

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信

Vol.10 , No.2

テラヘルツテクノロジーフォーラム設立10年目を迎えて

テラヘルツテクノロジーフォーラム会長 阪井清美

2003年の10月1日にテラヘルツテクノロジーフォーラムが発足して10年目に入っている。この年の12月2日に東京国際フォーラムで設立記念講演会が開催され、200名近い入場者があった。この時の基調講演者として大阪大学の岸本忠三学長(1998年に文化勲章受章)と、米国 Caltech/JPL の Peter H. Siegel 博士のお二人を招待して講演していただいた。その後お二人とは時々交流があり、先ずはその交流からきっかけをつかんだ話をもとに書く事にする。

岸本先生と筆者は同じ年の生まれで同じ年に大阪大学に入学した。学部は医学部と工学部だが、教養時代は大阪の南の方から来る学生のために用意された旧制大阪高等学校の学舎に通っていた。比較的狭い空間で学生数も少なかったためなんとなく顔は見知っていた。記念講演会の後、筆者のテラヘルツ (THz) の本を贈ると、岸本先生からは「私の履歴書」(日本経済新聞社) が送られてきたので読んでみると、強く印象に残る部分があった。それは我々昭和33年度入試組の合格発表があった将にその日から、朝日新聞の夕刊に湯川秀樹先生の随筆「旅人」が掲載され出したという部分であった。受験勉強をする必要もなくなり時間的余裕も出来たため、毎日、夕刊が来るのを心待ちにしてむさぼるようにして読んでいた事を思い出した。岸本先生も始めは物理学の方に進みたいと思っておられたらしいが、父上に医学者になれといわれて医学の方に進んだと書かれてあった。我々が高校生の頃、湯川先生のノーベル賞受賞後数年経っていたが、湯川・朝永・坂田・早川……といった雲上人のような先生方の名前が頻繁に新聞紙上に見られ(南部先生は1952年に渡米されていたので、新聞紙上に名前が見られなかった)、我々前後の若者は大きな希望を持った。余談であるが我々と同じ年でノーベル賞受賞者が二人出ている。利根川氏と益川氏のお二人で、益川氏は坂田先生や早川先生に師事された。もう一人の Peter H. Siegel 博士については、最初の頃はあまり親しくはなかったが、その後米国への技術視察の折に JPL / Caltech. で会うようになるなど次第に親しくなっていた。そして一昨年韓国で始まった THz-Bio プロジェクトの国際評価委員に共に選ばれて毎年顔を合わすようになったが、その2回目の昨年、彼は遅れてやってきたので飛行機の遅延だと思い言葉をかけると、仕事が忙しく2~3日寝ていないのだと言っていた。さらに話をしていると、この狭い THz 領域の短波長の光側と長波長の電波側から強いアプローチがありストレスを感じている風であったが、彼としては強い口調で“---- but it's new.”と言った。筆者もこの THz 領域について、常に新しく魅力ある領域だと思っている。

先ずはここまでの原稿を書いて IRMMW-THz2012 会議に出席するためオーストラリアへでかけた。同国際会議の中日に行われたシドニー湾での Conference Dinner Cruise の船中で、Xi-Cheng Zhang 教授が Ieee spectrum に「THz 技術が必ずしもバラ色ばかりではない」というような記事が出ていたとあってその雑誌をかしてくれた。そこに掲載されている記事を読んで先ず感じた事は、1980年代の中頃に Proc.

IEEE に掲載された Source Review に似ているという事であった。あれから 30 年近く経っている。そして 1990 年代以降の THz ブームに乗って確かに色々な光源や検知器が出てきた。応用の提案もいくつかなされた。そこだけを見ていると確かに華やかに見える。しかし THz 波を応用しようとすると、水や大気中水蒸気の吸収による THz 波の大きな減衰、光源の変換効率の悪さ、高周波側での THz パワーの急峻な (f^{-2}) 落ち込み、微小構造による大きな熱の発生、等々越えなければならない高いハードルが待ち受けている。それでもこの未開拓領域を開拓しようとする我々は、高いハードルを越えるか回避する知恵を出しながら前に進まなければならない。過去の研究成果もよく調査し、現在のテクノロジー(例えばスーパーコンピュータ、京)もうまく利用しながら、少しでも前に進んでもらいたいと思っている。THz 波の応用についても色々考えられて、すぐにもキラーアプリが見つかるように思われたが、この点でも苦心していて色々な方面からのアプローチがなされている。本文の最後の付記(今回は会議報告がないので、この形で入れた)のところに示した、IRMMW-THz2012 の Student Award(これは学生というより研究室の Competition のようなもの) に選ばれた 6 つの研究はいずれも、考えうるリーズナブルなアプローチだと思われる。

最後に、我が国の限られた国家予算の中で THz 分野で最大限の成果を挙げて行くために、予算配分にも一工夫を求めたい。実験系の場合ある程度実験室が整備出来れば、何年間かはさほど大きな予算を続けて獲得する必要のない場合が多い。予算獲りばかりに奔走して成果がいまいちという場合には、何年間かの雌伏期間も必要であろう。予算の少ない間に色々な工夫をして次の花を咲かせる事を考えるべきである。また良いアイデアをもっている人をできるだけさがして予算をつけ、この分野に貢献してもらいたいと思っている。

10 年目の今年、11 月末に奈良で開催される FTT2012 は、THz テクノロジーのこれまでとこれからを考える良い機会になると思われるので、関係・関心のある出来るだけ多くの方々に参加していただき、真剣な討論を期待したい。

ここまで書き終えた時、山中伸也教授のノーベル賞受賞の報が流れた。革命ともいわれるその研究業績、志の高さ、チャーミングな人柄、そのいずれをとっても他を圧倒しているように思える。我々の世代が湯川先生を始めとする先生方を手本にしたように、今の若い人たちもきっと彼から良い影響を受けて育つだろうと思っている。

付記 :

IRMMW-THz2012 の Student Award に選ばれた 6 つの研究

- Da Hye Choi, 'Fluid phase lipids revealed by THz spectroscopy'
- Kihoom Eom, 'Irradiative damage characterization of a lysozyme during high power THz ablation using MALDI-TOF mass spectroscopy'
- Maksim Zalkovskij, 'Anisotropic anti-rod dimer metamaterial film for terahertz polarization manipulation'
- Heiko Fueser, 'Using THz frequency combs generated from unstabilized femtosecond lasers for near-and far-field characterization of GHz and THz emitters'
- Beradi Sensale-Rodriguez, 'Exceptional tunability of THz reflectance in graphene structures'
- Keita Yamaguchi, 'Observation of Spontaneous Spin Reorientation in ErFeO with Terahertz Time Domain Spectroscopy'

会長の阪井清美先生が、2013 年度の Kenneth J Button 賞を授与される事が決まりました。メダルの授与と受賞記念講演は、来年開催の IRMMW-THz2013 (Mainz, Germany) にてとり行われます。

ノンコリニアな電気光学サンプリングによるテラヘルツ波検出技術

福井大学遠赤外領域開発研究センター 谷正彦, 山本晃司

1. はじめに—電気光学サンプリングの本質—

我々の研究室では、ノンコリニア（非共軸）なビーム配置におけるテラヘルツ波の電気光学（EO）サンプリングの研究に取り組んでいる。本報告ではその原理と最近の成果について紹介する。

EO サンプリングは光伝導アンテナによる光伝導サンプリングと並んで、フェムト秒レーザーで発生したテラヘルツ（THz）波パルスの時間波形検出に広く用いられている。THz 波の EO サンプリングの現象論的な説明は、THz 波が EO 結晶に入射すると、その電界により非等方的にその屈折率が変化し、THz 波と同期して EO 結晶に入射したサンプリング光パルスの偏光が位相遅延により変化するので、その偏光変化を偏光素子で光強度変化に変換して、THz 波の電界をサンプリング検出するというものである。しかし、DC 電界ではなく、有限の周波数をもった THz 波による EO 効果は、THz 波とサンプリング光波との和周波発生（Sum Frequency Generation, 略して SFG）もしくは差周波発生（Difference Frequency Generation, 略して DFG）過程として理解されるべきである。通常の EO サンプリングでは SFG もしくは DFG が入射するサンプリング光の偏光方向と直交する偏光を持つように EO 結晶の方位およびサンプリング光の偏光方向を設定する。そうすることによって、入射サンプリング光と偏光が直交する SFG 光（または DFG 光）の重ね合わせの結果、偏光状態は直線偏光から楕円偏光になる。この変化を波長板や偏光子を用いて強度変化として検出するのである。

2. ヘテロダイン EO サンプリング

一方、発生する SFG 光（または DFG 光）の偏光が入射サンプリング光と平行な場合は、偏光状態は変化しない。しかしその強度は位相関係に依存した光波干渉の結果、増減することになる。SFG 光と DFG 光は相互作用する THz 波の波数ベクトルが互いに逆向きであるため、その位相も 180 度ずれている。このため SFG 光と DFG 光はコリニア（共軸）なビーム配置では互いに相殺し合い、上に述べた光波干渉による強度変化は非常に小さなものになる。このような偏光変化によらない、直接サンプリング光の強度変調を用いる EO サンプリング法は 2011 に Kovalev と Kitaeva が Energy Sensitive EO sampling と呼んで、報告している [1] が、検出感が低いためにあまり注目されなかった（筆者も最近まで知らなかった）。

しかし、もしノンコリニアなビーム配置を用いて EO サンプリングを行えば、図 1 に示すように SFG 光と DFG 光は異なる角度方向に放射されるため、それぞれに対応した光波干渉は空間的分離され、相殺されることなしに大きな強度変化として検出されることになる。この原理を用いた EO サンプリング法を我々は「ヘテロダイン EO サンプリング」と呼んでいる。

3. チェレンコフ位相整合

さて、差周波発生や光整流効果を利用した THz 波の発生においては、非線形結晶媒質中での励起レーザーの伝搬速度に対して THz 波の伝搬速度が遅い場合には、THz 波はレーザービームに対して円錐状波面を形成して放射される。このチェレンコフ放射と呼ばれる放射過程では、THz 波の波面とレーザー光のビーム軸交点がレーザー光と同じ速度で進むため、傾斜波面に対して位相整合（チェレンコフ位相整

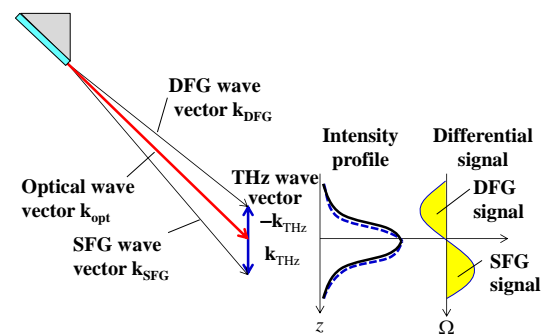


図 1. ヘテロダイン EOS における波数ベクトル整合と信号の空間分布

合) 条件が成立しており, チェレンコフ位相整合の方向に THz 波が効率的に放射される。EO サンプリ
ング検出は THz 波放射の逆過程とみなすことができるので, チェレンコフ位相整合角で THz 波とサンプ
リング光を交差させれば, コリニアな状態では位相整合が得られない LiNbO₃ (LN) のような THz 帯
で大きな屈折率をもつ非線形光学結晶でも, チェレンコフ位相整合により高効率な THz 波の EO サ
ンプリングを行うことができる。

4. チェレンコフ位相整合ヘテロダイン EO サンプリング

チェレンコフ位相整合による EO サンプリングと
ヘテロダイン EO サンプリングを組み合わせるこ
とで, 偏光素子を用いない, EO サンプリングを実現
できる。図 2 にヘテロダイン方式によるチェレンコフ
位相整合 EO サンプリングの実験配置図を示す。EO
サンプリング素子として, Si プリズムに結合した LN
結晶を用いる。Si プリズムを用いることで THz 波と
の結合効率を高め, LN 結晶中での吸収を低減する
ことができる。図 3 はチェレンコフ位相整合ヘテロ
ダイン EO サンプリングによる THz 波時間波形である。
その検出効率は, 800nm 帯でのコリニアな EO サ
ンプリング素子として最も効率がよいとされる ZnTe
結晶を用いた場合と同等もしくはそれ以上である。

ヘテロダイン EO サンプリングでは, サンプリ
ング光の検出に用いるフォトダイオードの位置を調整
することで, SFG (図 3 の PDA 波形に対応) および
DFG (図 3 の PDB 波形に対応) それぞれに対応す
る THz 波の EO サンプリング信号を検出することが
できる。両者の波形は互いに位相が逆であるため,
波面分割により信号の差分検出を行うと, 信号強度
は約 2 倍になり, 同相ノイズが相殺されてノイズも
低減され, 結果として信号対雑音比が改善される。

5. 金属 V 溝導波路を用いた EO サンプリング検出感 度の増強

さて, このような新規な EO サンプリング法の開
発に加え, 我々の研究グループでは金属導波路を用
いた EO サンプリング検出感度の増強法の研究にも
取り組んでいる。図 4 のようなテーパー付金属導波
路 (我々は金属 V 溝導波路と呼んでいる) を用いて
THz 波を幅の狭い平行平板導波路に導くことで,
THz 波の電界を増強することができる。平行平板
導波路内にチェレンコフ位相整合 EO サンプリ
ングに用いる Si プリズム結合 LN 結晶 (Si/LN) を薄く
して挿入し, 金属導波路内で増強された THz 波を検
出することができれば, EO サンプリング信号は電場
増強率に比例して増大する。我々が行った実験では,
薄い (D= 0.1mm) Si プリズムプレートを平行平板

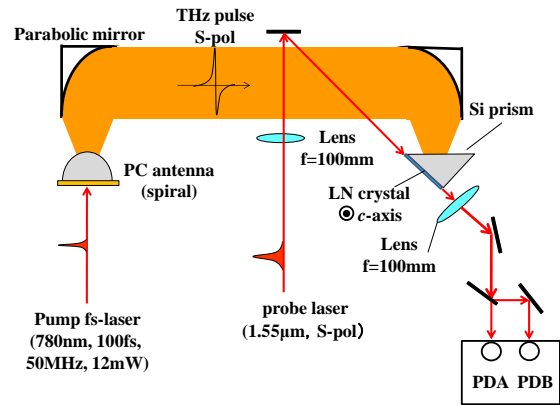


図 2. チェレンコフ位相整合ヘテロダイン EO サンプ
リングの実験配置図。

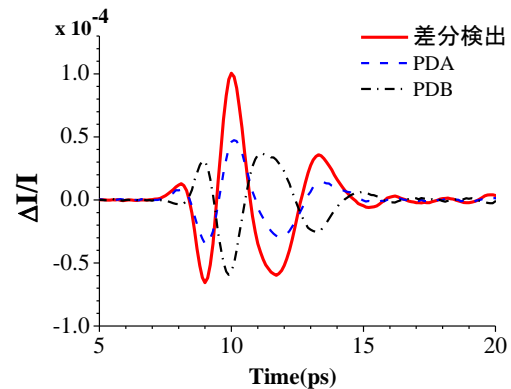


図 3. チェレンコフ位相整合ヘテロダイン EO サンプ
リングによる THz 波時間波形。

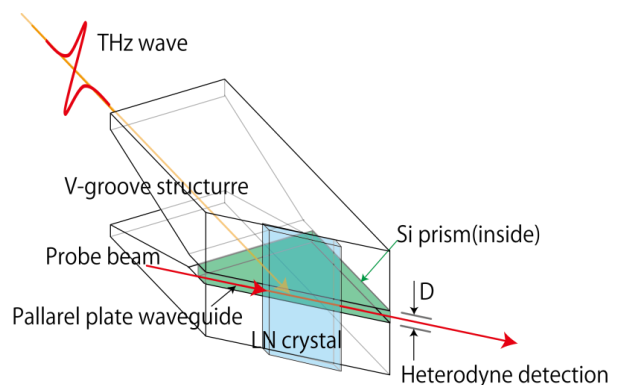


図 4. 金属 V 溝導波路構造を用いた EO サンプリ
ング素子

導波路内に挿入し、平行平板導波路の出口にスラブ型の LN 結晶導波路（導波路厚さ 40 μm 、名古屋大学の川瀬教授提供）を張り付けた状態で測定を行った。その結果を図 5 に示す。

金属導波路を用いず、通常の Si/LN 素子を用いた波形と比較すると約 20 倍のピーク信号増強が得られているのが分かる。バルクの LN 結晶を用いた同様な条件での測定では約 10 倍のピーク信号増強が確認されている。現在、導波路幅が 0.1mm 程度であるが、より幅を狭くし、LN 結晶を導波路内部に挿入する構造にすることで、検出感度はさらに向上すると思われる。

なお、金属 V 溝導波路による EO サンプリグ検出感度の増強法は、我々の共同研究者である栗原（福井大学教育地域科学部）による発案である。

6. おわりに

チェレンコフ位相 EO サンプリグの利点はチェレンコフ

位相整合角を調整することで、どのようなサンプリグ光波長にも適用できることである（図 3 の THz 波は 1.55 μm 帯発振のフェムト秒ファイバーレーザーを用いて検出した）。また、吸収・分散が小さい Si プリズムを空間結合素子として用いることで、LN 結晶のような THz 帯吸収が強い非線形光学結晶でも用いることができる。さらにヘテロダイン EO サンプリグを用いることによって、LN 結晶のような複屈折性の強い結晶でも、複雑な複屈折補償の光学系および偏光制御素子を用いることなく、高効率な EO サンプリグを実現できる。

金属導波路を用いた EO サンプリグ検出感度の増強法はコリニアな EO サンプリグにも適用できる。現在、より薄い EO 結晶を準備して、より大きな感度増強を得るための実験を進めているところである。

最後にヘテロダイン EO サンプリグ法が生まれた経緯について触れておく。当初 LN 結晶を用いたチェレンコフ位相整合 EO サンプリグでは、LN 結晶固有の複屈折を補償するために、サンプリグ光は LN 結晶を透過したあと、波長板を使ってその偏光を 90 度回転させたのち、ビームを折り返して入射したときと同じ経路で LN 結晶内を逆向きに透過させる必要があった。そのため光学系が複雑になり、そのアラインメント調整にも骨がおれた。実験を行っているうちに、面倒なので上記のような複屈折の補償光学系を使わずに EO サンプリグ検出してみたところ、検出されるはずのない信号が検出された。しかも波長板や偏光子を使わなくても信号が検出されるのである。通常理論ではどうにも説明がつかない。いろいろ考えた挙句に辿りついたのが冒頭で示したヘテロダイン EO サンプリグ検出の原理である（詳細は文献[2]を参照）。その理論の枠組みはほぼ出来上がっているが、検出波形が通常の EO サンプリグと異なっており、また検出帯域が通常よりも広がる傾向があることなど、うまく説明がつかない部分もあり、まだ謎解きは完全には終わっていない。現在、我々のもう一人の共同研究者であるニジニーノブゴロド大（ロシア）のバクノフ教授の協力も得て、完全な理論モデルの構築に取り組んでいるところである。

参考文献

[1] Kovalev and Kitaeva, JETP Lett. **94**, 91, (2011)

[2] 谷正彦, バクノフ・マイケル, 山本晃司, 堀田和希, 木下徹也, 永瀬友大: 「ヘテロダイン電気光学サンプリグによるテラヘルツパルス波の検出」, 電気学会論文誌 A 部門誌 (IEEJ Transactions on Fundamentals and Material), 2012 年 9 月号 (Vol.132, No.9, テラヘルツ波特集号), pp. 727-733.

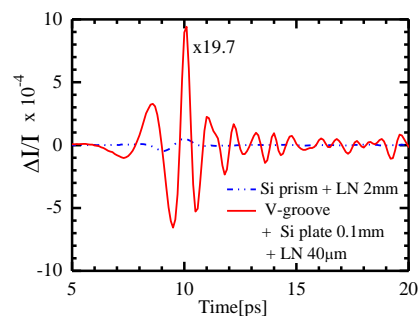


図 5. テーパー付金属平行平板導波路構造を利用した THz 波の EO サンプリグの信号増強

研究室紹介

独立行政法人 理化学研究所 テラヘルツ光源研究チーム

(URL <http://www.riken.go.jp/lab-www/tera/>)

現在、理化学研究所（理研）におけるテラヘルツ波研究のほとんどは、仙台支所で実施されており、テラヘルツ光研究グループとして3チーム）が2005年10月より発足し、国内外でも稀なテラヘルツ波研究のみにフォーカスした特徴ある支所です。（他2チームは、テラヘルツイメージング研究チーム：大谷知行 TL、テラヘルツ量子素子研究チーム：平山秀樹 TL。）

当チームは、非線形光学効果を用いた高出力テラヘルツ波光源、高感度テラヘルツ波検出の開発、およびテラヘルツ波先端応用の開拓をテーマに研究を行っています。これらの研究の礎は、伊藤弘昌先生（東北大学名誉教授）によって、東北大学での基礎研究および、理化学研究所での10年以上におよぶ優れた研究によって成され、非線形光学効果を利用したテラヘルツ波研究の道を拓かれました。

筆者は、東北大学で博士号を取得後、理研テラヘルツ波研究プロジェクトのほぼ最初（1999年）から研究チームに加わり研究活動を行ってきました。2010年10月より、チームリーダーに就任し、よりテラヘルツ波研究を発展させるべく、現在精力的に活動を行っています。特に、『高性能』『高機能』『実用的』をテラヘルツ波デバイス開発の基本として研究に取り組んでいます。具体的な研究テーマは、主に次の通りです。

- ① 高出力・狭線幅・広帯域周波数可変テラヘルツ波光源の開発（THz波パラメトリック光源、有機非線形結晶を用いた差周波テラヘルツ波光源など。出力はkW級。）
- ② 室温動作・高感度非線形波長変換テラヘルツ波検出技術の開発（感度は4Kボロメータ級）
- ③ 波長可変光源を用いたテラヘルツ波計測技術の開発（テラヘルツ波偏光計測技術など）
- ④ その他：テラヘルツ波応用の開拓、新規非線形材料の開発など

当研究チームには、バックグラウンドの異なる様々なスタッフがいます。それぞれの知識・知恵と個性を出し合って、テラヘルツ波研究分野の発展に貢献してゆきたいと考えています。

昨年3月には大震災に遭いましたが、スタッフの懸命な復旧作業により、研究が比較的早く再開できる環境ができました。最近では、kW級のピーク値を持つテラヘルツ波光源開発の成功など、徐々に成果も出てきています。

理研仙台支所は、青葉山のほぼ山頂にあり、鹿、雉、時には熊なども出没するなど、自然豊かな環境にあります。仙台にお越しの際には、是非、当チーム・当支所へお気軽にお立ち寄りください。



南出泰亜 (minamide@riken.jp)

テラヘルツ関連会議報告

第4回テラテクビジネスセミナー (THz-Biz @JASIS 2012)

浜松ホトニクス 高橋宏典

2012年9月6日に幕張メッセにおいて、テラヘルツテクノロジーフォーラム主催で第4回テラテクビジネスセミナー THz-Biz @JASIS 2012を開催しました。このセミナーは前回までは毎年1月に秋葉原で開催してきましたが、今回からテラヘルツ関連装置が多く出展される展示会 JASIS (旧名称「分析展」) のコンファレンスの一つとして開催することに変更しました。

今回のテーマは、「テラヘルツ分光・分析技術および応用展開の最前線」であり、定員80名に対して60名の参加者がありました。参加費は以前より値上げしましたが、プレゼン資料を当日に配布することによって付加価値が高められたと思います。

第1部は2件の講演がありました。大阪大学レーザーエネルギー学研究中心・萩行正憲教授は、「テラヘルツ技術の最前線」を講演されました。近年、研究者が爆発的に増えて、コンポーネント・システム開発も活発化して多様な応用も提案されているが、安価な光源・検出器は十分ではなく、今の延長線では大規模な産業化までには時間がかかる。まずは小さなマーケット開発から進める必要がある、と指摘されました。NTTマイクロシステムインテグレーション研究所・味戸克裕氏は、「テラヘルツ分光イメージング技術」として、バイオ・メディカル応用を目指したテラヘルツ化学イメージングを紹介しました。具体的には、錠剤中における医薬分子の結晶多形の二次元分布の測定が可能になった、ファモチジンの THz ピークが水素結合であることがわかった、氷中での塩の特有なピークイメージを得ることができた、などの内容をご説明されました。

第2部は、「テラヘルツ分光・分析システム構築のためのコンポーネント」として、複数名の講師によるリレー講演および質疑応答を兼ねたパネルディスカッションが実施されました。モデレータの理化学研究所・大谷知行氏は、最近、各社から様々な THz-TDS システムが販売され、システムとしての完成度が高まって、一般的な分析装置のレベルになってきている、そこで、これらの装置に使われる様々なコンポーネントについてももう少し深く議論したい、と討論を開始しました。アイシン精機・大竹秀幸氏は、フェムト秒ファイバーレーザーの特長・応用事例と、そのレーザーを用いて試作した多層膜厚測定器を紹介しました。浜松ホトニクス・黒柳和良氏は、光伝導アンテナの構造・動作原理・典型的な測定結果を紹介しました。NEC 誘電光電事業部・小田直樹氏は、NICT の委託研究で開発した THz カメラを用いて様々な THz 光源を測定した時に得られたイメージを示すとともに、量子カスケードレーザーと組合せたリアルタイム透過型 THz 顕微鏡のシステムを紹介しました。大阪大学・永井正也准教授は、精密加工技術を THz 光学素子へ応用した事例を紹介しました。安価で使い易いようにカスタマイズされており、日本発の THz 素子の規格を立ち上げることを目指しているとのこと。アドバンテスト・今村元規氏は、自社のテラヘルツ・システムの性能を高めるためのオリジナルな取り組みとして、2台のファイバーレーザーを用いる光サンプリング方式による高速・高ダイナミックレンジ測定と、チェレンコフ方式 THz 光源を用いた TOF トモグラフィ解析システムを紹介しました。会場からは、導波路を適用する場合の優位性、海外政府のファンディングの状況に関する質問などがあり、その他、モデレータからの問題提起に対して活発な議論が行われました。

本セミナーは今後も JASIS のコンファレンスとして継続して開催する予定であり、分析分野においてテラヘルツ波装置が広く適用されていくことが期待されます。

最後に、セミナー開催の案内の回覧を快く引き受けてくださいました(株)オプトロニクス社、ならびに、(株)東京インスツルメンツの関係各位に深く御礼申し上げます。



国内会議 ・ 国際会議 予定

(<http://www.terahertzjapan.com> 掲載)

2012年

- International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT 2012)
Nov. 27-29, 2012 (Nara, Japan)
<http://www.ftt2012.com/>
- The 3rd International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano III)
Dec. 10-12, 2012 (Hawaii, USA)
http://nanojapan.rice.edu/nr_events_2012%20PIRE%20Mtg.shtml

2013年

- テラヘルツ応用システム研究会
Jan. 17, (Musashino, Japan)
<http://www.ieice.org/es/thz/meeting130117.html>
- SPIE BiOS: Terahertz and Ultrashort Electromagnetic Pulses for Biomedical Applications
Feb. 2-7, 2013 (San Francisco, USA)
http://spie.org/app/program/index.cfm?fuseaction=conferencedetail&export_id=x13090&ID=x7777&redir=x7777.xml&conference_id=1013088&event_id=896196&programtrack_id=1030902
- TeraHertz: New opportunities for industry, How the TeraHertz revolution impacts your business
Feb. 11-13, 2013 (Lausanne, Switzerland)
<http://www.formation-continue-unil-epfl.ch/wp-content/uploads/12213091-terahertz-new-opportunities.pdf>
- International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology 2013 (OTST 2013)
April. 1-5, 2013 (Kyoto, Japan)
<http://www.tanaka.icems.kyoto-u.ac.jp/otst2013/index.php>
- Symposium: "Terahertz Technology for Problem Solving in the 21st Century" ACS National Meeting, Chemistry of Energy & Food
April 7-11, 2013 (New Orleans, USA)
- CLEO:2013
June. 9-14, 2013 (San Jose, USA)
<http://www.cleoconference.org/home/>
- 7th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-7)
June 9-14, 2013 (Kobe, Japan)
<http://www2.convention.co.jp/icavs7/index.html>
- The 38th International Conference on Infrared, Terahertz and Millimeter Waves (IRMMW-THz 2013)
Aug. 25-30, 2013 (Mainz, Germany)
http://www.theconference2013.com/flyer_IRMMW2013_4web.pdf

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信 Vol.10, No.2 350部 無料

発行日 2012年11月13日

企画・編集 川瀬 晃道 (名古屋大学)

メール: kawase@nuee.nagoya-u.ac.jp

発行 テラヘルツテクノロジーフォーラム事務局

〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3

大阪大学 大学院基礎工学研究科 物質創成専攻 未来物質領域 芦田研究室内

Tel: 06-6850-6507 Fax: 06-6850-6509

E-mail: teratech@terahertzjapan.com <http://www.terahertzjapan.com>