

2011, Jan.

No. 274

**CONTENTS**

- レーザー技術総合研究所所員一同
- 【謹賀新年】新年のご挨拶
- 負の屈折率グレーティングによるスミス・パーセル放射
- HEC-DPSSL 報告
- 主な学会報告予定



レーザー技術総合研究所所員一同

**【写真】**

前列左より 本越伸二、今崎一夫、中塚正大、山中千代衛、井澤靖和、野坂明信、藤田雅之  
中列左より 中川道子、片岡紀子、小野田理恵、幸脇朱美、コスロービアン ハイク、李 大治、古河裕之、染川智弘  
後列左より 谷口誠治、砂原 淳、古瀬裕章、島田義則

# 謹賀新年

## 新年のご挨拶

所長 井澤靖和

2011年の新年を迎え、皆様にご祝辞を申し上げます。

(財)レーザー技術総合研究所は1987年の創立以来24回目の新年を迎えました。これまでのレーザー技術に関する研究開発と技術展開を通して蓄積してきた経験と実績は私どもにとって何よりも大きな財産であります。長年にわたる関係各位からのご指導、ご鞭撻に心よりお礼申し上げます。

昨年はレーザーが誕生して50周年目にあたり、各地で記念行事が行われました。この半世紀の間にレーザーは多くの産業技術分野における基幹技術に成長し、また先端科学分野における不可欠のツールとして機能するようになりました。当研究所は設立当初より産学の橋渡しとなり、最新のレーザー技術を産業界に役立てることを使命として活動して参りました。当研究所の役割は今後ますます重要になるものと考えます。

昨年を振り返ってみますと、5月には「スミスパーセル型テラヘルツ放射源」と「光活性蛋白質の光電効果」の研究に対し倉田記念科学技術財団より倉田奨励賞を、7月には「レーザー超音波を用いたコンクリート欠陥の非破壊検査法の開発」で日本鉄道協会から坂田記念賞を、10月には「フェムト秒レーザーを用いた白色光ライダーの開発」研究で堀場雅夫賞を、それぞれ受賞いたしました。また、9月には、一昨年NEDO省エネルギー革新技術事前研究で進めてきた「革新材料(CFRP)のレーザー加工研究」の成果を下に、NEDO「高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト」がスタートし、当研究所も技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所の組合員としてプロジェクトに参画することになりました。太陽光励起レーザー、低温冷却Yb:YAGレーザー、レーザーコンプトン散乱ガンマ線による核変換、EUV光源物理などの研究も順調に進展しています。レーザーミラーなどの耐力向上と耐力評価の標準化をめざす高耐力光学素子研究会も多くの光学素子メーカーの参加を得てデータベースの構築が進展いたしました。

これからもわが国のレーザー科学技術の発展と振興に貢献すべく、所員一同初心に還り精一杯努力する覚悟であります。皆様方には、本年もなお一層のご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

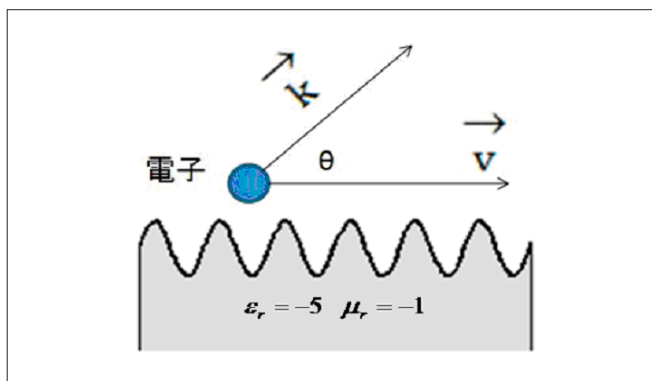
# 負の屈折率グレーティングによるスミス・パーセル放射

レーザーエネルギー研究チーム 李 大治

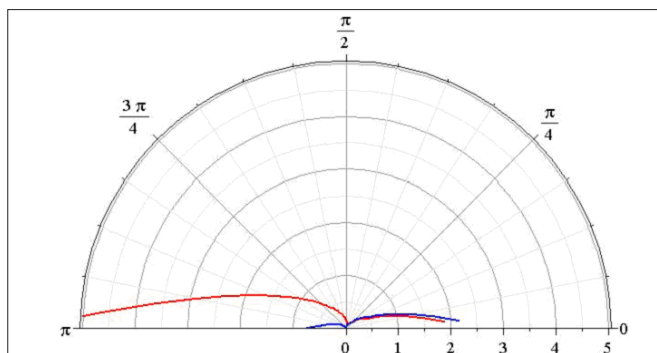
情報の担い手である電磁波とその媒質である物質との関係は、今日においては確立されており、ある意味での飽和を迎えていると言える。超高度情報化の実現へ向け、この飽和を打開するために、新しい電磁特徴を持つ左手系媒質が注目されている。一方、小型化テラヘルツ光源開発に向け、世界的にスミス・パーセル超放射が活発に研究されている。このような背景から、効率の高い大出力テラヘルツ放射源を目指すために、負の屈折率メタマテリアルグレーティングを用いたスミス・パーセルテラヘルツ放射に関する研究を行っている。

電子がグレーティングの直上を通過する際、電磁放射が出現し、これをスミス・パーセル放射と言う。通常のスミス・パーセルデバイスには、金属グレーティング或いは正の屈折率を持つ媒質のグレーティングが使われる。本研究では、従来のグレーティング材料を使わず、負の屈折率を持つグレーティングの利用を提案する(図1)。今までの研究結果によって、負の屈折率グレーティングにより誘起されたスミス・パーセル自然放射が正の屈折率グレーティングより強く、その特徴をスミス・パーセル装置に応用するとコヒーレントテラヘルツ放射の出力を高めることが可能である。これは本研究の重要なメリットである。我々は理論解析の手法

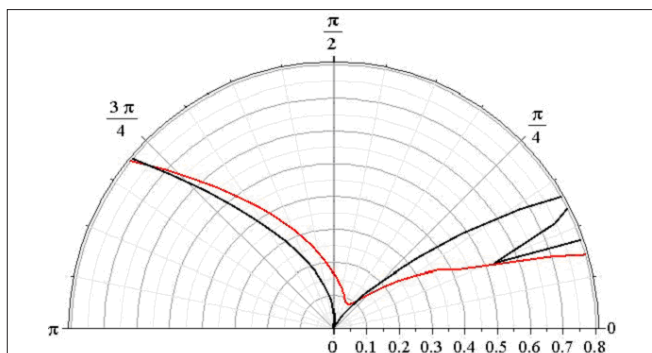
で、負の屈折率、正の屈折率、金属グレーティングを解析し、その結果を図2と図3に示す。図2に示すような放射係数(radiation factor)では、正の屈折率(青い線)より負の屈折率の放射係数(赤い線)の方が90度以上の区間に非常に高い。図3の結果では、完全導体(黒い線)より負の屈折率の放射係数(赤い線)は45~135度の間に高いと分かった。本研究の目的は、理論解析とシミュレーション及び実験検証の手法により、負の屈折率グレーティングによるスミス・パーセルコヒーレント放射機構を調べ、コンパクトで強力なテラヘルツ光源のメカニズムを解明することである。これを基にした、実用性を持つ負の屈折率メタマテリアルによる放射デバイス開発への基本技術確立したい。



【図1】負の屈折率媒質グレーティングによるスミス・パーセル放射。周期長1mm、溝深さ0.1mm



【図2】放射係数と放射角度の関係。(電子エネルギー35keV。赤い線は負の屈折率、青い線は正の屈折率)



【図3】放射係数と放射角度の関係。(電子エネルギー35keV。赤い線は負の屈折率、黒い線は完全導体)



# HEC-DPSSL 報告

レーザーエネルギー研究チーム 古瀬裕章



【写真】会場前にて(筆者)

## ■第6回HEC-DPSSL開催

2010年9月8日-10日の間、フランスのベルサイユにて第6回高エネルギーLD励起固体レーザー“High Energy Class Diode Pumped Solid State Lasers”のワークショップが開催された。本ワークショップは大阪大学レーザーエネルギー学研究所、アメリカのリバモア国立研究所、フランスのLULI、ドイツのイエナ・フリードリッヒ・シラー大学(FSU)が主体となり、主に慣性核融合を目指した高繰り返し(< 10 Hz)大出力レーザープロジェクトの進捗状況等について報告が行われた。今回開催地がフランスで行われたこともあり、欧州のレーザープロジェクトに関する報告が多数を占めていた。

## ■HiPERプロジェクト

現在ドイツ・イギリス・フランスが中心となって新しいレーザー核融合研究所“HiPER (High Power Laser Energy Research)”の設立を進めている。本プロジェクトは2008年からスタートしており、2013年頃から10 kJレーザー建設が予定されている。現在Ybを添加したCaF<sub>2</sub>, YAG, Glass等の要素技術開発が各国研究機関で行われている。CaF<sub>2</sub>, YAGは低温で熱伝導率が向上する点、φ20cm程度まで大口径化可能な点が特長であり、特にCaF<sub>2</sub>は非線形屈折率が小さいため高フルエンス動作時での利点は大きいと期待されている。これらの材料はディスク型、アクティブミラー型で開発が進められており、試料は冷却Heガスによって160-170 Kに冷却される。この冷却方式はアメリカのリバモア研究所のMercuryレーザー(100 J, 10 Hz)と同様である。現在イギリスのラザフォード・アップルトン研究所が、Yb:YAGディスク4枚で10 J級出力のレーザー、“DiPOLE (Diode Pumped Optical Laser)”を開発している。

## ■ELIプロジェクト

また、EUにおける大型プロジェクトとしてELI

(Extreme Light Infrastructure)プロジェクトが進められており、参加国は13カ国にもおよぶ。目的は主にアト秒、超高速X線、高強度場、光核物理等への応用で、出力目標値は200 PWである。現在はハンガリー、チェコ、ルーマニアで10 PWのプロトタイプレーザー研究施設を建設しており、その後ELI本体が建設される予定である。またチェコでは本プロジェクトと別に産業応用レーザーHiLASE (High average power pulsed Laser)が並行して進められている。平均出力1 kWで、繰り返しは10-100 Hzであり、ここでもYb:YAGスラブとHeガス冷却が採用されている。HiLASEはELIのビームラインと並んで建設される予定で、相乗効果が期待されている。

## ■広がる低温冷却Yb系材料

本ワークショップで報告されていた高繰り返しプロジェクトでは、いずれもHeガスを用いた冷却を用いる方法を第一候補としていた。材料もYb:CaF<sub>2</sub>かYb:YAGのどちらかが選択されそうである。そもそも低温冷却とYb:YAGを用いたジュール級大出力レーザー開発は阪大レーザー研のオリジナルであり、一歩先を進んでいる感があった。筆者も阪大レーザー研と共同で低温冷却Yb:YAGレーザーの開発に携わっているが、今後欧州プロジェクトが揃って低温冷却Yb系材料を用いた大出力レーザーを開発することになれば、予算規模や体制の違いから瞬く間に追い越されてしまうのではないだろうか。今後世界をリードする立場を維持するためには一層のオリジナリティと国内外の強い連携が必要であると感じた。

次回ワークショップは2011年、アメリカ・リバモア国立研究所主催で行われる予定である。

## 主な学会報告予定

2月13日(日) ~ 16日(水) Advanced Solid State Photonics(トルコ・イスタンブール)

古瀬 裕章「Conceptual design for sub-100kW laser system based on total-reflection active-mirror geometry」