new structure and named it Micro Nozzle Acceleration (MNA). In MNA, by arranging a rocket nozzle-like structure around the proton sphere, it is possible to concentrate the incident laser energy and generate a proton beam with much higher energy than conventional acceleration mechanisms. As shown in the right figure, it was found that MNA shows much higher acceleration performance in terms of laser intensity dependence compared to TNSA.



FIG. Scaling of the maximum proton energy Emax versus the laser intensity IL, under the different laser and target conditions.



超高速放射線イメージング計測器を目指したEOポリマーの開発

山田 俊毅, 有川安信

情報通信研究機構未来ICT研究所,大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

レーザー核融合実験において、超高速計測用荷電粒子-光変換デ バイスとして、NICTグループが開発したEOポリマーが用いら れている。2024年実験では超高速計測の原理実証を示す データが得られた。次の目標として、EOポリマーを用いてイ メージング計測を行うことが計画されている。EOポリマーに接 着したマルチモードファイバーを用いたマルチモードファイ バーイメージング[1]の原理に基づいている。マルチモードファ イバーイメージングにおける要求として、図(a)のファイバーの 左側からレーザー光を入力して、右側から観測し、ファイバー 内の光伝達関数を毎ショットごとに測定する必要がある。図(a) に示すようにEOポリマーの左側(シリコン基盤側)から 1000nmのレーザー光を透過させる必要がある。本年度は1000nm を部分透過させることができる、半透明EOポリマーを開発した。 シリコン基盤として、数種類のドープ量の違う材質の中から 1000nmを透過できる材料を選択した。従来シリコン基盤の上に アルミニウム層を形成し、その上にEOポリマーを形成させてき たため、全体として可視光に不透明であった。今回はアルミ無 しでEOポリマーを形成した。EOポリマーの形成に重要なポー リング(EOポリマーの面裏面に電圧をかける)は問題なくでき た。これによりファイバーイメージングができるEOポリマーと して新たな可能性が創出されると期待されている。



Investigation on complex ablation process with high power laser irradiation

1)重森啓介, 1)本田拓也, 1)中辻千陽, 1)田中大裕, 1)佐藤匠, 1,2)尾崎典雅, 1,2)兒玉了祐, 1)松浦壮太, 1)長友英夫, 1)余語覚文, 1)藤岡慎介

1) 阪大レーザー研,2) 阪大院工

SUMMARY

ハイパワーレーザーアブレーションのスケーリ ングに関しては、電子熱伝導をエネルギー輸送体 系とした定常アブレーションモデルが基本となっ ているが. るレーザープラズマ相互作用による高 速電子, 高原子番号物質照射条件下によるX線輻 射により、このスケーリングが成立しない状況と なる.本研究では、この複合的なアブレーション 過程を理解するために、

アブレーションを司る重 要なパラメータ(圧力・質量噴出率)とこれに関 係する高速電子や輻射のパラメータの両方を複数 の計測器で観測し、その関係性を探る本年度はX 線バックライト法による質量噴出率.の時間分解 計測に関する実験を主として行い、2台のX線スト リークカメラを用いた計測手法を確立した.本年 度の結果では高速電子効果に主眼をあて、 プラズ マスケール長とその結合効率に関する一連のデー タを取得し、現在解析を実施している.



A challenge to achieve heating intensity beyond 10²⁰ W/cm² by integrating plasma heating mechanisms

S. Fujioka¹, R. Takizawa¹, Y. Karaki^{2,1}, H. Matsubatra^{2,1} et al.,

- 1) Institute of Laser Engineering, The University of Osaka, Japan,
- 2) 2) Graduate School of Science, The University of Osaka, Japan,

SUMMARY

短パルスレーザーによるプラズマ加熱においては、 電子ビームのエネルギー分布の最適化と発散の抑 制が、効率的なエネルギー輸送の観点から極めて 重要である。高コントラストなレーザーパルスは、 コーン内壁において多重反射を繰り返すことで、 そのポインティングベクトルがコーン先端方向へ と集中し、結果として高指向性の電子ビームが得 られる。一方で、レーザーのコントラストが向上 することにより、コーン内面に形成されるプリプ ラズマのスケール長が短縮され、レーザー吸収率 が低下するという課題も明らかとなった。この問 題に対処すべく、われわれはコーン内壁にミクロ ンサイズの構造を設けることで、レーザー吸収率 の向上を実証した。さらに本研究では、コーン内 壁で反射されたレーザー光を効率的にコーン先端 へ導く Compound Parabolic Concentrator (CPC*を導 入し、加えてマイクロメートルスケールの構造を 持つメッシュをコーン先端に装着することで、 レーザーエネルギーの吸収効率を一層高めること に成功した。



高速電子自己集束のための輻射を考慮したニッケルプラズマ膨張の計算

羽原英明^{1,2}, 中村 豊¹, 城临知至³, 長友英夫²

1) 大阪大学大学院工学研究科、2) 大阪大学レーザー科学研究所、3) 広島大学大学院先進理工系科学研究科

SUMMARY 本研究は、高速点火方式における追加熱レー Ni ion density ザーのコアプラズマ加熱効率向上を目的としてお り、加熱に寄与する高速電子を集束させる手法の resistivity 一つとして、抵抗率勾配で生成される自己生成磁 場の活用を検討している。本年度は、昨年度に 1.2 -GXII pulse GXIIのレーザー強度 (ビークの強度を1として規格化) 1.0 行った実証実験におけるプラズマ分布を流体シ --- ratio 0.8 ミュレーションを、ニッケルイオンの挿入により 0,6 輻射が増大するため、より正確な物理機構を再現 0.4 0.2 する輻射流体シミュレーションを用いて再現し 0.0 た。その結果、実験におけるNiイオンの特性X線の -1.0 -0.5 0.0 Delay (ns) 強度の遷移を定性的に示すことができた。しかし まだ定量的には一致していないため、さらに粒子 シミュレーションと組み合わせて磁場生成の様子 Fig. 1 を今後調べていく。 Fig.1輻射を考慮したNiイオン分布の時間発展とそれよ りもとめた低効率分布の時間発展。各タイミングは実験 によりショットが行われたタイミングを示す。

0.03

0.02

1.0

0.5

中実球の準静的圧縮に関する理論シミュレーション研究 白戸高志¹,藤岡慎介² 1) 名古屋大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

本研究では、高速点火レーザー核融合において 使用が想定されている,中実球の準静的圧縮に関 連した多次元輻射流体計算を実施した.上図はP1 モードのレーザー非一様性を考慮したもの. 下図 は球対称爆縮における最大圧縮時の密度分布をそ れぞれ表す.非対称爆縮の場合、中心点火でしば しば観測される中心付近のジェット流の発生が確 認された、このようなジェット気流はホットス パークの冷却を引き起こすので中心点火では忌避 されるが、 高速点火の場合は爆縮と加熱が分離さ れているため、中心部の圧力が低下して高密度コ アの形成には有利に働く可能性がある. 非対称爆 縮ではピーク密度が低い一方でコアの体積が大き いことから, 密度半径積は球対称爆縮よりも高く なることが確認された. さらに、密度分布が平坦 化されたことにより,核燃焼に対して有利に働く 可能性もある、この結果は、多次元性を考慮した 最適化の重要性を示唆している.



Pulsed laser deposition of tin on silicon substrates using nanosecond laser M. Wada¹, J.E. Hernandez^{1,2}, S. Fujioka
1) Doshisha University, Tatara Miyakodani 1-3, Kyoto, Japan
2) Institute of Laser Engineering, Yamadaoka 2-6, Osaka, Japan

SUMMARY

The tin laser-produced plasma in extreme ultraviolet (EUV) lithography consists of ions and neutrals generated with the EUV light. The generation and propagation of these ions and neutrals poses a significant problem for high volume manufacturing, as debris are deposited on the EUV reflective mirror surface. Therefore, the investigation of the tin deposition behavior is essential. A 2 J Nd: YAG laser is focused on cylindrical tin substrates with an intensity of $2x10^9$ W/cm². The Si substrates are attached to an aluminum substrate holder, shown in Figure 1. Silicon substrates, simulating the mirror material, are placed 5 mm from the target surface. The number of ions are also collected from the expanding plasma by connecting the substrate holder to an oscilloscope. The charge collection signal is shown in (d) The deposition pulse number is 20000. The estimated number of ions per pulse is found to be 1×10^{9} /cm².



Vacuum ultraviolet emission measurement from laser produced plasmas using water jet targets J. Hernandez¹, Y. Abe², N. Tanaka¹, and S. Fujioka¹

1) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Yamadaoka 2-6, Suita, Osaka, 565-0871 Japan

2) Graduate School of Engineering, Osaka University, Yamadaoka 2-1, Suita, Osaka, 565-0871 Japan

SUMMARY

Vacuum ultraviolet light is being explored as a catalyst for carbon decontamination. In water, the main species responsible for decontamination is the oxygen radicals and ozone, whose reactions lead to carbon capture and conversion to carbon dioxide. However, schemes utilizing vacuum ultraviolet (VUV) light for carbon cleaning are also being explored. This study aims to explore the feasibility of water as an alternative source of VUV light. Preliminary experiments are performed inside a chamber with a water jet with a laminar flow of 1 mm diameter. A Nd:YAG laser is focused on the water jet and forms the water plasma, as shown in Figure 1. During the experiment, a problem is encountered where the continuous operation of the water jet, and with the operation of the scroll pump where the water is scattered within the chamber, shown in Figure 2. Improvements will be made to the system by leasing a vacuum ultraviolet spectrometer separated by a MgF₂ window to enable emission diagnostics.



FIG 1.

FIG 2.

FIG 1. Image of the water plasma produced by laser irradiation

FIG 2. Scattered water inside the chamber after evacuation by scroll pump

Dependence of Richtmyer-Meshkov Instability growth on gas compressibility T. Sano¹, C. Matsuoka², and F. Cobos-Campos³

1) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Suita, Osaka 565-0871, Japan, 2) Graduate School of Engineering, Osaka City University, Sugimoto, Sumiyoshi, Osaka 558-8585, Japan, 3) Instituto de Investigaciones Energéticas, EIIA, and CYTEMA, Universidad de Castilla-La Mancha, 45071 Toledo, Spain.

SUMMARY

The present study constitutes a continuation of the research undertaken to characterize the compressible stage of the instability. A comprehensive comparison has been conducted among compressible linear theory, hydrodynamic simulations, the vortex sheet model, and classical RMI experiments. The results demonstrate a high degree of agreement in scenarios where the initial ripple amplitude is sufficiently small to trigger linear growth. It has been demonstrated that to provide accurate predictions in subsequent stages of the instability, incompressible nonlinear models must consider the compressible effects that occur during the linear transient phase. Furthermore, an estimation of the duration of this linear transient phase is provided.

[1] F. Cobos Campos, and J. G. Wouchuk, Phys. Rev. E 96, 013102 (2017).

- [2] C. Matsuoka and N. Nishihara, Phys. Rev. E 73, 026304 (2006).
- [3] T. Sano, S. Inutsuka and S. M. Miyama, ApJL 506, L57 (1998).
- [4] G. Dimonte, C. E. Frerking, M. Schneider, and B. Remington, Phys. Plasmas 3, 614 (1996).
- [5] R. L. Holmes, G. Dimonte, Bruce Fryxell, M. L. Gittings, J. W. Grove, M. Schneider, D. H. Sharp, A. L. Velikovich, R. P. Weaver, and Q. Zhang, J. Fluid Mech. 389, 55 (1999).



XFEL(SACLA)を活用したレーザー等積加熱物理の解明 千徳靖彦¹,岩田夏弥¹澤田寛² 1)大阪大学レーザー科学研究所, 2) University of Nevada, Reno

SUMMARY

X線自由電子レーザー(XFEL)により、高強度短 パルスレーザーにより加熱された銅箔のサブミク ロンおよびフェムト秒スケールでの時空間分解測 定を行った. X線透過イメージングにより、レー ザースポット径に局在する固体密度の高温プラズ マが形成され、その周囲をフェルミ縮退した高密 度状態が取り囲んでいること,および高温プラズ マ内で数十ピコ秒にわたってエネルギー緩和が起 こっていることが明らかになった. 原子過程を組 み込んだ2次元PICLSシミュレーションとの比較に より、現在のシミュレーション能力を超える時間 スケールでのエネルギー移動メカニズムに関する 洞察を与えるものである.この研究は、効率的な 高密度プラズマ加熱を実現するための知見を与え, 高強度短パルスレーザーを用いたHED科学とレー ザー核融合エネルギー研究の進展にも貢献する.



Theoretical and simulation research for efficient generation of intense laser-driven high-energy photon and positron beams 杉本 馨¹, 千徳 靖彦²

1)京都大学基礎物理学研究所, 2) 大阪大学 レーザー科学研究所



Optimization of the implosion laser pulse for a solid target via machine learning F. Wu¹ and S. Fujioka²

1) Shanghai Jiao Tong University, China, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The laser pulse is optimized wit machine learning method, together with MULTI-IFE code. This new waveform uses lower total energy (517kJ) and higher peak density (506g/cm³) than before. Moreover, since there is still room for improvement in the onedimensional simulation of this scheme (there is a time difference of 1 ns between the two shock waves in the figure), the expected effect of this scheme is better than all the previously discussed schemes. Two-dimensional simulation is on the way.



FIG.1 The highest peak density for the solid ball target for OSAKA university is higher the 500 g/cc.

Development of an XFEL platform for high-power laser-irradiated nanowire arrays H. Sawada¹, D. Tanaka², and K. Shigemori²

1) University of Nevada Reno, USA, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

This project investigates energy transfer from highintensity, short-pulse lasers to nanowire targets. We examined how laser irradiation on nanowire arrays, with diameters of a few hundred nanometers and lengths of 2-10 microns, enhances laser absorption, thereby creating an ultra-high-energy density state. To study this process, we performed a pump-probe experiment using the SACLA X-ray Free Electron Laser (XFEL). Transmission measurements of nanowire arrays with XFEL pulses shows higher absorption than that of a solid Cu foil, indicating a difference in initial target condition from the solid foil. This result further implies that nanowire arrays behave differently when heated by laser-generated energetic electrons. These findings enhance our understanding of energy transfer in nanostructured materials, with implications for highenergy-density physics, materials science, and laserdriven fusion.



FIG. X-ray shadowgraph images of (a) a flat Cu foil and (b) the long nanowire array. (c) One-dimensional line profiles of these targets. The dotted blue line shows the transmittance value calculated from the database at the Center for X-ray Optics (CXRO).

フェムト秒X線分光計測による高強度レーザー生成プラズマの過渡的特性の解明

犬伏雄一1, 籔内俊毅1, 千徳靖彦2

1) 高輝度光科学研究センター, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

超短パルス高強度レーザー照射により生成された高密度プラズマに対し、10フェムト秒以下のパルス幅をもつX線自由電子レーザーを用いたX線吸収分光計測を実施し、その解析を行った。

実験では、3つの異なる光子エネルギー(K吸収 端、Kβ線、Kα線)においてX線吸収分光計測を実 施した。その結果をFIG.1a-cに示す。また、9.0 keV、8.92 keV、8.06 keVの透過率の時間変化を FiG.1d-eに示す。透過率の計測結果から、レー ザー照射から数百フェムト秒までの初期段階で は、外殻電子とM殻電子の電離が急激に進行し、L 殻電子も電離していることがわかる。更に、4ピコ 秒以内に、2p電子 (> 930 eV) を電離できる高エ ネルギー電子はほとんど消失するが、3p電子(> 75 eV)を電離できる電子は存在し続けることが観 測された。また、得られたK吸収端近傍の透過率 の時間発展はPICLSとFLYCHKを組み合わせた計 算とよく一致している。これらは、内殻電離プラ ズマの超高速イオン化ダイナミクスの解明に繋が る重要な成果である。



高強度X線レーザーと物質の相互作用に関する研究

犬伏雄一1,藤岡慎介2

1) 高輝度光科学研究センター, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

高強度のX線自由電子レーザー(XFEL)を物質に 照射することで、これまでにないX線非線形光学 現象を起こすことができる。本研究では、高強度 XFELを20 um厚のCuに照射し、その下流側で透過 スペクトルを計測した。FIG.1は、その実験で得ら れたX線透過率である。XFEL強度を上げていく と、K吸収端の高エネルギー側では透過率が上昇 する可能和吸収現象が観測された。一方、低エネ ルギー側では透過率が低下する逆可飽和吸収現象 が観測された。XFELが最高強度(4x10¹⁹ W/cm²) のとき、吸収端を挟んだ透過率が逆転した。

この可飽和吸収と逆可飽和吸収の同時発生はこれまで報告されておらず、可飽和吸収は外殻電子の電離によるものと説明できるが、逆可飽和吸収が生じるメカニズムは明らかとなっていない。そこで、本研究ではPRISM-SPECTを用いたシミュレーションを開始した。その結果、3p準位の空孔によるX線吸収であることを示唆する結果が得られた。今後も、この現象の物理機構の解明のために研究を実施していく。



Theoretical study on particle acceleration in high energy density plasmas created by kJ class ultraintense lasers

N. Iwata^{1,2}, A. J. Kemp³, S. C. Wilks³, and Y. Sentoku¹

1) Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., 2) Lawrence Livermore National Laboratory, USA

SUMMARY

Kilojoule-class lasers with relativistic intensities can produce high energy ions with energies of several tens of MeV. For applications such as proton sources for plasma heating and radiography, the energy conversion efficiency from laser to ions is important.

We investigated the energy conversion rate in the target-normal-sheath-acceleration using twodimensional particle-in-cell (2D PIC) simulations for the interaction of a kJ laser with a thin foil where a proton layer is attached at the backside of the foil. As seen from Fig. 1 (a), the number of fast electrons is larger for the higher intensity case (iii). However, the energy conversion rate from laser to the accelerated protons is almost the same for the low intensity case (ii) and the high intensity case (iii), and the rate is found to depend largely on the foil thickness. These results will be helpful in designing experiments for ion acceleration by kJ petawatt lasers.



FIG. 1 2D PIC simulation for proton acceleration using a thin foil target and a relativistic intensity laser with the spot radius of 25 μ m and a semi-infinite pulse profile having a 1.5 ps rising part. (a) Electron energy distributions at t = 4 ps for different target thicknesses and laser intensities. (b) Energy conversion rates from laser to protons having energies above 3 MeV.

超高強度レーザーと相対論プラズマの非線形相互作用に関する研究 Su-Ming Weng¹, 村上匡且² 1) 上海交通大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

When the electron temperature in a plasma is rapidly raised to the relativistic region by irradiation with an ultra-high intensity laser, the laser light can penetrate deep into the plasma even in a high-density plasma where the laser is completely reflected in the nonrelativistic region; this characteristic is called "relativistic transparency." In this study, by focusing on two collective phenomena in which relativistic transparency is clearly observed, we have elucidated the important role that this characteristic plays in the interaction between lasers and matter. As shown in the right figure, it was found that the x and y components of the electric field can be configured to rotate clockwise and counterclockwise, respectively, for a spatially separated laser pulse train.



FIG. It was found that for a spatially separated laser pulse train, the x and y components of the electric field could be constructed to rotate clockwise and counterclockwise, respectively.

シミュレーション計算による核燃焼プラズマの挙動解析 ^{前田啓一, 有川安信} *京都大学, 大阪大学レーザー科学研究所* <u>SUMMARY</u> レーザー核融合における核融合燃焼プラズマの挙動は不明な点 (a)

が多く、シミュレーション計算による挙動解析が求められてい る。我々が長年研究を行っているIa型超新星爆発の燃焼モデル を適用すれば、シミュレーションによりレーザー核融合燃焼に おける爆轟波の挙動を解析できる可能性がある。本年度はIa型 超新星爆発モデルの中でも密度が比較的低く、レーザー核融合 プラズマと条件の近いHe外層における爆轟段階による構造形成 のシミュレーション計算を行った。右に、He:C:O=0.6:0.2:0.2の 質量比で、密度が10⁶g/cm²の条件下での核融合爆轟波シミュ レーション計算結果を示している。爆轟波が形成され、衝撃波 衝突によって形成される網目セル構造が観測された。今回の計 算は10⁶g/cm³を仮定している。レーザー核融合プラズマの密度 に比べて1000倍高いことから、実際のレーザー核融合プラズマ においても同様構造が形成されるかは現在のところ不明である。 また核融合反応種類が3種あることも相違点である。2025年度も 研究を継続し、DT核融合プラズマで、密度は1000g/cm³、直径 が100µm程度で爆轟波が起こりうるかどうかを試験する。一般 的にこの密度において爆轟波の生成は困難である。大阪大学有 川グループが研究を進めているアバランシェ核融合をモデルに 組み込むことで実現できる可能性を模索する。



Multi-scale dynamics of high energy density plasma produced by an interaction between a high-intensity laser and structured medium

岸本泰明1,2,3, 松井隆太郎1,2, 長友英夫4

1) 京都大学大学院エネルギー科学研究科, 2)京都大学非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット, 3)京都大学エネルギー理工学研究所, 4) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

高輝度輻射源や水素・ホウ素熱核融合等の多様 な応用研究への展開を目指して、サブµmの微細構 造を付与した物質(構造性ターゲット)に相対論 領域のフェムト秒高強度レーザーを照射する理 論・シミュレーション、および、実験研究を行っ ている。本研究は、構造性ターゲットとしてロッ ド集合体を選択し、これに集光強度が10¹⁸ W/cm² でパルス幅が40 fsのレーザーを照射する2次元粒 子シミュレーションを実施した。その結果、ロッ ドの崩壊過程は、高エネルギー電子のロッド内部 への伝播に伴う熱伝導と、ロッド表面から中心に 向かって径方向に伝播する希薄波の膨張速度(音 速)で特徴づけられる、数ピコ秒に渡るマルチス ケールな現象であることを見いだした。(299字 /250字程度)



金属スピントロニック素子による高効率テラヘルツ波発生の研究

(Study on high-efficiency terahertz wave generation by metallic spintronic devices) 谷正彦¹, 中嶋誠², 北原英明¹, 古屋岳¹, エスカニョ・メアリクレア¹, ブルカリビッチ・ドミトリ³, 渡邊誠³, 石井克幸¹, 小林可奈¹, 馬場本祥太¹

1) 福井大・遠赤セ,2) 阪大・レーザー研,3) NIMS

FIG. 1 **SUMMARY** これまでの研究で、金属スピントロニック素子 にアンテナ構造を導入することで、振幅ベースで 約6倍(パワーで30~40倍)程度のテラヘルツ(THz)波 放射効率の増大を確認した。2024年度はスピント ロニック素子からのTHz波の 1) 交流磁場印可による高速偏光変調,および 2) 広帯域放射 の研究に取り組んだ。 スピントロニック素子 FIG. 2 偏光を高速変調することで、THz波による高感 (Fe2nm/Pt3nm) 度2色性分光への応用,広帯域化により広帯域THz 基板側入射 波分光への応用が拡大する。 結果: 1) 交流磁場印可で直交するTHz波偏光の1kHzの高 FIG. 3 速変調を実証するとともに、Si全反射プリズムを 用いて左右円偏光生成も可能なことを示すことが FIG.1: Fe(2nm)/Pt(3nm)素子からのTHz波形 ①+45°磁場 できた。 @20mT, ② -45° 磁場@20mT, FIG .2: ZnTe(10µm)でEO 2) 約13THzの金属スピントロニック素子からの広 サンプリング検出された Fe(2nm)/Pt(3nm)素子からのTHz波 帯域THz波発生を確認した。 パワースペクトル, FIG. 3: Fe(2nm)/Pt(3nm)素子構造

共振器を用いたスピントロニックテラヘルツエミッターから放射されたテラヘルツ波の増強 菜嶋茂喜1 1) 大阪公立大学 まとめ 共振器技術を用いたスピントロニックテラ **Fransmittance** ヘルツエミッター (STEと記す. 大阪大で作 10^{-10} 製)の増強法について検討した. THz波領域におけるSTEの透過率(図) はガ 10^{-2} Glass STE-Glass ラス基板の吸収損失の影響が強く現れて低く, 1 THz以上の透過は0.1%未満であった. この 300 0.8 0.2 0.6ことから、STEを透過する共振器配置では帰 250 Frequency (THz) 環が働かないことが分かる. また, STEをTHz 200 Amplitude (μV) 150 波の共振器用鏡として用いる場合には、数nm 100 の金属層では侵入長(数十nm)より短い為, 50 反射率は数十%と低く高Q値化は困難である事 -50 が示唆された.そして,近赤外の励起レー -100ザーの光吸収率は約40%と高く, 10 μJ/cm²台 -1010 20 30 40 の光損傷値である事が実験的に確認された事 Delay time (ps) から, STEを励起レーザーの共振器内に設置 叉. (左上)使用したSTE試料(大阪大で作製). (右上) THz する方法はモード同期発振も光損傷の面でも 波領域におけるSTE(青線)およびガラス基板(赤線)の透過率 困難であることが判明した. (大阪公大で測定). (左下) ガラス基板側からの光励起-鉄層 側からのTHz波取り出しの時のTHz波波形(青線)と、逆方向の 時のTHz波波形(赤線)
テラヘルツ領域における広帯域反射防止構造の開発

三浦悠杜¹,寺島日海¹,小野晋吾¹,Verdad C. Agulto²,中島誠²

1) 名古屋工業大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

THz帯におけるモスアイ構造の反射損失低減と 機械的強度の向上のため、昨年度までに開発した 微細構造にTiO,の被膜を試みた。

機械的強度評価はCOMSOLを用いた有限要素法 によって行い、突起片側に1MPaの圧力印加時の 計算結果より、同等の反射防止性能を示すアスペ クト比1.0でコーティングしたモスアイ構造とアス ペクト比2.1の無コートのモスアイ構造では、ミー ゼス応力が0.29倍と、被膜が機械的強度を改善可 能であることを示した。さらに、単結晶シリコン 基板上にモスアイ構造を形成し、酸化チタンコー ティングしたサンプルを作製した。周波数0.1から 0.5THzまでの低周波領域では、被膜による反射防 止特性の改善を確認した。

本研究で作製したコーティングモスアイ構造は、 次世代高速通信(6G)での利用が検討される帯域で 反射防止特性の改善を実証できており、今後、自 動運転における車両間通信や遠隔手術などへの貢 献が期待できる。



テラヘルツ時間領域エリプソメーターを用いた超イオン伝導体の電子物性の評価 南 康夫1. 中嶋 誠2 1)日本大学生産工学部,2)大阪大学レーザー科学研究所

16

14

12

10 E

(実部)

電率(

複素誘

SUMMARY

行う予定である。

通常のテラヘルツ波による電気物性計測では、 電気物性が既知の参照試料のデータを取得して、 対象とする試料のデータから電気物性を得る。し たがって、参照試料と対象とする試料の測定条件 を厳密に揃えるのが困難な場合には電気物性測定 は事実上不可能である。テラヘルツ・エリプソメ トリーは参照信号無しに試料の電気物性を調べる ことができるため、上述のような実験的な困難が 緩和される。本研究では、測定試料として超イオ ン伝導体を用意し、電気物性の測定可能性を探る。 超イオン伝導体(LICGC AG-01、LICGC SP-01)の試料内の異なる3点で、テラヘルツ・エリプ ソメトリーによって測定した誘電率の実部を図に

8 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 周波数(THz) 示す。商したイオン・ダイナミクス・モデルを測 定結果に適用することで、原理的には、可動イオ FIG. 超イオン伝導体(LICGC AG-01、LICGC SP-01)の ンの密度、減衰定数が算出可能となる。今後は、 可動イオンのダイナミクスモデルの構築とテラへ 複素誘電率の実部の周波数依存性。それぞれの試料の異 ルツ・エリプソメトリーでの測定結果への適用を なる3点で測定を行い、エラーバーを付してある。

- : AG-01

3.0

有機半導体材料によるテラヘルツ高速スイッチング
 松井龍之介¹, V.C. Agulto²,加藤康作²,中嶋誠²
 1) 三重大学,2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

薄いAlナノ微粒子のクラスター層を絶縁性の有 機低分子AIDCN層で挟んだ構造では高抵抗状態と 低抵抗状態の双安定性(ヒステリシス)が見られ 有機抵抗メモリとして動作する。本研究では、こ のような有機半導体と金属ナノ粒子の複合系にお いて見られる特異な電気伝導特性を活用した新規 なテラヘルツ高速スイッチング素子の創出を検討 している。

絶縁性の有機低分子AIDCNとAIを交互に真空蒸 着により成膜し、AIDCN/AI/AIDCN積層構造を作 製した。AIDCN、AIの膜厚はそれぞれ50nm、 20nmとした。これをワイヤーグリッド形状の電極 で挟むような素子構造とした。ワイヤーグリッド 電極の作製には、薄い磁性体ステンレス材料に レーザー加工により作製した蒸着マスクを用いた。 電流-電圧特性において双安定性を示す(右図) 素子が得られている。



ポスト5G/6Gに向けたテラヘルツ波帯材料評価技術の開発とデバイス応用 牧野孝太郎¹, Verdad C. Agulto², 中嶋誠²

1) 産業技術総合研究所 先端半導体研究センター, 2) 大阪大学 レーザー科学研究所

SUMMARY

2030年代には6G通信が商用化されると見込ま れており、それに向けた各種のデバイスの開発が 急務となっている。デバイス設計には材料の特性 を適切に評価し、反映させることが不可欠である が。しかし、テラヘルツ波帯での各種材料の特性 は十分に評価されているとは言えない。本研究で は膜厚が異なる金属薄膜に対してテラヘルツ波時 間領域エリプソメトリー測定を実施した。研究の 初期検討では、侵入長(数十nm)よりも金属膜が厚 い場合、金属層をバルクとみなすことで解析が容 易になり、誤差を低減できると考えた。しかし、 実際に測定を行った結果、侵入長よりも薄い金属 膜のほうがDrudeモデルでのフィッティング誤差が 少なく、より正確な測定が実施できることがあき らかとなった。残念ながらFig.1(a)に示すように、 解析の誤差やノイズの影響が大きく、実験値の カーブは大きく波打ってしまっている。しかし、 (a), (b)の用に明確な膜厚依存性が確認できた。こ の現象は(c)に概要を示すサイズ効果として解釈で きる。



超高速テラヘルツ波計測・イメージングシステムの開発 川山巌¹,村上博成²,斗内政吉²

1) 京都大学大学院エネルギー科学研究科, 2) 大阪大学レーザー科学研究所



プラズモン光伝導アンテナを用いたレーザーカオス光におけるモードの同時性の解明 桒島史欣1, Mona Jarrahi2, Semih Cakmakyapan2, 森川 治3, 白尾 拓也1, 岩尾 憲幸1, 栗原 一嘉4, 北原 英明5, 和田 健司6, 中嶋誠7, 原口雅宣8, 谷 正彦5

1) 福井工業大学、2) カリフォルニア大学、3) 海上保安大学校、4) 福井大学教育学部、5) 福井大学遠赤センター、6) 大阪公立大学電子数物系、7) 大阪大学レーザー科学研究所、8)徳島大学



火山灰の低コスト高安定CW-THz 波による分光 桒島史欣¹,川上由紀²,中島誠³

1) 福井工業大学, 2) 福井工業高等専門学校, 3) 大阪大学

SUMMARY

自然災害の多い日本においては、被災者の状況を 高速かつ、正確に知ることは喫緊の課題である。 THz波を用いることで、高速化が望める。最適な 透過特性をもつ周波数帯を調べるために、火山灰 に対するSub-THz波帯の透過特性の測定系を構築 した。今回は、サンプルの不均一性の影響を避け るために、集光せず直径2インチの平衡ビームの THz波を用いた。数センチの火山灰のサンプルに 対して透過の実験が行えた。通常の多モード半導 体レザーを用いた場合は信号が安定せず分散も大 きかったが、レーザーカオス光を用いることで、 再現良く、ほとんど分散の無い実験結果が得られ るようになった。今後より広帯域化を目指す。ま た、本研究で用いた半導体レーザーは、数百円の 市販のものであり、外部鏡による戻り光を加える ことでカオス発振させている。低価格な分光装置 の実現が可能である。本システムを用いることで、 THz分光も大きく普及することが期待される。今 後、Georgia Tech. との共同研究も行ってゆく。



テラヘルツ帯における鋭峻化された透過スペクトルを有する金属開口の作製 菜嶋茂喜¹ 1) 大阪公立大学

<u>まとめ</u>

金属薄板に開口が施された金属メッシュを 用いたマイクロアレイ(MA)バイオセンシ ング化を目指し,開口形状に由来する構造共 鳴の局在化に最適な開口形状の調査(大阪公 大で実施)と作製方法について検討した(大 阪大と大阪公大とで実施).

今年度は分割リング共振器の対構造(図 (a))に注目し、その相補型の開口対(コの 字型開口対)についてFDTD電磁界計算で調 査した.はじめに、共鳴周波数の電場分布を 調査し、開口部に局在することを確認した (図(b)).構造パラメーターについて調査 した結果、d_xに強く依存し、0.35 THzで共鳴 ピークを示す開口対のQ値は計算値で15.76を 示し、実験値で11.13が得られた.この結果は 長方形開口の約5.1倍(計算値)に相当し、実験 では約3.6倍の鋭峻化を達成した.



日本の伝統模様(菱形)のTHz-SRRパターンへの応用(設計) 李相錫1. 中嶋誠2 1) 鳥取大学工学部,2) 大阪大学レーザー科学研究所 **SUMMARY** 菱形パターンのモデル メタマテリアルの多くはSprit Ring Resonator (SRR)の周期配列で実現される。SRR周期配列で用 いるパターンはC字型またはコの字型が主である。 本研究では日本の伝統伝統模様の一種である菱形 パターンをテラヘルツ帯SRRのパターンとして応 .20 -1=75µm 用し、THz波の透過特性を調べ、THz帯のメタマ 521[dB] 1=100um テリアルデザインにおけるフレキシビリティを高 l=125µm めることが目的である。菱形パターンにおいて辺 l=150µm -50 の長さ、線幅、線のギャップをパラメータとし、 -l=175µm -60 有限要素法シミュレーションによる設計を行った。 -1=200µm 今後は高抵抗Si基板上にAuを用いてSRRパターン -70 (0.0) 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 を作製し、THz波の透過特性を調べる。 Frequency[THz] 一片の長さ*l*[µm] 75 100 125 150 175 200 共振周波数[THz] 0.452 0.338 0.224 0.269 0.191 0.167 FIG.菱形モデルにおいて辺の長さ(1),線幅(w),線の ギャップ(g)がパラメータであり、 *l*を75μmから200μmま で変化させた (w=5µm, g=5µm) ときのシミュレーショ ンによるTHz波の透過特性を示す。

ピコ秒シート状電子バンチの生成と強化学習による制御システムの開発 淺川 誠¹, 中嶋誠² 1) 関西大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

昨年度の共同研究によって設計した収束電極付 きシート電子バンチ電子銃を製作し、電子バンチ 発生実験を行った。シート状断面をもつバンチは、 円形断面バンチの2倍以上の電荷密度で動作でき ることが実験でわかった。また陽極を通過する電 荷の割合はシミュレーション時の半分であったが、 電子銃から出力される電荷は6 pCに達し設計値と ほぼ同じであった。電子銃が予想より高電流密度 で動作すること、電子バンチの発散角広がりが大 きいことについて理解を深めて行く。

強化学習の研究では、電子銃の自動調整に先立 ち、単スリット干渉計の自動調整を題材とした。 干渉縞の明点の個数、対称性をもとに報酬を出力 する教師あり学習AIと組み合わせることで、2枚 のミラー角度を自動調整する強化学習システムを 構築することができた。今後は電子バンチの電荷 密度分を対称性の良い状態に保つレーザー照射位 置調整システムへと発展させる。



放射性汚染水におけるテラヘルツと紫外光を用いたトリチウムの選択的除染の検討 小林かおり¹, 猿倉信彦² 1) 富山大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

放射性汚染水からのトリチウムの除去は重要な 課題である。高効率での除去に対し、赤外光と紫 外光による多光子イオン化を用いることで実験を 予定している。テラヘルツ光は分子量のモニター に用いる。この手法はトリチウムのみの高効率分 離して除去となり大きなインパクトがある。

赤外光によって選択的に励起することが必須で あり、本年度は液体のH₂O, HDO, D₂OおよびHTO の場合に、どのようなバンド(波長)が重複が少 なく適切か検討した。実験データはHTOはR.A. Nicodemus, A. Tokmakoff, Chem. Phys. Lett. 449 (2007) 130–134、 そのほかの同位体については NISTのデータを使用した。HTOについては比較的、 他の同位体との重なりが小さい一方、HDOは軽水、 重水との重なりが大きい。しかし、右図は各同位 体のみが存在するとした場合であり、実際の実験 条件では同位体量が少なくなることを加味してい く必要がある。



テラヘルツ分光によるバイオミネラルの結晶相同定とイメージング

丸山美帆子¹,吉村政志子³,塚本勝男²,古川善博²,田中勇太朗¹,中嶋誠³,森勇介¹ 1) 大阪大学大学院工学研究科,2) 東北大学大学院理学研究科,3)大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

テラヘルツ領域における赤外分光分析反射測定 を行うと、骨や尿路結石に含有されるリン酸カル シウム系結晶の安定相であるアパタイト (HAp) は11.2 THzに、準安定相であるリン酸八カルシウ ム (OCP) は10.4 THzにそれぞれ特徴的なピーク を持つ。本研究では、不安定な第二リン酸カルシ ウム(DCPD)を加熱し、加熱時間に応じて DCPDからOCP、HApへと相転移する様子をとら えた。60分後のデータではすでにOCPに特徴的な 10.4 THzのピークが生じた。さらに加熱を続ける と、1日加熱後にはHApに特徴的な10.4 THzの ピークが生じ、更なる加熱でこのピークはより顕 著になった。従来判別しにくいとされるOCPと HApについて、遠赤外/テラヘルツ領域の分光学 的特性を利用することで、結晶相転移の時間変化 を追えるようになった。



テラヘルツ光によるレーザー励起磁化反転の探索 和達大樹^{1,2},清水俊彦² 1) 兵庫県立大学,2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

スピンダイナミクス観測のためのポンププロー ブ法において、ポンプ光として可視・赤外でなく テラヘルツレーザーを用いることで、非熱的な励 起によるスピン制御を目指した。そして、プロー ブ光として当研究室で製作した高次高調波ビーム ラインからの高次高調波軟X線を用いる装置の建 設を行った。今年度は高次高調波発生とその安定 化に時間がかかり、テラヘルツ発生については装 置の検討や必要な光学部品の購入のみを行った。 高次高調波としては70 eV程度まで出ており、3d遷 移金属のM吸収端をカバーできた。 テラヘルツ発 生については議論を行い、効果的な発生方法につ いて方針を立てることができた。



集光高次光子による新規高次スピン状態の実現 森田健¹、中嶋誠²、

1) 千葉大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

本研究では、集光した高次光子が半導体中の電 子系へどのような量子状態転写が実現され、力学 作用をもたらすのか理解することを目的としてい る。24年度では、まずは集光高次光子によって 励起された自由電子がどのような力学的トルクを 受けて電子の空間分布が変化するのかについて、 シミュレーションによって明らかにした。右の図 は、光の軌道角運動量(OAM)がL=0, 1, 2の円 偏光光渦を、一様に分布する半導体中の電荷に照 射したときの面内方向の電子の変位量(赤矢印) を示す。電子はビームの中心に対して動径方向に 移動し(図左)、その移動量が散乱力と勾配力を 考慮した計算で説明できることを明らかにした。 また、光の進行方向の電子の変位分布も同様に説 明でき、電子に働く力学的な作用は、散乱力と勾 配力を起源とした力に支配されていることを明ら かにした。また強度を強くすると、OAMとスピン 角運動量(SAM)の関係に依存したトポロジカル な変位分布を起こすことも明らかにした。



次世代ハイパワーレーザー用ファラデー回転子の開発

時田 茂樹¹, 吉田英次², 荻野 純平²

1) 京都大学化学研究所 , 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

小型のスラブ型永久磁石を用いた低温冷却反射 型ファラデー回転子の開発を行った(Fig.1)。本装 置のスラブ型ファラデー回転子の極低温動作の長 所は、低温化によるFR素子のベルデ定数の増加、 背面冷却によるFR素子の排熱効果の増加、磁性材 料の熱蓄積による熱複屈折効果や熱レンズ効果を 低減が可能となった。また、スラブ型永久磁石の 採用は、大面積化が可能、小型、軽量化が可能、 両側のSN極を利用できるため、コストの低減が可 能である。また、反射型ファラデー装置は、光路 2パスによるFR素子の厚さの半減、薄板化が可能 のため熱伝導率の劣るガラス材料の採用も期待で きる。TGGセラミックは低温60K付近の熱伝導率 が最大となるため、高平均出力動作が可能である。 近赤外レーザー光500W級照射によるTGGセラ ミックFR素子の温度上昇度は、僅か10K以下であ り、FR回転角45度を約1時間維持し、高平均出力 動作可能であることを示した。



多段コヒーレントビーム結合における波面歪みの影響の評価

宮永憲明¹, 荻野純平²

1) (公財) レーザー技術総合研究所, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY 次期大型レーザー装置で必要となる多ビームコ ヒーレントビーム結合(CBC)に関して、Filled aperture CBC (FA CBC) に着目した研究を行ってい 0.8 る。昨年度は、入力ビームの波面収差が結合効率、 結合ビームの強度分布や波面収差に与える影響を NFP 定量的に評価し、今年度は、ビーム間角度誤差 Strehl ratio 0.6 (Tip/tilt 成分)の許容値を評価した。 FFP 結合性能をStrehl 比で評価し、 Strehl 比 > 0.95を 所望条件と設定すると、2ビーム間のポインティ 0.4 ング誤差は回折限界発散角(全角)の0.12倍以下に抑 える必要がある。 現在、ポインティン誤差を高精度で計測する手 NFP 法を考案中である。 0.2 FIG. 1. FFP 2ビーム FA CBCにおける結合ビームの近視野像 n (NFP) と遠視野像 (FFP) のビーム間ポインティン 20 40 60 80 100 120 140 グ誤差依存性。この計算では、入力ビームは直径 (µrad) 1 cm、波長1.06 µmのガウスビームを仮定してお 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 0 ϑ , Diffraction-limited divergence (DLD) = 135 µrad (x DLD) Beam pointing error FIG.1 である。

中性子による新しい土壌水分計測システムの開発 徳本家康¹,余語覚文²,有川安信²

1) 佐賀大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

農業や減災の観点から、広域における土壌水分 計測の需要は高まっている。特に、宇宙線中性子 を利用した水分計測の応用として、ドローン搭載 型の「超小型宇宙線計測システム」が期待される ため、試作機を開発した。

本発明では軽量なマルチピクセルフォトンカウ ンター(MPPC)を使用し、光を電気信号にて高 速中性子を検出できるようにした(特許出願中)。 その工夫により、小型化および軽量化を可能にし た(FIG.a)。

FIG. bは、ドローンに搭載して装置飛行実験中 の写真である。大阪大学吹田キャンパスにおいて、 飛行実験を実施した。飛行経路には、アスファル トや池などが含まれ、飛行位置により、高速中性 子や熱中性子のカウント数に差異が生じた。計測 した高速中性子数と土壌水分量の関係性の評価は 今後の課題である。また、開発した検出器デバイ スと他の計測機器による高速中性子数の比較検討 が考えられる。

(a)









FIG. 開発した超小型宇宙線計測システム: (a) 計測機器 の写真, (b)装置飛行実験中の様子写真 , (c) 飛行経路の写真

Improvement on characteristics of Pr³⁺-doped glass scintillator for neutron detector Takahiro Murata

Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, Japan

SUMMARY

The aim of this collaborative research is to develop a glass scintillator material for high performance neutron beam measurements that combines fast response and high light output.

We have investigated new glass compositions of phosphates and fluorophosphates based on APLF80 glass. The PL/PLE spectra of representative lithium phosphate based glasses doped with Pr^{3+} are shown in the figure. Compared to APLF80 glass, the Pr^{3+} PL spectral profiles of all phosphate samples were nearly identical, but the Pr^{3+} PLE spectral profiles were relatively higher in the high energy region. We plan to measure fluorescence lifetimes and evaluate scintillation properties for Pr^{3+} -doped glasses with new compositions.

The high-performance neutron glass scintillator to be developed in this collaborative research will be a fundamental technology that will support a safe and secure society.



FIG. PL and PLE spectra of Pr^{3+} in lithium phosphate based glasses of type (a) and type (b) type (c) compared to (d) APLF80 glass: excited at (a) 226 nm, (b) 225 nm, (c) 226, and (d) 227 nm; monitored at (a) 269 nm, (b) 267 nm, (c) 268 nm and (d) 273 nm.

High pressure effects in wide band gap fluoride crystals
M.C. Raduban¹, L. V. Mui², T. Shimizu², N. Sarukura², K. Yamanoi²
1) Unitec Institute of Technology, New Zealand, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

The effect of high pressure on the structural and luminescence characteristics of wide bandgap fluoride crystals such as cerium-doped lithium calcium aluminum fluoride (Ce³⁺:LiCAF) was investigated. Phase transition from hexagonal to monoclinic was observed at about 7.7 GPa. The figure to the right shows that luminescence emission was observed even at high pressures, with the luminescence emission wavelength showing a shift towards higher wavelength as pressure is increased. The red-shift will facilitate detection of the luminescence emission as it enters the wavelength sensitivity region of photodetectors. These results will generate new and important knowledge on the role of high pressure to the decay time of wide band gap fluoride scintillators. The impact of this research will extend to many applications as it leads to the development of fast radiation detectors. Collaboration between ILE and Massey University (New Zealand) was also be strengthened through this research.



(Gd, Y, Lu)₃(Ga, Al)₅O₁₂:Ce, Tbガーネット型単結晶シンチレータの育成と発光特性評価 吉野将生¹, 大室和也, 堀合毅彦, 吉川彰,清水俊彦²,

1) 東北大学, 2) 大阪大学,

SUMMARY

本研究では、我々の研究室で開発を進めている (Gd, Y, Lu)₃(Ga, Al)₅O₁₂ガーネット型単結晶に対し、 発光中心添加元素としてCe及びTbを共添加したサ ンプルの紫外・可視光励起でのフォトルミネッセ ンス量子収率を測定し、CeとTbの共添加が発光特 性に及ぼす影響を調査した。評価試料として、 Gd₃Ga_xAl_{5,x}O₁₂ (x=2~4)に対して(1)0.5%Ce添加、 (2)15%Tb添加、(3)0.5%Ce,15%Tb共添加の合計9種 類の試料を準備し、量子収率測定を実施した。 右図に示す通り、発光スペクトルから量子収率を 見積もったところ、Ce.Tb共添加試料は、Ce3+と Tb3+の両方で高い量子収率を示した。Ce添加試 料・Tb添加試料は両方ともx=2→x=4の順に量子収 率が低下する。Ce,Tb共添加試料は、x=2において Ce³⁺励起の量子収率が最大化し、x=3においてTb³⁺ 励起の量子収率が最大化した。

本研究の成果は、超高時間分解能4D-X線CTのための、時間分解能サブミリ秒・空間分解能10マイクロメートルX線イメージング検出器への応用が 期待される。



次世代高機能光ファイバデバイスの開発とその応用 藤本靖 *千葉工業大学*

SUMMARY

Yellow laser systems have been studied extensively for many applications such as acne treatment and scientific research. We present here a demonstration of a yellow fiber laser using a single-mode double-clad structured Dy³⁺-doped waterproof fluoro-aluminate glass fiber (Dy³⁺:SM-DC-WPFGF). The experimental setup of Dy³⁺:SM-DC-WPFGF yellow laser is shown in Fig. 1(1). Figure 1(2) shows the input/output characteristics which depends on transmittance of output couplers. The maximum power of 445 mW with the slope efficiency of 51.2% was obtained when output coupler T=51.8% was used. The PD phenomenon described in prior studies was not observed in our experiments. Dy3+:SM-DC-WPFGF has enough flexibility to be rolled to a diameter of 10 cm. In summary, a sub-W yellow laser was obtained using a single-mode, double-clad Dy³⁺:SM-DC-WPFGF. For the future, the power will be increased by polarization coupling or fiber power combining technology.



yellow fiber laser and (b) input/output characteristics depending on transmittance of output couplers.



高強度レーザーを用いた高機能性有機結晶創製法の開発 吉川洋史¹ 1) 大阪大学工学研究科

SUMMARY

本研究の目的は、高強度レーザーによる結晶化 制御法を用いて、高機能を有する結晶を創製する ことにある。本年度は、特に超短パルスレーザー を用いた結晶多形制御機構に関する研究に取り組 み、査読付き国際論文誌に原著論文を発表した (右図)。ここでは複数の結晶多形を示す酢酸ナ トリウムを用いて、結晶核発生確率と多形の様々 なレーザーパラメータ(エネルギー、パルス時間 幅など)に対する依存性を調査した。その結果、 レーザー照射によって発生するキャビテーション バブルと熱の競争関係により、その結晶化メカニ ズムを説明できることを見出した。本研究成果 は、レーザーを用いた結晶化の更なる最適条件の 解明に資すると期待できる。



Nd,La:CaF2セラミックスの Judd-Ofelt 解析

宮永 憲明¹,藤岡 加奈²,田丸裕基²,松本 佑紀² 1) (公財) レーザー技術総合研究所,2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

世界最大の発振スロープ効率≈20%を実現した Nd,La:CaF₂透明セラミックスの誘導放出断面積を 評価した。透過スペクトルから10個の吸収バンド の振動子強度を求め、Judd-Ofeltパラメータ $\Omega_{(\lambda)}$ (λ =1, 2, 3)を計算した。次いで、 $\Omega_{(\lambda)}$ を用いて各蛍 光遷移バンドのA係数を計算して蛍光寿命と蛍光 分岐比を求め、A係数と蛍光スペクトル形状関数 の実験値から誘導放出断面積スペクトルを求め た。なお、準位間遷移に係る簡約行要素は Kaminskii 等による文献値を用いた。

また、蛍光寿命と蛍光スペクトル及び蛍光分岐 比の実験値を用いて、Fuchtbauer-Ladenburg式に基 づいて誘導放出断面積スペクトルを評価した。

得られた誘導放出断面積のピーク値はNd添加濃 度が1.7及び1.1mol%に対して、2.7×10⁻²⁰及び 2.6×10⁻²⁰ cm²であった。なお、Judd-Ofelt 解析結果 とFuchtbauer-Ladenburg式に基づく評価結果はほぼ 完全に一致し、分光学的に均一なセラミックスが 実現できている。



(a)及び1.1 mol%(b)。Judd-Ofelt 解析結果(赤線)と Fuchtbauer-Ladenburg式に基づく評価結果(青線)の比較。

紫外放射による光学素子の劣化特性評価 岩佐祐希¹,山ノ井航平² 1) 産業技術総合研究所 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

光学素子の使用に伴う劣化特性を理解すること は、値の信頼性を評価する上で極めて重要であ る。本研究では、反射率測定において、基準拡散 板として用いられる、テフロン製白色拡散板の紫 外照射による劣化特性を評価した。これまでの成 果で、短波長の紫外照射を行うと、紫外域の反射 率が回復する傾向がみられた。この傾向の波長依 存性を調べるため、266 nmの紫外レーザの照射を 行い、照射前後の分光拡散反射率を評価した。そ の結果、275 nmのLED光源とよく似た波長域での 反射率変化がみられた。このことから、反射率の 変化が何らかの物質由来の変化であることが示差 された。今後は、照射エネルギーに対する変化の 評価および劣化機構の解明に取り組む。



ホウ酸系光学結晶の高品質化

森勇介¹, 吉村政志²

1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

非線形光学結晶CsLiB₆O₁₀(CLBO)は深紫外光 波長変換時に生じるビーム形状変化や出力低下が 課題となっていた。従来の素子温度150℃ではな く、80℃の状態で紫外光を発生させると加熱して から20日経過後には図に示すような吸収欠陥形成 が原因と考えられる出力低下現象が確認された。 評価手法が確立したことを受け、今後は様々な素 子や使用環境条件を調査し、出力低下が抑制でき る素子の開発を進めたい。本研究は半導体後工程 の微細加工応用への実装を加速する成果となる。

原他, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 14p-K309-5 (2025).



機械学習と計算物質科学による光学ガラス材料の構造物性相関解明 南谷英美¹、山ノ井航平² 1)大阪大学産業科学研究所, 2)大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

ガラスの代表例であるホウ酸ガラスに着目し、 ナトリウムを含んだホウ酸ガラスに対する第一原 理計算を再現する機械学習ポテンシャルを作成し た。グラフニューラルネットワークアーキテク チャに基づくNequIPモデルを学習させることでナ トリウムを添加したB₂O₃において、エネルギーは 0.4 meV/atom、力については110 meV/Åの精度を有 するポテンシャルを作成し、分子動力学法による melt-quenchシミュレーションによって1000原子程 度のサイズであればガラス構造を作成し、振動や 熱伝導率の解析ができることが判明した。この成 果を元に、今後は扱えるサイズをスケールアップ するための効率化を想定している。



高強度レーザー向け誘電体多層膜ミラーの理論設計

植本光治1、島岡幸生1、近藤裕佑2、柴田一範3

1) Kobe Univ., 2) ORIST, 3) Osaka Univ.

SUMMARY

高強度レーザーは医療、材料加工、核融合研究 など多岐にわたる分野における重要技術であり、 集光やパルス圧縮などの光学系に低損失の誘電体 ミラーは不可欠な要素となっている。

本研究では、誘電体多層膜ミラーの高屈折率層 材料として知られる酸化チタン(TiO₂)の高強度 レーザー下での応答特性を第一原理電子ダイナミ クス計算により予測した。アブレーションによる ミラー表面損傷の理解で重要となる、非線形な多 光子吸収過程が顕著に現れる電界強度領域の見積 もりを行い、ルチル型TiO₂バルクで *E*=1~2V/Åと 見積もった(右図(a)) さらに、第一原理計算と電 磁界シミュレーションを結合させたシミュレー ションにより薄膜(*d*=100nm)のレーザー反射特性を しらべ、*I*=1x10¹³W/cm²で表面反射率が急激に低下 し始める領域があることを確認した(右図(b))。 このような第一原理計算により、材料組成や膜厚 などのパラメータ最適化を行い高強度化に対応可 能な光学系の設計が期待できる。



透光性セラミックス発光体とそのエネルギー移動の解明 Ⅱ	
黒澤俊介 ^{1,2} ,山路晃広 ¹ ,藤原加奈 ²	
1) 東北大学,2) 大阪大学レーザー科学研究所	

SUMMARY

Hf含有酸化物は高い有効原子番号を持つために、 ガンマ線検出効率の点から非常に有望なシンチ レータ材料である。特に、Ce添加SrHfO₃はこれま でに放電焼結プラズマ法(SPS法)などの探索で、 Hf酸化物の中で発光効率が高いCe³⁺の5d-4f遷移 (許容遷移)由来の発光が見えていたが、合成品 は不透明体で、ガンマ線照射による波高値スペク トル上で、光電吸収ピークが見えなかった。

昨年度に引き続き、合成したCe添加SrHfO₃の光 学特性や、その温度依存性に関する調査などを、 自然科学研究機構 分子科学研究所の極端紫外光研 究施設といった放射光施設や東北大学で実施した。 さらに、光電吸収ピークの出現も狙った。

その結果、¹³⁷Cs核種からの662 keVのガンマ線に 対する光電吸収ピークを確認することができた。 本結果と昨年度までに得られた高速蛍光寿命で あった点は、核医学などの分野への応用につなが る結果であり、今後の研究に向けて興味深い材料 であることが分かった。



FIG. (Please put the figure caption here.)

作製したCe添加SrHfO3の紫外線照射時の写真

Sr_xCa_{1-x}F₂混晶結晶の物性予測 川添良幸¹,清水俊彦^{1,2} 1) 東北大学,2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

フッ化物は、その光学特性により、光学材料としての実用化されている。VUV 光検出器材料として、 $Sr_xCa_{1-x}F_2$ に注目が集まっているが、電子状態と機械的性質の理論研究はいまだ初期段階にあり、カチオン原子の配列までを含む詳細な物性研究が必要である。原子配列に関する情報を実験か

ら得ることは難しいため、第一原理計算を用いた 結晶構造・原子配列予測が重要である。

そこで、定期的なオンラインミーティングに加 え、結晶育成、モデル計算、材料物性計測の専門 家を集めた研究会をzoomも活用したハイブリッド 形式で開催し、第一原理計算を用いたフッ化物混 晶系の結晶構造・原子配列予測に関する研究に関 する議論を行った。結晶構造に関する最新の計算 結果が共有され、実験グループとの共同研究へ発 展させるための、有用な示唆が得られた。今後は 計算結果の実験での検証を検討する。

(2024C-002MIZUSEKI との共同開催)



FIG. 研究会の風景

 (Al_xIn_yGa_{1-x-y})₂O₃混晶の結晶構造およびIII族原子配列予測 水関博志¹、川添良幸²、筑本知子³
 1)韓国科学技術研究院・計算科学研究センター、2)東北大学・未来科学技術共同研究センター、 3)大阪大学・レーザー科学研究所

SUMMARY

Ga₂O₃-Al₂O₃の擬二元系酸化物は、その広範な 応用可能性から、ワイドバンドギャップ半導体の 重要な候補材料とされている。この系における (Al_xGa_{1-x})₂O₃の異なる結晶構造および組成は、多 様な電子物性を示し、特定の機能性に応じて (Al_xGa_{1-x})₂O₃の組成を調整可能である。密度汎関 数理論を用いて、Conventional cell内でのIII族原子 (AlおよびGa)の全配列におけるアルファ(α, コ ランダム構造)およびベータ(β, 単斜晶系構造)結晶 構造の生成エネルギーを算定した。その結果、α 型およびβ型構造における (Al_xGa_{1-x})₂O₃の生成エ ネルギーは、50%の濃度(Al₀₅Ga₀₅)₂O₃で一致する ことが判明した。さらにAlの組成を増加させると (Al_xGa_{1-x})₂O₃の形成エネルギーは、Al 組成が約 80%で単斜晶系よりもコランダム構造が安定 (エネ ルギーが低い) になることが明らかになった。こ の結果は、(Al_xGa_{1-x})₂O₃の結晶構造がAl組成の変 化に伴い大きく影響を受けることを示しており、 材料設計における重要な指針となる。



非線形 QED における量子場から粒子分布関数を構成する手法の検討 瀬戸慧大1,小菅淳1,長友英夫2 1) 日本原子力研究開発機構, 敦賀総合研究開発センター, 2) 大阪大学. レーザー科学研究所. **SUMMARY** ① 輸送方程式(仮) $p^{\mu} \frac{\partial \mathcal{N}(x,p)}{\partial x^{\mu}} + q e F^{\mu\nu}(x) p_{\nu} \frac{\partial \mathcal{N}(x,p)}{\partial p^{\mu}} = C(x,p)$ 高強度レーザー電磁場による極限的な高強度電磁 場環境では、非線形OED過程の多重散乱(いわゆ るQEDカスケード)が生じ、多体系の物理となる。 ② 連続の式 $\frac{\partial j^{\mu}(x)}{\partial x^{\mu}} = c \int C(x, p) d^4 p$ その際、運動論的方程式の利用が考えられる。量 子論的散乱確率は量子場の理論で計算され、衝突 項に搭載される。一方、荷電粒子に働くレーザー 本研究 電磁場のLorentz力の効果は古典論的で、移流項に 組み込まれるが、量子場の理論においては力の概 ■ プラズマ物理学では①→②の処理で連続体模型に、 念は通常登場しない。非線形OED粒子の輸送では このように量子と古典的な相互作用が共存してい ■ 荷電スカラー場からは直接②が得られる. ②→①の る。厳格な立場ではすべては非線形QEDで説明さ 計算に相当する理論計算を実施した. れるべきであり、輸送理論の中で非線形QEDから ■ 分布関数としてWigner関数を採用. 古典的効果を見出すことは、非線形QED粒子の輸 ■ レーザー電磁場 = コヒーレント状態. 送理論を論じる際に重要である。 ■ 輸送方程式を導出. 本年度は、背景レーザー電磁場がある非線形スカ FIG. 非線形スカラーOEDにおける荷電スカラー場の輸 ラーQED系を取り扱い、荷電スカラー場の粒子分 送方程式の導出方法 布関数の検討、またプロトタイプとなる輸送方程 式を導出した。

非線形QED真空における超高精度の電磁場伝搬コードの開発 柴田一範¹,瀬戸慧大²

1) Osaka Univ., 2) JAEA

SUMMARY

現在の高強度レーザー(およそ10²¹ W/cm²)よりも さらに高強度の領域では、真空の量子電磁気学 (QED)的な挙動が現れると予想されている。非線 形QED真空に由来する信号(光子)は非常に弱く、 古典的に伝播するレーザーの電磁場に埋もれてし まう。そのため本研究の当初目的は、微小な非線 形OED真空由来の電磁場をレーザー場から切り離 して計算できる、超高精度の電磁場伝搬コードを 開発することであった。しかしコード開発を進め るにあたり、計算時間が膨大になること、期待さ れる計算結果が既存の研究結果と大差ないだろう ことが判明した。そのため研究方針を転換した。 非線形QED真空の効果を増幅するために共振器 に長時間閉じこめる方法を柴田は提案しており、 それを実現するために高反射率、高耐久性を持つ 多層膜ミラーの設計を新たな課題とした。今年度 は鏡の材料として汎用的なSiO。の光学特性の解明、 構造ごとの比較を行った。この結果を元に、来年 度は多層膜ミラーの光学特性の計算を行う。



Development of a solid ball target filled with liquid hydrogen for realization of high-density implosion

研究代表者:岩本 晃史^{1,2} 受入教員:藤岡 慎介² ¹⁾核融合科学研究所、²⁾大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

流体力学的不安定性の影響を受けにくい中実球 状の液体水素ターゲットを用いたレーザ実験の実 施が目的である。液体水素を含む試料の製造には 極低温が必要であり技術的な困難が伴う。

液体水素ターゲットを生成するための極低温冷 却装置の特徴として、ターゲット冷却部は上下駆 動が可能な構造になっており、液体水素充填時に は熱シールド内に格納され室温からのふく射熱を 最小限にできる。また、ターゲット部はそれを支 持しているSUS製ロッドと共に引き抜くことが可 能で冷却を継続しながらターゲットだけを交換で きるようになっている。FIG.1(a)はターゲット装置 の全体写真。

今年度は装置のサイズを確認しながらガス供給 用のステンレス管の加工、真空排気用のセンサー バルブ類の取り付け、コーン付きターゲットを取 り付け温度制御を行う部分の製作を行った。 FIG.1(b)は実験に使用するターゲット。



FIG. 1(a)液体水素ターゲット生成用極低温冷却装置。 4.2K, 1.5Wの冷却能力を持つ小型GM冷凍機1台を使用し て冷却する。(b)取り付けるターゲット、ターゲット冷 却用に銅製伝熱線がコーンに接着されている。 量子ビーム源の開発、制御ならびにその応用に関する研究 藤田雅之^{1,2},本越伸二^{1,2},染川智弘^{1,2},谷口誠治^{1,2},ハイク・コスロビアン^{1,2},倉橋慎理¹, 余語覚文²

1) (公財) レーザー技術総合研究所, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

「海洋プラスチックごみ」による海洋汚染は地 球規模で深刻化しており、プラスチックの使用削 減に関する取り組みや、発生メカニズムの解明、 生態系への影響評価だけでなく、その被害や発生 経路を正確に評価するために、効率的・効果的な モニタリング手法の確立が必要である。そこで、 ハイパースペクトル測定とラマンライダー技術を 組み合わせたハイパースペクトルラマンイメージ ングライダー(HSRIL)を開発し、6 m離れた150 mm幅のプラスチックの種類の識別に成功した。

FIG.(a)に示すHSRILでは、シリンドリカル凹レ ンズでレーザーを150 mmの直線状(FIG.(b))に照 射したそれぞれの位置でのラマンスペクトルの測 定が可能になるだけでなく、受光素子にナノ秒間 隔でコマ撮り可能なICCDカメラを利用することで、 測定対象の距離情報(距離分解能:0.75 m)の取 得も可能である。FIG.(c)に示すように、プラス チックの種類がラマンスペクトルから判別できる。 本研究は科学研究費補助金(JP22H03756)に よって実施した。



繰り返しレーザー応用実験のためのリアルタイム制御システムの開発 小田靖久¹ 1) 摂南大学

SUMMARY

10~100Hzで繰り返し動作する高出力レーザー の開発が進む中、これを液滴ターゲットに照射す る研究が検討されている。高繰り返し動作での実 験では、ショット間のターゲット位置制御を自動 化する必要がある。本研究では、ターゲットの位 置を光学的に検出し、フィードバックでターゲッ ト位置を制御するシステムの構築を目指している。 その準備として、振動現象のような動きの速い現 象に対して追従が可能なピエゾ素子によるター ゲット位置制御のための試験システムを構築し、 動作検証を行った。液体ジェット照射装置を模擬 したフレームにノズルに相当する部品を駆動する ピエゾ素子を取り付けている。ターゲットの位置 は、プローブ光による影をフォトダイオードアレ イにより検出する。この機材で、振動するノズル に対して、その周波数と同期した動きをピエゾ素 子で与える試験を行ったところ、ある条件下でノ ズルの振動を抑制できる結果が得られた。ピエゾ 素子を用いた位置制御の見通しが得られた。


Interaction between electromagnetic waves and plasmas in strong magnetic fields in laboratory and astrophysical plasma T. Sano¹, Y. Sentoku¹

1) Institute of Laser Engineering, Osaka University

SUMMARY

The interaction between a thin foil target and a circularly polarized laser light injected along an external magnetic field is investigated numerically by particle-in-cell simulations. A standing wave appears at the front surface of the target, overlapping the injected and partially reflected waves. Hot electrons are efficiently generated at the standing wave due to the relativistic two-wave resonant acceleration if the magnetic field amplitude of the standing wave is larger than the ambient field. A bifurcation occurs in the gyration motion of electrons, allowing all electrons with nonrelativistic velocities to acquire relativistic energy through the cyclotron resonance. The optimal conditions for the highest energy and the most significant fraction of hot electrons are derived precisely through a simple analysis of test-particle trajectories in the standing wave. Since the number of hot electrons increases drastically by many orders of magnitude compared to the conventional unmagnetized cases, this acceleration could be a great advantage in laser-driven ion acceleration and its applications.



Spatial distributions of the electron average energy for the cases (a) with an external magnetic field and (b) with no field. The orientation of the magnetic field is parallel to the x axis or the target-normal direction.

REFERENCE

T. Sano, S. Isayama, K. Takahashi, and S. Matsukiyo, "Relativistic two-wave resonant acceleration of electrons at large-amplitude standing whistler waves during laser-plasma interaction", Physical Review E 110, 065212 (Dec 2024)

Study of liquid target for high-repetition rate quantum beam sources T. Higashiguchi¹, T. Soramoto¹, T. Morita¹, Y. Abe^{2.3}, and S. Fujioka³ 1) School of Engineering, Utsunomiya University, 2) Graduate School of Engineering, Osaka University, 3) Institute of Laser Engineering, Osaka University

SUMMARY

We demonstrated 2-hours of continuous operation of the WW-SXR source.

- ✓ We developed the generator for the regenerative liquid Bi target.
- ✓ The number of photons: ~ 5 x 10^{12} photons/nm sr pulse @ 2.3 nm 4.4 nm
- ✓ Maximum energy of fast ions: 17 keV
- ✓ Light source size: approximately 30 μm (V) x 30 μm (H)



極紫外光アブレーション推進とこれを用いたデブリ軌道変更技術 森浩一¹, 田中のぞみ², 三宅尚生¹, 土田昂輝¹, James Edward Hernandez², Jijun Zhong², 藤岡慎介^{2,3} 1) 大阪公立大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 核融合科学研究所

SUMMARY

本研究は、EUV光を用いることで、これまでの レーザーアブレーション推進に比べて飛躍的に大 きな推進インパルスを発生できることが期待され る。大阪大学レーザー研が有する高強度EUV光発 生装置を用いて、アルミニウムターゲットに集光 EUV光を照射し、振り子法を用いて推進インパル スを計測した。新たに渦電流式のセンサを導入し、 動画撮影より精密かつ、小さい推力の計測を行っ た。

EUV光の強度をパラメタとして、推進の物理メ カニズムについて議論した。

その結果として,図中赤点で示すように,前回よ りも広いパラメタ範囲で実験を行うことができた。

図中青点は、XUV光路以外をマスクした場合の 結果で、赤点の結果の1/5程度の推力となった.こ のことから、XUV発生点から生ずるレーザーアブ レーションプルームがターゲットに衝突して推進 力を及ぼしていたことが明らかとなった。

今後、レーザーアブレーションプルームの影響 をさらに明らかにする必要がある。



レーザー造形法によるシリカガラス構造形成 本越伸二1, 吉田実2, 藤岡加奈3, 坂本高保1, 安積伶牛2 1) (公財) レーザー技術総合研究所, 2) 近畿大学理工学部, 3) 大阪大学レーザー科学研究所 **SUMMARY** 15 Microscope ガラス表面に構造を持つ回折光学素子は、様々 な応用分野で利用されている。この表面構造はイ Plasma Emission ンプリントや、研削・除去加工で形成されている ため、その精度、自由度には限界があり光学素子 LIDT [J/cm²] 設計を制限する要因となっている。 本研究では、シリコーン油に紫外レーザー光を 照射することにより微細ガラス構造の形成を目的 に行っている。 2024年度は形成したシリカガラス表面構造の 5 レーザー損傷耐性を評価するために、レーザー損 傷時に生成するプラズマ発光計測を行い、顕微鏡 観察時の損傷との違いを評価した。 0 #1 #2 Sample No. FIG. 反射防止コートのレーザー損傷しきい値。プラズ マ発光計測と顕微鏡観察でほぼ同じしきい値を示した。

プラズマ、流体中に生じる圧縮性を伴った渦構造の理論的研究 松岡千博^{1,2,3} 1)大阪公立大学大学院工学研究科, 2)大阪公立大学南部陽一郎物理学研究所(NITEP), 3) 大阪公立大学数学研究所(OCAMI)

SUMMARY

非粘性非圧縮2次元ポテンシャル流には、大きさ ゼロで強さのみをもつ単純化された数学的モデル、 「点渦」が存在する。この点渦はオイラー方程式 の厳密解であり、しばしばバルク渦や渦層の離散 化、力学系の多体問題のモデル方程式として用い られる。本研究では、この「点」渦が相対論的流 れに拡張され、中心に有限な真空渦核をもつ相対 論的「点渦」解の構成に成功した。非相対論的圧 縮流体でも有限な真空核をもつ渦解が知られてい るが、相対論的流れでは、その渦核半径が臨界速 度(流体の流速と音速が等しくなる点の速度)に 依存する。また、光子流体(質量ゼロの流体)で 同様の計算を行うと、渦強さ(循環に相当する) に依存して、渦核半径がいくらでも大きくなり得 ることも示した。これらの研究は以下にまとめら れている。 [1] C. Matsuoka and H. Ishihara, The vacuum-core

[1] C. Matsuoka and H. Ishihara, The vacuum-core vortex in relativistic perfect fluids, Phys. Fluids, 36, 087141 (2024).



半導体レーザー光源におけるスペックルの評価と抑制 田辺稔¹,真鍋由雄²,山本和久²,筑本知子²

1) 産業技術総合研究所, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

<u>SUMMARY</u>		6インチ	3インチ
半導体レーザは狭帯域なスペクトルを有する光 源であるため、ディスプレイや照明に応用した場 合、スペックルが発生し、人の眼にノイズとして 認識される。本研究では、そのスペックルを定量 的に評価し、抑制する手法を提案することを目的 とする。 半導体レーザと積分球を組み合わせた光源を使 用し、そのスペックルの大きさを表す値(コント ラストC)を、大阪大学が保有する評価装置を用 いて評価した。シングルモードとマルチモードの 半導体レーザを使用し、スペックルリデューサ、 6インチと3インチの積分球を用いた。スペック ルリデューサとマルチモードレーザを組み合わせ ることにより、スペックルを大幅に抑制できること が分かった。また、積分球内での多重反射が多 い、大きな積分球でスペックルを抑制できること も分かった。今後は、これらの結果を応用し、 レーザ光源を用いたディスプレイや照明機器の信 頼性の向上させる研究に取り組む予定である。	シングルモード	0.043	0.082
	マルチモード	0.015	0.024
	FIG.シングルモードとマルチモードの半導体レーザと積 分球の大きさによるスペックルコントラストの評価結果 (下に記載している数値は緑枠内のスペックルコントラ ストを表している。)		

新規高融点酸化物単結晶の育成と光学特性評価

横田 有為^{1,2}, 堀合 毅彦²

1) 東北大学金属材料研究所, 2) 東北大学未来科学技術共同研究センター

SUMMARY

これまで材料探索が進んでこなかった2200℃以 上の融点を有する機能性酸化物単結晶材料に対し て、東北大学が新たに開発したW坩堝と脱酸素断 熱材を用いた高融点酸化物材料の結晶育成技術を 用いることで、様々な発光中心元素を添加した高 融点単結晶を作製した。

ノンドープとCeを添加したLu₃TaO₇(LTOおよ びLTO:Ce)単結晶に対して、紫外線とX線源を用 いたフォトルミネッセンス(PL)と放射線応答特性 の評価を行った。その結果、PLスペクトルおよび X線ラジオルミネッセンススペクトルにおいて、 330 nm近傍の発光ピークが確認された(右図はPL スペクトル)。当該材料は、従来のシンチレータ 結晶を凌駕する9.68 g/cm³もの大きな密度を有して おり、高エネルギー放射線用やチェレンコフ光を 利用した高速発光する新たなシンチレータ単結晶 としての応用が期待される。



Fabrication of laser-induced surface modified substrates for surface-enhanced Raman spectroscopy applications

J. Hernandez¹, M. Vega², and S. Fujioka¹

1) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Yamadaoka 2-6, Suita, Osaka, 565-0871 Japan

2) Materials Science and Engineering Program (MSEP), UP Diliman, Quezon City, 1101 Philippines

SUMMARY

Surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) enables single molecule detection through the molecular Raman scattering on substrates with high surface roughness. High surface roughness allows increased scattering therefore increased detection limits in liquids. In this preliminary study, high surface roughness films are fabricated using nanosecond pulsed lasers, to be prepared for subsequent deposition for SERS. A Nd:YAG laser of 5 ns pulse width, 10 Hz repetition rate, and 1064 nm is focused on a carbon target, inside a stainless-steel chamber at a base pressure of 10⁻⁵ Pa. Stainless steel sheets of 0.25 mm thickness were used as a test substrate for deposition and were placed 4 mm from the carbon target. The carbon target was ablated at 10000 pulses. Figure 1 shows the scanning electron micrographs of deposited carbon on the stainless-steel substrate. It can be observed that conical shaped patterns were formed and may be suitable for SERS applications due to high surface roughness.



FIG. 1. SEM micrographs of carbon deposited on SUS304 substrate



CNTフォレスト横方向抵抗におけるメムリスタ特性 佐藤 佑起¹,古田 寛^{1,2} 1) 高知工科大学システム工学群. 2) 高知工科大学総合研究所

SUMMARY

高表面積CNT膜はニューロモルフィックデバイス 用電極として期待される。CNTフォレストの伝導 機構、特に構造の影響は未解明な点が多い。本研 究はCNTフォレストの形態が電気抵抗やメモリス タ特性に与える影響を調査した。合成時の触媒ア ニーリング時間等でCNTの配向や高さを変え評価 した。結果、構造、特に垂直配向がヒステリシス や記憶効果に大きく影響し、顕著なメモリスタ特 性を示した。成長条件と電気応答の強い相関から、 CNTメモリスタ最適化には構造制御が重要であり、 本知見は関連技術の進展に貢献する。



超高強度レーザーと高密度プラズマの相互作用 田口 俊弘 日本原子力研究開発機構 敦賀総合研究開発センター

SUMMARY

2024年度においては摂南大学で行っている多種 類のダストプラズマを用いたシース構造測定実験 を再現するために、三角形メッシュを利用した放 電解析用粒子コードを用いてダストプラズマ浮遊 解析を行った.図1に結果の1例を示す.左の写 真は下部にあるリング電極の上部に青色と緑色の 2種類のダストを落下させたときにリング電極上 部のシースにダストが浮いている様子を示す実験 結果である.今回の解析では、これからの実験予 定も踏まえて4種類のダスト(赤、青、桃、黒) を落下させたシミュレーションを行ってみた.ダ ストのサイズはこの順序で大きいが、大きなサイ ズのダストと小さなサイズのダストが分離して、 それぞれ適切な高さにそのあたりのシース構造に 対応した形状で浮遊していることがわかる.

このコードは放電ダストプラズマ解析用である が、電極形状の任意性を生かせばレーザー加工な ど高強度レーザーと物質の相互作用の解析におい て、電極構造などを取り入れた解析に発展させれ ばその方面へのインパクトは大きいと考えている。



図1:(左)摂南大学におけるダスト浮遊実験.青色と 緑色のサイズの異なる2種類のダストを浮遊させている. (右)三角形メッシュを用いた粒子コードで計算した シース電界中に浮かんだ4種類のダストの浮遊状態

統計モデルによる光学材料のシミュレーションおよびその物性への応用に関する研究

佐々木 明

量子科学技術研究開発機構·関西光科学研究所

SUMMARY

光学損傷の複雑なメカニズムの解明を目的に、 自然界および人工的な多様な絶縁破壊現象の物理 モデルとシミュレーションの研究を行っている。

今年度は、自然界の代表的な放電現象である雷 の1次元モデルによる解析を引き続き行うととも に、より現実に即した解析ができるように、雷現 象の観測の現状について調査した。Lightning Mapping Array(LMA)による観測では、雷雲中に起 こる局所的な放電が位置の精度10 m、時間分解能 0.01msに、より全体で2 msくらいの間に起こる一 連の現象が記録されており、放電が雷雲中を伝播 する雲中放電、地表に向けて進展する対地放電の 特性が観測されている。コミュニティに公開され ているデータがあり、計算結果を検証できことに、 対応モデルを構築することが課題と考えられる。

そこで以前の実験室放電のモデル[1]を拡張し、 グローバルサーキットと大気の絶縁破壊条件を組 み込むとともに、雷雲の充電過程を電流源で表す モデルを構築した。



が充電される過程は、電流源を挿入することでモデル化 される。雷雲中のある部分で起る放電は、スイッチが閉 じ、コンデンサを短絡することで表現する。

参考文献

[1] A. Sasaki, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 55, 026101(2016)



トリチウム含有物から放出されるβ線誘起X線のシミュレーション 原 正憲¹,山ノ井航平²

1)富山大学,2)大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

トリチウムが放出する β 線エネルギーは18.6 keVと弱く,この β 線を直接測定することは難しい. しかし、 β 線は物質と相互作用することで、 β 線 誘起X線を発生させる. β 線誘起X線を測定するこ とで非破壊かつ非接触に固体中のトリチウムを間 接的に測定することができる.つまり、レーザー 核融合用のトリチウムターゲット中のトリチウム を測定できる可能性がある.今回のモンテカルロ シミュレーションにより、DT固体中のトリチウム の β 線の飛程を計算した.その結果、DT固体中 (密度0.26056g/cm3)のトリチウムの β 線の飛程 は20 μ mであることが見出された.



Reevaluation of Ceramic Product Distribution in East Asia through Imaging Spectroscopy Analysis. 宮原曉¹, 清水俊彦^{,2}

) Graduate School of Humanities, The University of Osaka, Japan, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

We conducted imaging spectroscopic analysis of porcelain shards excavated from the underfloor of the former Jesuit House in the Parian district, Cebu City, Philippines, and collected data on samples that are presumed to be from the Zhangzhou (Fujian), Jingdezhen (Jiangxi), and Arita Uchiyama (Japan). This collection has made it possible to advance research on the distribution of the production areas of previously untouched numerous porcelain shards.

We also collected basic data to facilitate further spectroscopic analysis of the porcelain shards with Chinese inscriptions. A set of data may help to draw up a research design for examining currently unsolved issues such as whether they were letters, signatures, or patterns, and whether they were written by literate or illiterate artisans.



FIG. Shards from Jesuit House, Cebu. Acquiring images of different wavelength ranges, it is possible to clarify the differences and patterns that are difficult to discern by eye.

野鍛治作成民具の鋼の元素分析と分光による電子状態解析 田中慎一郎¹,清水敏彦²,猿倉信彦² 1) 大阪大学産業科学研究所, 2) 大阪大学レーザー研

SUMMARY

本研究の目的は、日本古来のさまざまな工業製 品を科学的見地から実証的に研究することで、文 理融合型研究を推進することである。特に、これ まで行われている刀ではなく、野鍛治作成民具の 鋼についての分光学的研究を目指している。分光 学的研究のためには破壊的な実験が避けられない が、美術的な価値も高い刀などを破壊することは 難しいのに対し、比較的美術的価値が低いとされ ている民具についてはこれが可能であるからであ る。本年度については、まず野鍛治の歴史的な経 緯などの調査を行い、実験可能な民具の収集を目 指したが、試料収集が十分ではなく、残念ながら 具体的な実験などを行うまでは至らなかった。

ただし、今後の分離融合研究について共同研究 先を広げるため、阪大産研など国立大学5研究所 が参画する「クロスオーバーアライアンス」で文 理融合研究を推進するための人文社会系講義シ リーズの枠組みで、清水・猿倉両先生の講演会 (阪大産研主催・オンライン)を発案・マネージ して開催することができた。



複合アニオン化合物を用いた新規発光材料の開発 荻野拓¹,尾島響^{1,2},岩佐祐希¹,猿倉信彦³ 1) 産業技術総合研究所, 2) 東京理科大, 3)大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

"複合アニオン化合物"と呼ばれる層状化合物は、 積層構造が天然の量子井戸として機能すること で様々な特異物性を発現する。我々はこのよう な化合物の設計指針を構築することで、室温励 起子発光を示すSr₃Sc₂Cu₂Ch₂O₅, Sr₂ScCuChO₃[1,2] など多数の新化合物の合成に成功してきた。こ れらの化合物は、半導体であるCuS層と絶縁層の SrScO層で構成されバンドエッジ近傍に鋭い発光 線が観測される。 昨年度は、類縁化合物であるCa₂AlCuSO₃の合成 を試み、生成の兆候を見出した。そこで温度・

圧力・出発組成などの合成パラメータを変化さ せたところ、右図のようにほぼ単相の試料の合 成に成功した。更に、類縁化合物のCa₂GaCuSO₃ も右図のように合成に成功した。今後は作製し た試料の物性評価や光学特性評価を進めていく 予定である。

[1] H. Ogino et al., Appl. Phys. Lett. 101 (2012) 191901

[2] Y. Iwasa, H. Ogino et al., J. Mater. Sci.: Mater. Electron. 30 (2019) 16827-16832



変色釉薬の開発

吉田英樹¹,清水俊彦²,猿倉信彦²

1) 長崎県窯業技術センター,2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

ガラス中に分散したNd³⁺イオンは主に紫色を呈 し、外光の種類によって発色が変化することが知 られている。そこで、本研究では透明かつ外光に より発色が変化する磁器用色釉の開発を目的に、 磁器用の代表的な無色の基礎釉である石灰透明釉 にNd₂O₃を加えて素焼素地に施釉し、ガス焼成炉 で1300℃酸化雰囲気にて焼成を行い、釉薬の分光 反射率を分光測色計(CM-3700A, コニカ・ミノ ルタ製)にて測定した。

Xeフラッシュ光源を用いて測定した分光反射率 及び、太陽光下で撮影した試料写真を右図示す。

Nd³⁺イオンに起因する吸収ピークが複数認められ、釉薬中においても一般的な酸化物ガラス中に 分散したものと同様のスペクトルを示した。また、 太陽光下においては紫色であるのに対し、蛍光灯 下では青色を呈し、いわゆる多色性ガラスと同様 の発色性が確認できた。

本成果は、シチュエーションに応じて色が変化する磁器製品としての応用が期待できる。



Sub-grid Transport Modeling for Stellar Convection Using Non-equilibrium Turbulence Theory and Data Science Techniques

Y. Masada¹, T. Sano², ...

1) Fukuoka University, Japan, 2) Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan

SUMMARY

This year, we worked on generating (artificial) images of solar turbulence (i.e., solar granule) using Generative Adversarial Network (GAN), a well-known generative AI technique. GAN employs two neural networks, a Generator and a Discriminator, which compete to enhance AI learning.

As training datasets, we prepared simulation data of solar thermal convection (turbulence/granulation) along with laminar flow data with different mode numbers. Using a state-of-the-art algorithm called conditional deep convolutional GAN (cDCGAN), we developed a method to distinguish and generate the granulation and laminar flow patterns. While standard GANs struggle to generate granulation images, we found that with sufficient training epochs, cDCGAN could produce granulation images that closely resemble real ones not only in appearance but also in spectral characteristics and frequency distribution.



FIG. Comparison of Training Data (Solar Granulation) and Generated Images. The left image represents the training data, the center image is generated using cDCGAN, and the right image is generated using a standard GAN. By using cDCGAN, the generated images achieve a high similarity to real solar granulation, including spectral characteristics.

短パルスレーザーを用いた有機低分子化合物の結晶化制御 釣 優香¹ 1) 奈良先端科学技術大学院大学

SUMMARY

本研究では短パルスレーザーを用いた有機化合 物やタンパク質の高効率な結晶化制御を目的とし ている。結晶化の制御性を向上させ、高効率な結 晶化を実現するためには、レーザー照射によって どのように核形成が生じるのかを理解することが 重要である。そこで本年度は、核形成のトリガー として考えられているキャビテーションバブルな どのレーザー誘起現象によって局所的な濃度変化 を屈折率変化として可視化し、評価を実現するた めの光学系構築に取り組んだ。右図にこれまでに 濃度変化の可視化に成功した例を示す。現在、定 量評価に向けた干渉計構築に取り組んでおり、こ れによって、レーザー誘起結晶化において核形成 の場となる溶液環境の変化を解明し、精密に制御 することができればさまざまな化合物の結晶作製 につながる。



SnH4スタナンのレーザー診断に向けたDFT計算を用いた分子軌道の導出 藤野智子¹,田中のぞみ²,藤岡慎介^{2,3}

1) 東京大学物性研究所, 2) 大阪大学レーザー科学研究所, 3) 核融合科学研究所

SUMMARY

スズと水素原子との化学結合で生成される化合物 であるスタナン(SnH4)は、極端紫外(EUV: Extreme ultraviolet)リソグラフィー光源内における光学素子 のスズ汚染除去手法として着目されている。本研 究では、スタナン直接計測法としてレーザー誘起 蛍光法(LIF: Laser induced fluorescence)を開発する ことを視野に入れている。

スズ原子とは異なり複雑化するスタナンの分子 軌道を第一原理計算である密度汎関数理論(DFT) 計算手法により導出し、スタナンLIF計測に利用が 可能な軌道遷移を探った。DFT計算には、時間依 存密度汎関数理論(TDDFT)を適用し、Sn原子の 基底関数にはSDD(6-31G+(d))を用いる。計算を もとに軌道間での遷移確率を算出・比較し、照射 レーザーのエネルギー範囲を決定した。

計算の結果から、振動子強度f=1.2955を持つ、 11.3 eV (109.52 nm)の遷移が候補として挙げられた。 この波長域のレーザーは利用が難しいため光源の 準備を検討する他、今後は二光子吸収の過程も含 め計算を継続していく。



128

1.06^(C) 300 µmo FWHM

Numerical modeling of plasma facing materials

A. Sunahara¹, M. Pan², K. Tomitai², K. Nishihara³, and H. Nagatomo³

Center for Materials Under eXtreme Environments (CMUXE), School of Nuclear Engineering, Purdue University, USA,
Division of Quantum Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Japan,
Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan.

1.06 µm 100 µmė FWHI

SUMMARY

In the design of a fusion reactor, the generation of neutrons, x-rays, and plasma debris from the burning DT plasma always constitutes a major factor that limits the design of the first wall, blanket, and final optical system. For a direct-drive DT fuel laser fusion reactor, 70% of the fusion energy output is neutrons with an energy of 14.1 MeV, and most of the remaining energy becomes plasma debris. Although x-rays have only an order of 1% energy fraction of the fusion outputs, they can be absorbed by the extreme surfaces of the first wall and optical components, causing damage to the surfaces. We are developing a radiation fluid simulation code that can accurately handle the energy flow of the entire reactor, including X-rays. For this purpose, we calculated EUV emission with 1 and 2 microns of laser wavelengths, in which EUV light is especially emitted from the higher-density plasma region compared to that of conventional CO2 plasmas.



1.06 µm 200 µm¢ FWHN

Development of a photoimmobilzation method for an assembly of polymer nanobeads formed by plasmonic optical tweezers. T. Shoji¹ 1) Kanagawa University, Japan

SUMMARY

Upon excitation of localized surface plasmon resonance (LSPR), dispersed polymer nanoparticles in solution can be efficiently optically trapped. This plasmonic optical tweezer technique enables the assembly of photonic crystal-like colloidal particles and the patterning of DNA. However, thermophoresis induced by LSPR can hinder trapping efficiency, and assemblies formed by optical trapping disappear when LSPR excitation ceases. To address this, we investigated thermophoresis control using surfactants and particle fixation via photopolymerization. A plasmonic substrate with gold nanoparticles was immersed in a dispersion of fluorescent polystyrene Surfactant addition nanoparticles. reversed thermophoretic flow, enhancing assembly. Subsequent UV irradiation in the presence of photoinitiators and monomers allowed stable fixation of the nanoparticle assembly onto the substrate, as shown in Figure 1.



Fig. Bright-field image of photofixed optically trapped polystyrene nanoparticles

レーザー液中アブレーション法を用いた土壌中放射性物質の分離技術の開発

Tadpradit Paradom¹, 中井光男¹, 有川安信²

1) 福井工業大学, 2) 大阪大学レーザー科学研究所

SUMMARY

放射線核種による汚染土壌の除染では、粘土 層に吸着した汚染物質の除去が課題となっている。 化学的除染法によって除去できない、物理的に固 着している(「内包」されている)物質を除去す るには、土壌粒子の破砕が必要であると考えられ ている。本研究では、粘土層の主要成分である バーミキュライトにレーザー照射することによっ て土壌粒子を粉砕することによって、粉砕度(粒 径分布)とCs回収率を測定する。昨年度実施した、 YAGレーザーの2倍高調波炭酸ガスレーザーとの 比較実験では、有意な差異が見られなかった。そ のため、本年度は、1. 照射条件によるアブレー ション圧力を測定する。2. 土壌粒子のレーザー 照射前後の顕微観測を行う。ことを目的として、 実験1.の測定系の設計並びに実験2.のために サンプルの作成を行った。次年度に予定する実験 では、宇宙デブリ除去などにも資するレーザー推 進の基礎データが得られると期待している。

