

「THz 量子カスケードレーザー」

枝村忠孝*、藤田和上*、秋草直大**、山西正道*
浜松ホトニクス（株）中央研究所*、開発本部**

1. はじめに

量子カスケードレーザー (Quantum Cascade Laser; QCL) は半導体量子井戸中に形成される量子準位 (サブバンド) 間の光学遷移を利用した中赤外から THz 領域の広い波長範囲をカバーする半導体レーザーである。サブバンド間で光増幅が可能であることは GaAs/AlGaAs ダブルヘテロ構造で室温連続発振が達成¹⁾された翌年の 1971 年に R.Kazarinov と R.Suris によって示された²⁾。しかしながら超高速で起こる非発光遷移過程との競合が不可避であり、レーザー発振に必要な反転分布を形成することが極めて困難であることから、長らく実現は不可能と考えられていた。ところが 1994 年、J.Faist、F.Capasso らは InGaAs/InAlAs を用いて波長 4.2 μm で初めてレーザー発振に成功し³⁾、これを量子カスケードレーザーと名付けた。彼らは共鳴トンネル効果を用いて効率的に発光上位準位に電子を注入し、且つ極性縦光学 (LO) フォノン散乱を利用して超高速に発光下位準位から電子を引き抜くことにより実効的な反転分布を実現し、レーザー発振に成功した。当初は液体窒素温度の低温動作に限られていたが、2002 年に J.Faist らにより室温 CW 発振が達成された⁴⁾。一方、発振波長が LO フォノンのエネルギー以下となるような THz 領域の量子カスケードレーザーは 2002 年に波長 4.4THz ($\sim 68\mu\text{m}$) で初めてレーザー発振に成功した⁵⁾。現在では 2.6 μm ⁶⁾から 1.2THz⁷⁾という中赤外から THz 領域まで非常に広い波長範囲でレーザー発振が達成されている。特に波長 4 \sim 10 μm の中赤外領域では既に研究開発のフェーズを脱し、図 1 に示すように実用的汎用半導体レーザーとして浜松ホトニクスを含む複数のメーカーから販売されており、各種分析装置への実装⁸⁾も行われている。

2. 量子カスケードレーザーの特徴

図 2 に典型的な三つのサブバンドからなる量子カスケードレーザーの活性領域の伝導帯におけるバンド図を示す。発振波長は E_3-E_2 で決定され、 E_2-E_1 は電子を高速緩和させるために多くの場合、LO フォノンのエネルギーに共鳴 (35 \sim 40meV) するように設計される。このような構造が多段に直列に結合 (カスケード結合) して活性層が構成される。通常の pn 接合を利用したレーザーダイオードでは電子正孔対の発光再結合によりキャリアは消滅するが、量子カスケードレーザーではサブバンド間の電子の発光遷移であるため、理想的には注入電子 1 個当たりカスケード結合の段数分だけ光子を放出するという特徴がある。量子カスケードレーザーではサブバンド間の光学遷移を利用することで以下に示すような利点が上げられる。

- 1) 発振波長は材料のバンドギャップに制限されない、同一材料系で中赤外から THz 領域まで設計可能。
- 2) GaAs や InGaAs といったこれまで実績のある材料で実現でき、既存の結晶成長技術およびプロセス、組立技術をそのまま利用できる。
- 3) カスケード結合を利用することで注入電子 1 個当たり複数の光子を放出することが可能であり、高出力動作が期待できる。
- 4) 活性層を構成する材料のバンドギャップよりも遥かに小さいエネルギーの光子を放出

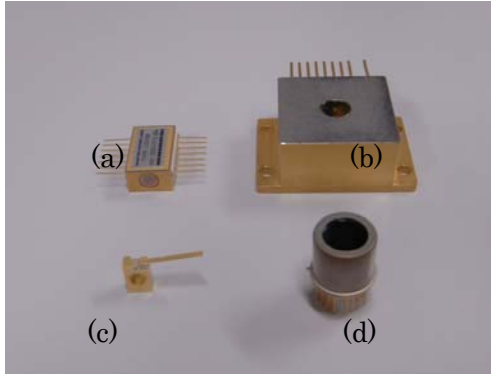


図1 QCL 製品
 (a) Open heat-sink package (b) CAN-package
 (c) Butterfly package (d) High-Heat-Load (HHL) package for CW-QCL

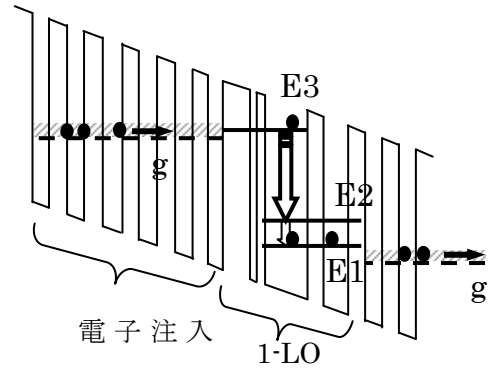


図2 活性領域のバンド構造模式図
 発光上位準位：E3
 発光下位準位：E2

するので高出力動作時においても原理的に COD 劣化が無い。

5) 非常に高速な非発光遷移過程に起因して本質的にスペクトル線幅が狭い^{9,10)}。このように量子カスケードレーザは従来の LD が本質的に持つ限界を突破する可能性が示唆されている。

一般に量子カスケードレーザの閾値電流密度は以下のように表すことができる¹¹⁾。

$$J_{th} = \frac{1}{\tau_3(1-\tau_2/\tau_{32})} \left[\frac{\epsilon_0 n_{eff} L_p \lambda (2\gamma_{32})}{4\pi e z_{32}^2} \left(\frac{\alpha_w + \alpha_m}{\Gamma} \right) + e n_2^{therm} \right] \quad (1)$$

$1/\tau_3 = 1/\tau_{31} + 1/\tau_{32}$ ϵ_0 : 誘電率 n_{eff} : 実効屈折率 L_p : 活性層 1 周期当たりの厚さ
 λ : 波長 γ_{32} : 発光 (EL) 半値幅 e : 素電荷 z_{32} : ダイポールモーメント
 α_w : 導波路損失 α_m : ミラー損失 Γ : 閉じ込め係数
 n_2^{therm} : E2 に熱分布しているキャリア、 $n_2^{therm} = n_g \exp(-\Delta/kT)$
 n_g : 電子注入層の基底準位のキャリア密度 k : ボルツマン定数 T : 絶対温度
 Δ : E2 と電子注入層の基底準位とのエネルギー差

図2に示されるような構造では中赤外領域の場合、E3 から E2 への緩和時間 τ_{32} は数ピコ秒であるのに対し、E2 の寿命 $\tau_2 (= \tau_{21})$ は E2-E1 を LO フォノンに共鳴するように設計されているのでサブピコ秒であり、 $\tau_{32} \gg \tau_2$ となり E3 と E2 の間で反転分布が形成される。(1)式より低閾値動作には τ_{32} が τ_2 より十分大きく、反転分布が効率的に形成でき、2 乗で効く項として、大きなダイポールモーメントが必要であることが分かる。また、室温以上の高温動作時には電子注入層から下位準位 E2 にキャリアが熱再分布 (n_2^{therm}) し、これが反転分布の阻害要因となり閾値が上昇する。キャリアの熱再分布の影響を少なくするにはキャリアのリザーバーとなる電子注入層へのドーピングを安定動作できる必要最小限に抑え、 Δ をある程度大きくする設計が重要である。

3. 現状の THz 量子カスケードレーザの問題点

波長 4~10 μm の中赤外領域では室温以上で CW 発振が達成されており、製品化に至っている。これに対して THz 領域では最初のレーザ発振から 9 年余りが経過する現在でも最高動作温度はパルス駆動で 186K@3.9THz¹²⁾ に留まっている。THz 量子カスケードレーザでは LO フォノンのエネルギー、さらには室温の熱エネルギー以下のサブバンド間で反転分布を形成する必要がある、そもそもレーザ発振が非常に困難な状況であることは想像に難くない。サブバンド間のエネルギー間隔が 100meV 以下の長波長領域になると同一の量子井戸内で遷移させる垂直遷移型では上位準位寿命が極端に短くなり、1 ps 以下となる。このような状況下では反転分布を形成すること自体が非常に難しい。また、サブバンド間のエネルギー間隔が小さいということは、キャリアの上位準位への選択的注入が困難とい

う問題も生じる。図 3 に MIT グループから報告されている¹³⁾典型的な THz 量子カスケードレーザの電流-電圧および電流-光出力特性を示す。

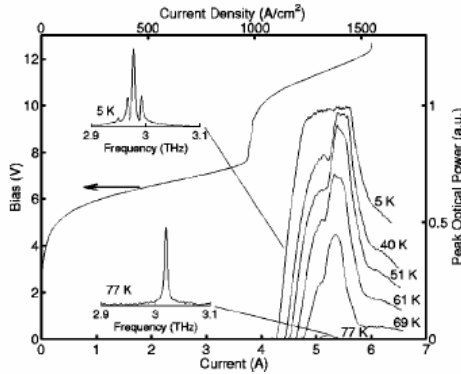


図 3 THz-QCL の電流-電圧特性および電流-光出力特性¹³⁾

バイアスが印加され 4V 付近で準位が共鳴して電流が流れはじめる (turn-ON) が 4A の手前で一旦、共鳴パスが切れて電流が流れなくなり、バイアス 10V 付近で 2 度目の turn-ON が起こりレーザ発振に至り光出力が増大する。その後、6A 付近で再び共鳴パスが切れて発光が停止する。これはまず初めに下位準位にキャリアが注入され、その後、下位準位とのパスが切れてから目的とする上位準位にキャリアが注入されることを示している。下位準位に注入されるキャリアはレーザ動作には寄与しない無効なキャリアであり、閾値を押し上げる要因となっている。すなわち上位準位への選択的なキャリアの注入が難しいことが特性を制限していると言える。発光層への実効的なトンネル電流密度は次式^{14,15)}のように表すことができる。

$$J = eN_s \frac{2\Omega^2\tau_{deph}}{1 + \Delta^2\tau_{deph}^2 + 4\Omega^2\tau_3\tau_{deph}} \quad (2)$$

e : 素電荷 Ω : Rabi 振動周波数 $2\eta\Omega$: アンチクロッシングギャップ
 N_s : シートキャリア密度 Δ : $E1'$ と $E3$ の差 (共鳴している状態では 0)
 τ_{deph} : 位相緩和時間 (~ 100 fs) τ_3 : 上位準位寿命

中赤外の場合、上位準位 $E3$ と下位準位 $E2$ のエネルギー間隔は $100\sim 300$ meV あり、LO フォノンのエネルギーや室温の熱エネルギーよりもはるかに大きく、注入障壁 (Tunnel barrier) を薄くして前段の電子注入層の基底準位 $1'$ と発光層の上位準位 $E3$ のカップリングを強くしても (アンチクロッシングギャップ ~ 10 meV) 上位準位への選択的注入が可能であり、十分な電流密度を確保できる。これに対して THz 領域では $E3$ と $E2$ のエネルギー間隔は $10\sim 15$ meV 程度であり、 $E3$ への選択的注入のためには注入障壁をある程度厚くする必要 (アンチクロッシングギャップ ~ 1 meV) があり、十分な電流密度が稼げないという本質的な問題が存在する。その他には電子温度の上昇、自由キャリア吸収による巨大な導波路損失、出射ビームの広がり角が巨大であるなど動作温度が低く低出力であるという以外にも実用レベルの素子となるまでにはまだ数多くの難題を克服しなければならない。

4. 間接注入励起 (Indirect-pump scheme : IDP) 構造

長波長帯 QCL (< 100 meV) の高性能化に関する我々の取り組みを紹介する。先に述べたように THz-QCL を含む長波長帯 QCL では上位準位寿命が短い、電流密度が稼げないという問題がある。そこで我々は上位準位寿命を稼ぐために発光遷移が複数の量子井戸にまたがる対角遷移型 (diagonal transition) とし、キャリアの効率的な注入を実現する構造として上位準位 $E3$ より上方に 1-LO フォノン分だけ離れたところに注入用の準位 $E4$ を新たに設け、そこから LO フォノン散乱を利用して $E3$ に高速にキャリアを注入するという間接注入励起 (Indirect-pump scheme : IDP) 構造^{16,17)}を考案した。図 4 に IDP 構造の模式図、図 5 に発振波長 $15 \mu\text{m}$ (~ 20 THz) の場合¹⁸⁾の具体的な活性層構造を示す。

ドーピングにより予め電子注入層に配置されたキャリアは従来構造と同様に共鳴トンネル効果により

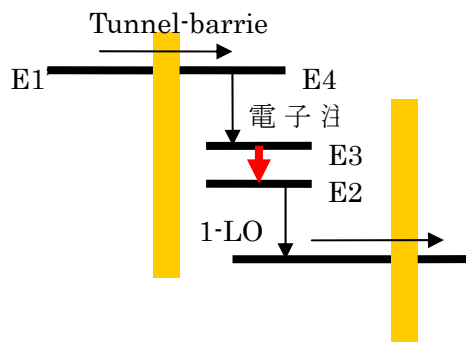


図4 IDP 構造模式図

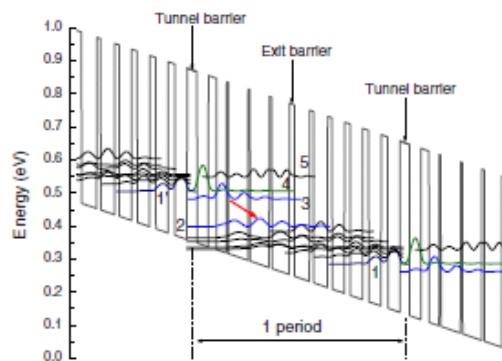


図5 15 μ m 帯 IDP-QCL のバンド構造¹⁸⁾

準位 E4 に注入される。E4 に注入されたキャリアは直ちに LO フォノン散乱を介して高速に準位 E3 に注入される。E4 でキャリアが滞留することなく E3 へ注入されれば、前段の E1' から次々と E4 へキャリアが注入されることになり、電子注入層に配置されたキャリアを有効に利用することができる。図5に示す構造では、 $\tau_{43} \sim 0.45$ ps、対角遷移型とすることで E4-E3 ~ 80 meV ($\lambda = 15.5 \mu\text{m}$) でも上位準位寿命は $\tau_{32} \sim 1.7$ ps を確保できている。また、アンチクロッシングギャップ (E1'-E4) を約 7 meV と十分大きくしても、注入効率は $\eta_{\text{pump}} \sim 0.9$ で準位 E3 への十分な選択的注入が実現されている。15 μm 帯 IDP-QCL の電流-電圧および電流-光出力特性を図6に示す。活性層の段数は 55、共振器長 4 mm、後端面側を HR コーティングし、epi-side up でマウントして評価した。

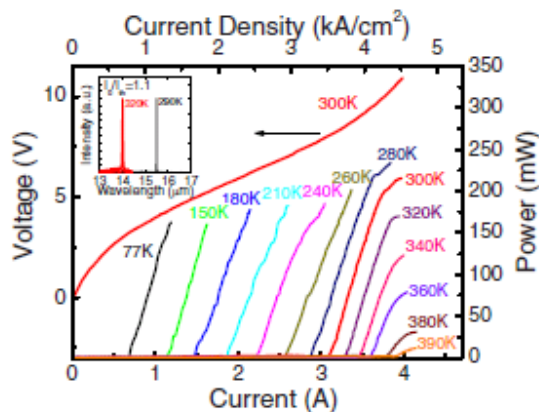


図6 15 μ m 帯 IDP-QCL の電流-電圧および電流-光出力特性¹⁸⁾

発振波長 15.5 μm 、パルス駆動における最高動作温度は 390K 以上、300K におけるピーク光出力 200mW 以上、閾値の温度依存性を示す T_0 は 450K を記録し非常に優れた素子特性が得られた (詳細は参考文献 18 を参照されたい)。長波長帯では遷移のダイポールモーメント (z_{32}) を犠牲にしても対角遷移を利用して上位準位寿命を稼いだ方が素子特性は向上することが分かる。また、高い T_0 (高温になるほど閾値の上昇が小さくなる傾向を示している) は IDP 構造による注入効率の向上に伴う吸収損失の低減効果である。このような効果は波長が長くなるほど顕著に現れると予想され、IDP 構造は夢の室温動作 THz-QCL¹⁹⁾ に向けて非常に有望な構造であると考えられる。

5. むすび

新たな活性層構造である IDP 構造を提案し、長波長帯 QCL において非常に有効であることを実証した。しかしながらこれまで述べてきたように THz 量子カスケードレーザは未だ研究の域を出ておらず、製品化・実用化までには数多くの困難を克服しなければならない。さらに THz 領域の検出器に関しても決して簡単ではなく、THz でなければならないという応用分野の開拓も十分ではない。THz 技術の産業化には様々な分野の叡智を結集して新たなブレイクスルーが生まれることが必要である。

※ 参考文献はホームページ (<http://www.terahertzjapan.com>) をご参照ください。

References

- 1) I.Hayashi, M.B.Panish, P.W.Foy and S.Sumsky, Appl.Phys.Lett. 17, 109(1970).
- 2) R.Kazarinov and R.Suris, Sov.Phys.Semicond. 5, 707(1971).
- 3) J.Faist, F.Capasso, D.L.Sivco, C.Sirtori, A.Hutchinson and A.Y.Cho, Science 264, 553(1994).
- 4) M.Beck, D.Hofstetter, T.Aellen, J.Faist, U.Oesterle, M.Ilegems, E.Gini and H.Melchior, Science 295, 301(2002).
- 5) R.Kohler, A.Tredicucci, F.Beltram, H.E.Beere, E.H.Linfield, A.G.Davies, D.A.Ritchie, R.C.Iotti and F.Rossi, Nature 417, 156(2002).
- 6) O.Cathabard, R.Teissier, J.Devenson, J.C.Moreno and A.N.Baranov, Appl.Phys.Lett. 96, 141110 (2010).
- 7) C.Walther, M.Fischer, G.Scalari, R.Terazzi, N.Hoyler and J.Faist, Appl.Phys.Lett. 91, 131122 (2007).
- 8) 例え ば www.daylightsolutions.com, www.cascade-technologies.com
- 9) M.Yamanishi, T.Edamura, K.Fujita, N.Akikusa and H.Kan, J.Quant.Electron. 44, 12(2008).
- 10) N.Kumazaki, Y.Takagi, M.Ishihara, K.Kasahara, A.Sugiyama, N.Akikusa and T.Edamura, Appl.Phys.Lett. 92, 121104(2008).
- 11) J.Faist, F.Capasso, C.Sirtori, D.L.Sivco, J.N.Baillargeon, A.L.Hutchinson, S-N G.Chu and A.Y.Cho, Appl.Phys.Lett. 68, 3680(1996).
- 12) S.Kumar, Q.Hu and J.L.Reno, Appl.Phys.Lett. 94, 131105(2009).
- 13) B.S.Williams, S.Kumar, H.Callebaut and Q.Hu, Appl.Phys.Lett. 83, 2124(2003).
- 14) C.Sirtori, F.Capasso, J.Faist, A.L.Hutchinson, D.L.Sivco and A.Y.Cho, J.Quant.Electron. 34, 1722(1998).
- 15) H.Callebaut and Q.Hu, J.Appl.Phys. 98, 104505(2005).
- 16) M.Yamanishi, T.Edamura, N.Akikusa, K.Fujita, US-PATENT No.7843981.
- 17) M.Yamanishi, K.Fujita, T.Edamura and H.Kan, Opt.Express 16, 20748(2008).
- 18) K.Fujita, M.Yamanishi, T.Edamura, A.Sugiyama and S.Furuta, Appl.Phys.Lett. 97, 201109 (2010).
- 19) M.Yamanishi, K.Fujita, N.Yu, T.Edamura, K.Tanaka and F.Capasso, CLEO/QELS, CMF1 (Baltimore, 2011).

研究室紹介

徳島大学 安井研究室

(URL <http://www.me.tokushima-u.ac.jp/femto/>)

筆者は、昨年 8 月に大阪大学大学院基礎工学研究科から徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部（徳島大学工学部機械工学科）に異動し、徳島の地で新しい研究室を立ち上げることになりました。徳島大学は筆者の出身大学ですが、13 年ぶりに母校に戻ると校舎が建て替えられたこともあり完全に浦島太郎状態で、未だに学内を右往左往することも少なくありません。

さて、当研究室では、筆者自身の研究バックグラウンド（レーザー計測、レーザー制御、生体光計測など）を活かし、計測という観点から THz 技術に関する研究を行っています。特に、THz 計測技術を産業応用に幅広く展開していくためには高速化と高精度化が極めて重要であると考え、高速性や高精度性に優れた『知的 THz 計測』とその応用計測に関する研究に精力的に取り組んでいます。具体的な研究テーマは、以下の通りです。

- ①周波数コムを用いた THz 周波数標準技術（THz スペアナ、THz シンセなど）
- ②電気光学的時空間変換を用いた高速 THz イメージング（THz カラーキャナー、THz トモグラフィ、THz カラーCT など）
- ③非同期光サンプリング式 THz パルス計測法（超精密 THz 分光法、THz インパルス・レーダーなど）
- ④THz 応用計測（塗装膜、生体組織など）

特に、THz カラーキャナーは、ネーミングが良かったのか評判が良く、応用物理学会・光学論文賞や日本機械学会・船井賞といった賞を頂くことが出来ました。

現在、徳島大学のラボは立ち上げの真っ最中ですが（図 1）、今年度から学生も配属され、研究を少しずつ開始することができそうです。また、前任地である大阪大学のラボも、学内プロジェクト（H22～H24 年度）の関係で、規模は縮小しているものの維持し、特に上記①と③の研究テーマに集約して研究を引き続き行っています（図 2）。プロジェクト終了後は、大阪大学リノベーションセンター所属のオリジナル分析装置群の 1 つとして学内外に有料で開放し、運用していく予定となっていますので、超精密 THz 分光や各種 THz 機器の周波数校正などの用途で一般利用していただければ幸いです。ご興味のある方は、お気軽にご連絡下さい。

追伸：徳島と言えば阿波踊り（毎年 8/12～8/15）が有名ですが、それ以外にも、徳島ラーメン、たらいうどん、すだち、鳴門鯛、鳴門わかめ、鳴門金時、フィッシュカツ、といった隠れグルメも数多くあります（青色 LED で有名な日亜化学も徳島です）。近くにお越しの際は是非お立ち寄り下さい。



図 1 徳島大学ラボ

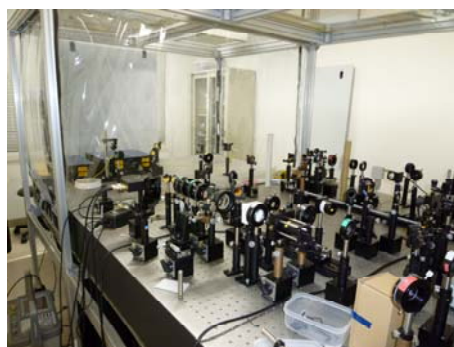


図 2 大阪大学ラボ

(安井 武史、連絡先 yasui@me.tokushima-u.ac.jp)

テラヘルツ関連会議報告

3rd Korea-Japan Joint Workshop on THz Technology

第3回目の日韓 THz ジョイントワークショップが韓国釜山市のノボテルホテルで2010年12月16日から17日の日程で開催された。これは、2007年8月25日の第1回（韓国、KIST）、2008年10月24日～25日の第2回（日本、東京）に続いての3回目の日韓 THz ジョイントワークショップである。16日にレセプション、自由討論を行い、17日に丸一日かけて集中的な討論をおこなった。短い準備期間にもかかわらず University of Seoul の Son 教授がプログラム委員長として大変良いプログラムを構成され、密度の濃い議論が交わされた。日本からの参加者は11名と少なかったが、韓国側は学生を含めて30名以上の参加者があった。会議は、THz-TDS、High power sources & applications、THz devices、THz applications の4つのシングルセッションから構成され、日韓の研究者が交互に発表をおこなった。韓国では、現在いくつかの大学・国立研究所で THz 研究に関連した国家プロジェクトが走っており、その関係で多くの研究者がテラヘルツ研究を精力的に行っていることがわかった。自由討論において、次回も、日韓 THz ジョイントワークショップを継続することが合意され、2012年に日本で開催する方向で検討することとなった。

田中耕一郎（京都大学）

THz-Biz 2011：第2回テラテクビジネスセミナー

第2回テラテクビジネスセミナーは、2011年1月12日に昨年と同様に東京 秋葉原コンベンションホールで開催された。今回のテーマは「テラヘルツイメージング」（第1回は「テラヘルツ分光と関連技術」）であり、昨年に引き続き産業界を中心に約80名の参加者があった。

第1部はメーカーサイドから「イメージング技術」として、ハンディ型 THz カメラ（日本電気 小田氏）、テラヘルツ 3D イメージング技術（アドバンテスト 今村氏）、高速 THz イメージング（徳島大学 安井氏）、パルス面傾斜フェムト秒レーザーを用いたテラヘルツ波計測（浜松ホトニクス 高橋氏）の講演があった。第2部はユーザーサイドから「イメージング応用」として、マイクロ TAS 観察に向けたテラヘルツ波ケミカル顕微鏡の開発（岡山大学 紀和氏）、成田空港でのボディスキャナー実証実験（国土交通省 佐藤氏）、THz 波による非破壊検査（スペクトルデザイン 碓氏）の講演があった。

第3部のパネル討論では、モデレータ（福井大学 谷氏）と講演者から話題が提供され、会場の参加者と意見交換された。例えば、X線で見えない試料をテラヘルツ波で測定したいというユーザーからの要望がある事が紹介された。また、装置の価格に関しては、100万円程度を望むユーザーがある一方、バイオ・創薬などの分野では数千万円の高額な装置が使われている点が指摘され、FTIR や赤外カメラにおける経緯を参考にすると、初期段階では高額であっても普及が進んで量が増えれば価格は低下できるだろうとの意見があった。また、ある研究機関では、共同研究として企業から提供される試料の測定サービスを実施しているが、本来の研究が滞る恐れがあるため、測定サービスを専門にする

体制が必要であると指摘した。関連して、テラテクフォーラムでは技術相談を受け付けていることがモデレータから紹介された。

新たな企画として、一般会員の企業（アドバンテスト、大塚電子、スペクトラフィジクス、スペクトルデザイン、浜松ホトニクス）によるカタログ展示が会場廊下で実施され、参加者から好評であった。ビジネスセミナーは、学術的な技術検討会とは異なる切り口で開催されており、産業化・ビジネス化を加速するために多くの分野の関係者が議論する場として重要な役割を果たしている。

高橋 宏典（浜松ホトニクス）

OTST2011

3月13-17日に米国カリフォルニア州サンタバーバラの Fess Parker's Doubletree Resort において International Workshop on Optical Terahertz Science and Technology 2011 (OTST 2011)が開催された。テラヘルツ限定の国際会議としては最大であり、参加者は約 200 名（招待講演は約 30 名）で、テラヘルツ研究者同士の高いレベルの発表、質疑、ディスカッションが見られた（写真左）。最近のテラヘルツ研究の高まりを象徴するかのように、どの発表もテラヘルツ研究の先端を走るもので、非常にレベルが高いと感じた。赤外ミリ波と混在する IRMMW/THz よりもむしろ緊張感・充実感があるようにも思えた。さまざまな分野の優秀な若手がテラヘルツ分野に新たに参入してきていることもこの会議のクオリティーを高めている要因と思われた。



バンケットでは、オーストンスイッチのオーストン教授（写真右）が特別講演をされたが、講演内容はテラヘルツとは無縁で、現在氏が研究されている「低炭素社会の構築」に関するものであり、個人的には少し残念であった。参加国は約 90 人が米国、次いで日本が約 30 人、ドイツが約 20 人、中国、カナダ、ロシアが各 10 人程度、フランスと英国が各 5

人程度、なぜか韓国と台湾がゼロであった。なお、本会議は隔年開催で、次回 OTST2013 は、京大の田中耕一郎教授および阪大の斗内政吉教授がチェアーとなり桜の時期の京都開催がドイツの候補を抑えて決定した。京都開催においては韓国、台湾などへの声かけも重要となろう。

今回、東日本大震災と同時期に開催され、参加者は皆日本人に深く同情しており、特に、仙台から参加できなくなった伊藤弘昌氏、南出氏、保科氏、あるいは水野皓司氏らの安否を気遣っていた。私事で恐縮であるが、筆者自身も地震の 3 時間前に仙台を離れたため難を逃れたが、もう少し遅ければいまだに避難民として仙台で苦しい避難所生活を余儀なくされていたかと思うと、申し訳なさと思いと悲しさと入り混じった複雑な思いでサンタバーバラの穏やかな海を見ていた。

川瀬 晃道（名古屋大学）

国内・国際会議予定

<2011 年度総会ならびに第 9 回講演会>

日時：2011 年 5 月 19 日（木） 午後 1 時～5 時

場所：京都大学百周年時計台記念館 国際交流ホールⅡ（606-8501 京都市左京区吉田本町）

<http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/clocktower/>

参加費：会員 無料、非会員 1000 円、学生 500 円 定員 100 名

<プログラム>

(1) 総会（午後 1 時から）

1. 2010 年度事業報告・決算に関する件
2. 2011 年度事業計画・予算に関する件
3. その他

(2) 講演会（午後 2 時 30 分から）

1. ご挨拶 テラヘルツテクノロジーフォーラム 会長 阪井 清美
2. 「イノベーションの創出を目指した基礎基盤研究への取り組み－産学の対話による産業界の課題解決へ向けて－」 森本 茂雄（JST 産学基礎基盤推進部）
3. 「テラヘルツ通信基盤技術とテラヘルツ通信の将来展望」
味戸 克裕（NTT マイクロシステムインテグレーション研究所）
4. 「Manipulation of Terahertz Electromagnetic Wave Using Metamaterials and Plasmonics」 Dr. Abul Azad (Los Alamos National Laboratory)
5. 「安全・安心のためのテラヘルツ波技術－実スケール火災環境下での遠隔危険ガス検知－」
清水 直文（NTT マイクロシステムインテグレーション研究所）

● CLEO/EUROPE-EQEC2011 (Munich, Germany)

May 22-26, 2011, Munich, Germany <http://www.cleoeurope.org/>

● 応用物理学会テラヘルツ電磁波技術研究会 若手研究者サマースクール

2011 年 8 月 8 日-10 日 湯郷温泉湯郷グランドホテル（岡山県美作氏湯郷 581-2）

● 36th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2011)

Oct 2-7, 2011, Houston, TX, USA

<http://www.irmmw-thz2011.org/>

テラヘルツテクノロジーフォーラム通信 Vol.8 No.2 500 部 無料

発行日 2011 年 5 月 18 日

企画・編集 川瀬 晃道（名古屋大学）

電子メール：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 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>