

光発生・計測研究チーム

Laboratory for Tera-Photonics

チームリーダー 伊藤 弘 昌
ITO, Hiromasa

電波と光波の境界領域にある 0.5 ~ 100 THz の周波数領域（波長が $600\ \mu\text{m}$ ~ $3\ \mu\text{m}$ ）は、未開拓な電磁波スペクトル空間であり情報通信にとって重要であるとともに、物性物理学、応用物理学、生命科学等の研究分野において新たな現象の発見をもたらす可能性が極めて高い。

我々は、光領域の技術を基礎にサブ THz ~ 100 THz（テラフォトンクス領域）における広帯域波長可変光源の開発を第一目的としている。具体的には、近年ますます発展を遂げつつある各種レーザーを励起光とし、非線形光学効果を用いた波長変換技術によってサブ THz ~ 100 THz をカバーするテラフォトンクス光源を実現する。また、コンピュータ制御されたユーザーフレンドリーな光源とすることで、物性・生体等への応用研究の門戸を広く研究者に開放する。

さらに、周辺技術である検出や制御技術およびその応用システムまでの一連の研究を展開し、この電磁波スペクトル空間により生み出される新しい科学技術分野である「テラフォトンクス」の確立と体系化を計る。研究の内容は、テラフォトンクス用の光源、検出制御素子およびテラフォトンクス応用システムの研究の 3 つに大きく分けることができる。

まず、テラフォトンクス用広帯域周波数可変光源に関する研究では、研究対象となる各周波数領域固有の手法で周波数可変光源を開発する。これまでに、0.7 ~ 3 THz をカバーする LiNbO_3 結晶のポラリトンによるパラメトリック波長変換を用いたテーブルトップサイズの簡便なコヒーレント光源を開発し、高く評価されている。また、光注入法によりテラヘルツ波のスペクトル線幅をパルス波のほぼフーリエ変換限界（100 MHz 以下）に狭窄化を行うことに成功し、益々本光源の応用分光が期待される。さらに、THz 波の結合方式に半導体ブリズムカプラアレイを導入することで従来方式のシングルカプラに比べ約 6 倍の放射強度が得られ、分光、イメージングへの応用が容易となっている。並行して励起光源として LD 励起固体レーザーの開発を進めており、一体化することでより小型で実用的な全固体化 THz 波発振器を目指している。

次に、テラフォトンクス用検出・制御素子に関する研究では、光源の高品位化を達成するために、狭スペクトル化、低しきい値化および高出力化を計る。さらに、光波による電界検出素子の開発、および誘電体ドメイン超格子を用いた変調デバイスの開発を目指す。

テラフォトンクス応用システムに関する研究では、コヒーレント光源を用いた分光システム、およびイメージングシステムの開発を行う。さらに、それらのシステムを用いた情報通信や物性、生体などの幅広い分野へ展開を計り、「テラフォトンクス」を確立する。

国内外の研究動向として THz 帯は発生、検出ともに困難

であり、技術的に未発達な領域であるが、なかでも広帯域波長可変光源は、従来数種類の大規模装置に限られ、簡便な光源の開発が求められている。THz 帯で任意の波長を発生し得る光源は、自由電子レーザーおよび光電変換型光源のみである。前者はカリフォルニア大学（サンタバーバラ校）の有する大規模装置でのみ可能であり、利用できる研究者は少数である。後者はフォトミキサー上で光波帯レーザーを光混合し、差周波に相当する THz 波を発生する方式であり、MIT や関西通総研で研究されているが、フォトミキサーの破壊限界のために出力が極めて小さいことが課題となる。

他方、フェムト秒レーザーパルスを用いて、数百 GHz ~ 数 THz に跨る白色雑音に近い THz 電磁波の発生が近年盛んに行われており、その高い時間分解能を利用した時間領域分光法等への応用研究も近年盛んに進められているが、コヒーレントな相互作用には適さない。

このような背景の下、当研究チームは非線形光学効果を用いたコヒーレンシーの高い広帯域波長可変 THz 波光源の開発・応用を進めており、フェムト秒パルスによる手法とは全く異なる THz 波領域へのアプローチを行っている。

1. テラヘルツパラメトリック発振器の応用展開（南出）

我々が研究・開発を行っているテラヘルツ波パラメトリック発振器（TPO）は、小型で取り扱いも容易な広帯域連続周波数可変光源として各種テラヘルツ波（THz 波）応用分野で期待されている。本研究では、これまでに TPO の優れた性能を調べ、周波数 1.0 ~ 2.1 THz（波長 300 ~ 143 μm ）の範囲で安定して動作する THz 波光源に発展させ、THz 波分光や THz 波イメージングへの応用展開を行った。

TPO には非線形光学結晶として $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ を用い、THz 波強度の増大および波長可変域の拡大を図った。励起光源には、Q スイッチ Nd:YAG レーザー（発振波長: 1.064 μm 、繰り返し周波数: 50 Hz、出力パルス半値幅: 25 ns）を使用した。THz 波の発振周波数の可変操作は、励起光の結晶への入射角度を精密回転ステージ（ハーモニックドライブシステムズ社製ナノラジアンステージ；可変回転角: $\pm 3^\circ$ 、最小可変角度: 0.06 秒）で変化させて行った。本回転ステージを用いることで従来に比べ再現性が大きく向上した。

分光システムは、パソコン操作で簡単に計測することができるようにソフトウェアおよびコンピュータへのデータを取り込む際に必要な信号処理回路の基本部分を独自に開発し、TSS（Teraphotonics Spectroscopic System）として実現させた。これまでに、吸収スペクトルが既知の水蒸気、または塩化水素ガス（HCl 5% + He 混合ガス）を 870 mm 長のライトパイプ中に封入して常圧下にて分光測定を行い、報告されている文献と吸収スペクトルが良く一致している

のを確認した。また、生体と THz 波の相互作用が大きいことから生命現象の解明や医療などへの応用展開を考えており、鮭の DNA、アルブミン・グロブリンなどのタンパク質、チトクロム・クロロフィリンなどの色素など生体において重要な役割を有する試料から分光計測を始めている。まだ有意なスペクトルは観測されていないが、生体は多種多様であるため広く調査することが重要である。さらに、共同研究で湘南工科大学、日高建彦教授と THz 波導波路の研究を行っており、THz 波応用のキーデバイスの 1 つとして重要な成果を挙げている。今後、フォトダイナミクス研究センターの光生物研究チーム第 1 サブチームや、九州大学、田中桂一助教授など同所、他所研究機関との幾つかの共同研究を予定しており、TPO の利用が広まりつつある。

また、TPO の単色性と周波数可変性を利用して THz 波イメージングを行った。実験は、ポリエチレンとテフロンをそれぞれ“T”と“P”に型取り、茶封筒に入れて可視光では不透明な試料に対して、1.6 THz で“TP”，1.8 THz で“P”，さらにそれらの差分分光で“T”と強調させ可視化させることができた。

TPO は（有）パックスの協力を得て改良、光学系との一体化を計り、多方面の分野で利用できるように完成させた。

2. 全固体テラヘルツパラメトリック発生器の開発（今井）

従来、テラヘルツパラメトリック発生器（TPG）励起用光源には、フラッシュランプ励起固体レーザーが用いられてきた。このレーザーは、容易に高エネルギーのレーザー・パルスが得られる反面、フラッシュランプの動作寿命が短く、また高電圧を供給するための大型電源を必要とすることなどから実用上の制約を抱えていた。本研究では、より実用的なテラヘルツ波光源の開発を目的とし、半導体レーザー励起 Nd:YAG レーザーを励起光源とする超小型の光注入型テラヘルツ波パラメトリック発生器（is-TPG）の開発を行った。

is-TPG 励起用レーザーは、2 個の QCW-LD ($\lambda = 808 \text{ nm}$) を用いた側面励起型 Q スイッチ Nd:YAG レーザーで、波長、出力、パルス幅、繰り返し周波数は、それぞれ $1.0644 \mu\text{m}$ 、 10 mJ/pulse 、 6 ns 、 20 Hz である。使用した非線形光学結晶は、長さ約 65 mm の LiNbO_3 結晶、または $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 結晶 2 本である。Nd:YAG レーザー光は LiNbO_3 結晶で波長変換され、広い周波数スペクトルを有するテラヘルツ波とアイドラ波 ($1.0694 \sim 1.0723 \mu\text{m}$) を発生する。テラヘルツ波、アイドラ波の線幅狭く化を行うため、単一縦モード発振する Yb:ファイバーレーザー ($\lambda = 1070 \text{ nm}$) を用いて、アイドラ光への光注入を行った。走査型ファブリ・ペロー干渉計を用いてテラヘルツ波のスペクトル線幅を評価したところ、スペクトル線幅は光注入を行わない場合の約 $1/24$ に狭められ、その半値全幅は 33 GHz であった。さらに、シード光源を波長固定の Yb:ファイバーレーザーから外部共振器型の半導体レーザーに置き換え、テラヘルツ波長可変を実現した。波長ごとの位相整合条件を満たすため、回転鏡 1 枚と焦点を共有する 2 枚のレンズ ($f = 200 \text{ mm}$ 、 300 mm) を用いて、シード光ビームが $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ 結晶入射端面で 1 点を中心とした入射角変化を得よう光学系を構成した。外部共振器型半導体レーザーの波長を変えてテラヘルツ波の同調を行い、波

長可変範囲 $1 \text{ THz} \sim 2.3 \text{ THz}$ 、最大出力 40 pJ/pulse を得た。また、本光源の性能評価を兼ねて、本光源を水蒸気吸収スペクトル計測に応用した。温度 22°C 、湿度約 40% の大気が封入された長さ 50 cm のステンレスパイプヘテラヘルツ波を通し、水蒸気の吸収スペクトルを測定した。その結果、シード光波長測定による波長校正が可能であること、テラヘルツ波のスペクトル線幅はポンプ光線幅に制限される幅 50 GHz にまで狭帯域化されていることを確認した。本装置は、励起光源も含めた大きさが $30 \text{ cm} \times 65 \text{ cm}$ と従来型の is-TPG と比べ非常に小型である。

3. 周期ドメイン反転結晶を用いた擬似位相整合による 80～100 THz 帯波長可変光源の開発（水津）

バルクの LiNbO_3 結晶を用いて 3 THz 以上の高周波帯発生は、結晶中での吸収が大きく、パラメトリックゲインも低下するため困難である。本研究では周期ドメイン反転を施した LiNbO_3 結晶（Periodically Poled LiNbO_3 : PPLN）を用いた擬似位相整合光パラメトリック発振/発生（Quasi Phase Matched Optical Parametric Oscillator/Generator: QPM-OPO/OPG）を行うことで、遠赤外光～中赤外光（ $3 \sim 100 \text{ THz}$ ）の発生を目的とする。QPM-OPG への光注入を行うことで中赤外域でのモードホップフリー波長可変光発生に成功した。

PPLN 結晶に励起光を入射することで、シグナル波、アイドラ波が発生する。出力 2 波の波長は PPLN のドメイン反転周期および結晶温度に依存しており、エネルギー保存則および擬似位相整合条件が満たす光が発生する。共振器を組まない光学系では、出力 2 波長の線幅は $1 \text{ nm} \sim$ 数 nm であるが、光注入を行うことで 500 MHz 程度まで線幅の狭線化が可能である。また、光注入光源として可変波長レーザーダイオードを用いることで、光注入前の線幅の範囲内で同調が可能となる。典型的なシグナル波の波長はテレコム領域の $1.5 \mu\text{m}$ であることから、光注入光源として高性能なレーザーを使用可能という利点がある。モードホップフリーの光注入光源を用いること、OPG は共振器を持たない構造上波長変化において共振器の制御が不要なことから、モードホップフリーの中赤外光発生が可能となった。今回の実験に用いた励起光源は Nd:YAG レーザー（波長： $1.064 \mu\text{m}$ ）であり、縦モードシングル（パルス幅： 15 ns 、繰り返し周波数： 10 Hz ）、縦モードマルチ（パルス幅： 25 ns 、繰り返し： 50 Hz ）の 2 種類を用いた。ドメイン周期 $29.2 \sim 30.2 \mu\text{m}$ の PPLN を温度同調（ $50 \sim 240^\circ\text{C}$ ）することで、シグナル波（ $1.492 \sim 1.561 \mu\text{m}$ ）、アイドラ波（ $3.711 \sim 3.343 \mu\text{m}$ ）の発生を確認した。このときのアイドラ波周波数は約 $80 \sim 100 \text{ THz}$ に相当する。波長同調の容易さから、分光応用への転換が簡便であり、非常にコンパクトなシステムを構築可能である。そこで、 N_2O ガス分光を行い本装置の有用性を確認した。光注入光源の波長を 2 nm 走引することで、アイドラ波長を約 10 nm 走引することに相当し、 N_2O ガスの Q-ブランチ、R-ブランチ吸収を確認できた。また、アイドラ波の線幅を確認したところ、 500 MHz の線幅が確認された。

4. 光パラメトリック発振-共振器内差周波混合出力を用いた 35 THz 帯波長可変光源の開発（水津）

PPLN を用いた QPM-OPO/OPG によって波長 $7\text{ }\mu\text{m}$ 以上の遠赤外光を発生させることは、結晶中での吸収が大きい
ため困難である。中赤外光～遠赤外光の発生を行う有力な
手段として、差周波混合 (DFG) が挙げられる。本研究では、
遠赤外光～THz 波の発生を目的として、光パラメトリック
発振—共振器内差周波混合 (i-DFG) を採用した。i-DFG
の出力 2 波長を光源として、AgGaSe₂ 結晶中の差周波混合
による波長可変中赤外光発生に初めて成功した。

差周波混合の光源への要求として、2 波長の間隔を自由
に制御できること、2 波長のパルスの時間的な重なりが等し
いこと、2 波長の出力パワーが安定していることが挙げられ
る。光パラメトリック共振器内で差周波混合を行うことで、
上記の問題は解決される。本研究では、i-DFG 結晶として
PPLN を用い、光パラメトリック過程では通常の OPO と
して PPLN を動作させ ($\omega_p = \omega_s + \omega_i$)、差周波混合過程
では PPLN によりシグナル波を枯渇させるよう設計を行っ
た。 ($\omega_d = \omega_s - \omega_i$) 共振器はシグナル波に対し共鳴させた。
(Singly Resonant Oscillation for signal wave: SRO) 本方
式により、共振器内部で発生されたシグナル波はアイトラ
波および差周波の発生に費やされ、パルス OPO の問題点
であるポンプ波のバックコンバージョンを抑制する。さら
に、ポンプ 1 フォトンでアイトラ 2 フォトンが生成される
ことから、非常に効率の良い発振が行われる。また、差周
波の発生する時間は、シグナル波とアイトラ波のパルスの
重なり合う間であり、結果としてアイトラ波と差周波のパ
ルス波形はほぼ等しくなる。この 2 波長は差周波混合光源
として理想的である。

OPO-PPLN, DFG-PPLN はそれぞれドメイン周期
 $28.9\text{ }\mu\text{m}$, $33.15\text{ }\mu\text{m}$ とした。共振器ミラーの反射率はシグ
ナル波 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 帯に対し全反射とした。i-DFG 前後でのポン
プ波形を観測したところ、バックコンバージョンが抑制
されており、本方式の有用性が確認された。i-DFG 出力 2
波長により AgGaSe₂ 結晶中で差周波混合を行ったところ、
 $8\text{ }\mu\text{m}$ 帯での中赤外光発生が確認された。i-DFG 結晶の温
度を制御することにより、 $8\text{ }\mu\text{m}$ 帯差周波の同調が可能であ
り、 $7.926\text{ }\mu\text{m} \sim 8.426\text{ }\mu\text{m}$ ($38 \sim 35\text{ THz}$) の連続波長可変に
成功した。最終的な波長を確認するために水蒸気分光を行
い、水蒸気吸収線と理論的な波長が一致していることが確
認された。

5. テラヘルツ波パラメトリック発生器 (is-TPG) の出 力安定性 (川瀬)

光注入型テラヘルツ波パラメトリック発生器 (is-TPG)
は、共振器を持たないため発生周波数が共振器モードに制限
されず、連続的な波長可変性と出力安定性が得られる。本研
究では、MgO:LiNbO₃ 結晶を用いた is-TPG に外部共振器
型波長可変レーザー光を注入し、スペクトル線幅の狭く化
と広帯域波長可変性、および出力安定化を行った。is-TPG
は、長さ 60 mm の $5\text{ mol\%}$ MgO:LiNbO₃ 結晶 2 本とシリ
コンプリズムカップラ、励起光源である波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ 、単
一縦モード発振の Q スイッチ Nd:YAG レーザー、光注入
用の外部共振器型半導体レーザー (ECLD) で構成された。
ノンコリニア位相整合を満たす角度方向に発生するアイト
ラ波の波長と角度に合わせて外部共振器型半導体レーザー
(波長 $1.066 \sim 1.074\text{ }\mu\text{m}$, 出力 50 mW) を注入し、テラヘル

ツ波スペクトルを狭帯域化した。テラヘルツ波出力は、励
起光入力 20 mJ/pulse 以上で発生し、 35 mJ/pulse の入力
でこれまで最高出力の 1.3 nJ/pulse に達した。テラヘルツ
波の検出に用いる Si ボロメータの検出限界は 1 fJ/pulse で
あり、今回達成した出力は Si ボロメータ検出限界より 6 桁
大きいため、分光、イメージングなど幅広い応用が可能で
ある。is-TPG を減圧された大気中に含まれる水蒸気の分
光に応用し、出射パルスのフーリエ変換限界である分解能
 100 MHz での吸収スペクトル観測に成功した。 100 MHz の
分解能は、従来のフーリエ変換型赤外分光装置で安定的に
得ることは難しい。さらに is-TPG が発生するパルスのピー
ク値を連続的に 100 回計測して、そのばらつきを観測した
ところ、ばらつきの 2 乗平均は、励起光源、アイトラ波と
もに光注入を行わなかった場合が 26.7% 、励起光源への光
注入がなくアイトラのみ光注入された場合が 9.7% であった
のに対して、両方とも光注入を行った場合 4.1% にまで向上
し、光注入により周波数だけでなく出力安定性も大幅に向
上させることに成功した。また、テラヘルツ波とアイトラ
波の出力の相関を調べたところ、テラヘルツ波パルスとア
イトラ波パルスの相関係数は 0.95 と高く、テラヘルツ波出
力をアイトラ波出力で校正することが可能であることを確
認した。

Research Subjects and Members of Laboratory for Tera-Photonics

1. Narrow Linewidth Operation of Terahertz-Wave Para-
metric Generator by Injection-Seeding
2. Arrayed Silicon prism Coupler for a THz-Wave Para-
metric Generator/Oscillator
3. Development of THz-Wave Spectroscopic System Us-
ing TPO
4. Development of a Diode-Pumped Solid-State Laser for
TPG
5. Line-Width Narrowing for Nanosecond-PPLN-Optical
Parametric Generation (OPG) by Injection Seeding
6. Intra-Cavity Difference Frequency Generation in
Pulsed Optical Parametric Oscillators

Head

Prof. Hiromasa ITO

Research Scientists

Dr. Kodo KAWASE
Dr. Kazuhiro IMAI
Dr. Hiroaki MINAMIDE
Dr. Koji SUZU

誌 上 発 表 Publications

[雑誌]

(原著論文) * 印は査読制度がある論文誌

Kawase K., Shikata J., Imai K., and Ito H.: "Transform-
limited, narrow-linewidth, terahertz-wave parametric

- generator”, Appl. Phys. Lett. **78**, 2819–2821 (2001). *
- Ito H., Hatanaka T., Haidar S., Nakamura K., Kawase K., and Taniuchi T.: “Periodically poled LiNbO₃ OPO for generating Mid IR to terahertz waves”, Ferroelectrics **253**, 95–104 (2001). *
- Nakamura K., Hatanaka T., and Ito H.: “High output energy quasi-phase-matched optical parametric oscillator using diffusion-bonded periodically poled and single domain LiNbO₃”, Jpn. J. Appl. Phys. **40**, 337–339 (2001). *
- Imai K., Kawase K., and Ito H.: “A frequency-agile terahertz-wave parametric oscillator”, Opt. Exp. **8**, 699–704 (2001). *
- Sato A., Kawase K., Minamide H., Wada S., and Ito H.: “A tabletop terahertz-wave parametric generator using a diode-pumped solid-state laser”, Trends Opt. Photonics Ser. **50**, 456–460 (2001).
- Kawase K., Minamide H., Imai K., Shikata J., and Ito H.: “Injection-seeded terahertz-wave parametric generator with wide tunability”, Appl. Phys. Lett. **80**, 195–197 (2002). *
- Kawase K., Shikata J., and Ito H.: “Terahertz wave parametric source”, J. Phys. D **34**, R1–R14 (2002). *
- Shikata J., Kawase K., Taniuchi T., and Ito H.: “Fourier-transform spectrometer with a terahertz-wave parametric generator”, Jpn. J. Appl. Phys. **41**, 134–138 (2002). *
- Haidar S. and Ito H.: “Periodically poled lithium niobate optical parametric oscillator pumped at 0.532 μm and use of its output to produce tunable 4.6–8.3 μm in AgGaS₂ crystal”, Opt. Commun. **202**, 227–231 (2002). *
- 川瀬晃道, 四方潤一, 今井一宏, 伊藤弘昌: “光注入型 THz 波パラメトリック発生器”, レーザー研究 **29**, 452–456 (2001). *
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 佐藤篤, 伊藤弘昌: “連続周波数可変リング型 THz 波パラメトリック発振器”, レーザー研究 **29**, 744–748 (2001). *
- 今井一宏, 川瀬晃道, 南出泰亜, 伊藤弘昌: “ガルバノスキャナを用いた高速周波数可変テラヘルツ波パラメトリック発振器”, 信学技報 EMD2001-43, 59–64 (2001).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 佐藤篤, 伊藤弘昌: “新同調方法を用いた連続周波数可変リング型 THz 波パラメトリック発振器”, 信学技報 LQE2001-11, 61–66 (2001).
- 四方潤一, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: “テラヘルツ波の発生と制御 (招待論文)”, 電子情報通信学会論文誌 C **85**, 52–63 (2002). *

(総説)

- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: “テラフォトリクス光源: 波長可変 THz 波の発生と応用可能性”, 応用物理 **71**, 167–172 (2002).
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: “テラヘルツ波小型発生器の開発”, 自動車技術 **56**, No. 3, pp. 79–80 (2002).

(その他)

- 小山二三夫, 和田智之, 吉村政志, 平澤正勝, 森道昭, 趙聖学, 南出泰亜, 川瀬晃道, 松田一成, 野田進, 清水富士夫:

“CLEO/QELS 2001 報告: 7. THz 電磁波”, レーザー研究 **29**, 532–548 (2001).

口頭発表 Oral Presentations (国際会議等)

- Avetisyan Y. H., Sasaki Y., and Ito H.: “Analysis of THz-wave surface-emitted difference frequency generation in periodically poled lithium niobate waveguide”, 10th European Conf. on Integrated Optics (ECIO '01), Paderborn, Germany, Apr. (2001).
- Minamide H., Kawase K., Imai K., Sato A., and Ito H.: “A novel tuning method for a ring-cavity THz-wave parametric oscillator”, Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2001), (APS, LEOS, and OSA), Baltimore, USA, May (2001).
- Avetisyan Y. H., Kawase K., and Ito H.: “New approach for THz-wave difference frequency generation in surface emitting geometry”, Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2001), (APS, LEOS, and OSA), Baltimore, USA, May (2001).
- Kawase K., Shikata J., Minamide H., Imai K., and Ito H.: “Injection seeded THz-wave parametric generator with 100MHz linewidth”, Conf. on Lasers and Electro-Optics, Quantum Electronics and Laser Science Conf. (CLEO/QELS 2001), (Optical Society of America), Baltimore, USA, May (2001).
- Ito H. and Kawase K.: “Development of coherent tunable THz sources based on parametric processes”, 8th Int. Workshop on Femtosecond Technology (FST2001), (The Femtosecond Technology Research Association), Tsukuba, June (2001).
- Avetisyan Y. H., Weiss C., Torosyan G., Beigang R., and Ito H.: “Generation of narrow-band THz radiation via surface-emitted optical rectification in periodically poled lithium niobate”, 8th Int. Workshop on Femtosecond Technology (FST2001), (The Femtosecond Technology Research Association), Tsukuba, June (2001).
- Sato A., Kawase K., Minamide H., Wada S., and Ito H.: “Development of a compact THz-wave parametric generator system including a pump source”, 4th Pacific Rim Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO/Pacific Rim 2001), Chiba, July (2001).
- Kawase K., Shikata J., Minamide H., Imai K., and Ito H.: “Injection seeded THz-wave parametric generator (TPG) with wide tunability”, 4th Pacific Rim Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO/Pacific Rim 2001), Chiba, July (2001).
- Kawase K., Minamide H., Shikata J., Imai K., and Ito H.: “Widely tunable THz-wave parametric generator with 0.003cm⁻¹ linewidth”, 26th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves (IRMMW2001), Toulouse, France, Sept. (2001).
- Imai K., Kawase K., and Ito H.: “Frequency-agile terahertz-wave parametric oscillator/generator”, 9th Int. Conf. on Terahertz Electronics, (University of Vir-

- ginia), Charlottesville, USA, Oct. (2001).
- Ito H., Imai K., and Kawase K.: "Injection-seeded THz-wave parametric generator with 100MHz linewidth (invited)", 9th Int. Conf. on Terahertz Electronics, Charlottesville, USA, Oct. (2001).
- Kawase K., Minamide H., Imai K., and Ito H.: "THz spectroscopic system using injection seeded THz-wave parametric generator (IS-TPG)", 1st Int. Conf. on Biomedical Imaging and Sensing Applications of THz Technology (BISAT2001), Leeds, UK, Nov.-Dec. (2001).
- Hidaka T., Minamide H., Ito H., Morihashi I., Maeta S., and Komori K.: "Transmission characteristics of PVDF polymer light pipes for coherent THz wave", 5th Int. Symp. on Contemporary Photonics Technology (CPT 2002), Tokyo, Jan. (2002).
- Ito H., Taniuchi T., and Kawase K.: "Tunable terahertz wave generation and its applications (invited)", 5th Int. Symp. on Contemporary Photonics Technology (CPT 2002), Tokyo, Jan. (2002).
- (国内会議)
- 中村孝一郎, 平間淳司, 宇佐美威, 伊藤弘昌, 北村健二: "擬似位相整合光パラメトリック発生の高出力化", 電子情報通信学会レーザ・量子エレクトロニクス研究会, 金沢, 5月 (2001).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 佐藤篤, 伊藤弘昌: "新同調方法を用いた連続周波数可変リング型 THz 波パラメトリック発振器", 電子情報通信学会レーザ・量子エレクトロニクス研究会, 金沢, 5月 (2001).
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "広帯域波長可変テラヘルツ光源", 第 87 回光・量子デバイス技術委員会, 東京, 8月 (2001).
- 今井一宏, 川瀬晃道, 南出泰亜, 伊藤弘昌: "ガルバノスキャナを用いた高速周波数可変テラヘルツ波パラメトリック発振器", 電子情報通信学会レーザ・量子エレクトロニクス研究会, 仙台, 8月 (2001).
- 平間淳司, 中村孝一郎, 谷内哲夫, 伊藤弘昌: "周期位相反転 PPLN によるマルチ波長動作光パラメトリック発振器", 平成 13 年度電気関係学会東北支部連合大会, 本荘, 8月 (2001).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 伊藤弘昌: "THz 波パラメトリック発振器を用いた自動計測分光システム", 第 62 回応用物理学会学術講演会, 豊田, 9月 (2001).
- 水津光司, 宇佐美威, 中村孝一郎, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "ナノ秒 PPLN 光パラメトリック発生 (OPG) への光注入による狭線化", 第 62 回応用物理学会学術講演会, 豊田, 9月 (2001).
- 川瀬晃道, 南出泰亜, 今井一宏, 伊藤弘昌: "光注入型 THz 波パラメトリック発生器 (IS-TPG) の出力安定性", 第 62 回応用物理学会学術講演会, 豊田, 9月 (2001).
- 佐藤篤, 今井一宏, 川瀬晃道, 南出泰亜, 和田智之, 伊藤弘昌: "全固体小型 THz 波パラメトリック発生システム (II)", 第 62 回応用物理学会学術講演会, 豊田, 9月 (2001).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "実用的な広帯域連続周波数可変テラヘルツ波光源の開発", 日本化学会第 40 回 ESR 討論会, 大阪, 10月 (2001).
- 佐々木雄三, Avetisyan Y., 平間淳司, 中村孝一郎, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "周期分極反転 LiNbO₃ を用いた表面 THz 差周波発生", 応用物理学会東北支部第 56 回学術講演会, 米沢, 12月 (2001).
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "広帯域波長可変 THz 光源とそのイメージングへの応用可能性", 学術創成研究第 1 回フォノン工学研究会, 仙台, 2月 (2002).
- 水津光司, Komine H., Haidar S., 宇佐美威, 中村孝一郎, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "PPLN-共振器内差周波混合法を用いた 35 THz 帯波長可変光源の開発", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3月 (2002).
- 佐々木雄三, Avetisyan Y., 平間淳司, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "PPLN を用いた差周波混合による表面放射型 THz 波発生", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3月 (2002).
- 平間淳司, 水津光司, 中村孝一郎, 伊藤弘昌: "周期位相反転 PPLN を用いた光パラメトリック発生における二波長シグナル狭線化", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3月 (2002).
- 今井一宏, 佐藤篤, 南出泰亜, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "全固体波長可変 THz 波パラメトリック発生器", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3月 (2002).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 伊藤弘昌: "単色周波数可変 THz 波光源によるイメージング", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3月 (2002).