コンファレンスレポート

第4回赤外物理に関する国際会議報告

岡 島 茂 樹*

(1988年11月25日 受理)

Report on the 4th International Conference on Infrared Physics

Shigeki OKAJIMA*

(Received November 25, 1988)

1. まえがき

第4回赤外物理に関する国際会議(CIRP4)がスイスのチューリッヒの静かな丘陵地にあるETH Zurich (Hoenggerberg)において, 1988年8月22日(月)より26日(金)までの5日間開催された。

このシリーズの国際会議はETHのF.Kneubühl教授が中心となっており, 4～5年に一度の間隔で, ETHの物理学科のキャンパスで開催されている。第1回が1975年(8月11日～15日), 第2回が1979年(4月5日～9日), 第3回が1984年(7月23日～27日)であった。この国際会議では赤外域での物理及び技術の全般にわたる最近の発展や状況が報告され, 議論される。今回はその第4回目である。

2. CIRP4の概要

CIRP4はTable Iに示すように29ヶ国, 248名の出席で, 1件45分の招待講演30件, 22分野で1件15分の一般講演192件(ポストデッドラインペーパーを含む申込み総数), 及びコマー

Table I CIRP4 出席国及び出席者

出席国	出席者数(名)
スイス	78
西ドイツ	39
アメリカ合衆国	18
イタリア	17
日本	11
イギリス	9
イスラエル	9
オランダ	9
ソ連	9
フランス	9
ポーランド	8
東ドイツ	4
カナダ	3
中国	3
デンマーク	3
ルーマニア	3
アイルランド	2
ハンガリー	2
ベルギー	2
イラク	1
インド	1
エジプト	1
オーストラリア	1

* 中部大学工学部(〒487 春日井市松本町1200)

* Faculty of Engineering, Chubu University (1200 Matsumoto-cho, Kasugai, Aichi, 487)

オーストリア	1
スウェーデン	1
台 湾	1
ブルガリア	1
マレーシア	1
ユーゴスラビア	1
29ヶ国	248 (名)

シャルセミナー2件で開かれた。しかし、招待講演の取り消し1件(講演者の病気)の他に、一般講演でもソ連以下各国の取り消しが多く、

そのためにプログラムの変更も多く、セッションの無くなるものさえあった。招待講演のタイトル及び講演者の一覧表をTable IIに、一般講演の分野と申込み件数をTable IIIに示す。これ等のTableからわかるように、この会議は赤外に関する基礎から応用までを網羅しており、同じ赤外をテーマとして取り上げている「ミリ波と赤外に関する国際会議」(K. Buttonが中心となって毎年開催されている)の内容(ミリ波やジャイロトロンに関するものが最近非常に多く

Table II 招待講演のリスト

Hot Hole FIR Lasers A. A. Andronov	Quantum Limit Cyclotron Resonance in Semiconductors E. Otsuka*
Infrared Spectroscopy of Solids M. Balkanski	Multichannel Optoacoustic Spectroscopy of Molecular Gases with Pulsed Lasers Y. N. Ponomarev
Phase Conjugation of Mid-IR Radiation N. G. Basov and V. I. Kovalev	A Progress in Submillimeter Solid-State Spectroscopy G. V. Kozlov, A. M. Prokhorov, A. A. Volkov
State of the Art of Negative Luminescence P. Berdahl, V. Malyutenko, T. Morimoto**	IR-Laser Chemistry and the Dynamics of Molecular Multiphoton Excitation M. Quack
Femtosecond Mid-Infrared Pulses P. Corkum	Airborne Astronomy with a Submillimeter Heterodyne Spectrometer H. P. Röser, J. Schmid-Burgk, P. van der Waal, R. Wattenbach
Long-Path Atmospheric IR Transmittance Codes A. D. Devir, A. Ben-Shalom, E. Trakhovsky, E. Raz, M. Engel, S. G. Lipson, U. P. Oppenheim	Infrared Laser Photoacoustic Spectroscopy M. W. Signist, St. Bernegger, P. L. Meyer, D. Scherrer, Z. H. Chen
IR Lasers in Ophthalmology D. C. Emmony	Far-IR Electrodynamical Properties of Oxide Superconductors T. W. Noh, P. E. Sulewski, S. Kaplan, A. J. Sievers
Time-Domain Far-Infrared Spectroscopy D. Grischkowsky	Optically Pumped Far Infrared Lasers F. Strumia
Infrared Spectroscopy of GaAs Quantum Wells G. Harbeck, P. von Allmen, M. Berz, F. K. Reinhart	Long Baseline Interferometry in the Mid-Infrared C. H. Townes, M. Bester, W. W. Danchi
Detection of Plasma Waves with FIR Lasers E. Holzhauser	Synthesis of Surface Compounds by Infrared Laser Irradiation of Metals in Chemically-Active Media I. Ursu, I. N. Mihailescu, A. M. Prokhorov, V. I. Konov
Atmospheric Infrared Radiation J. T. Houghton	Semimagnetic Semiconductors - Tunable Materials for FIR Devices M. von Ortenberg
Laser Optoacoustics of Thermal Diffusive Media A. A. Karabutov and A. V. Uvarov	Deterministic Chaos in Lasers C. O. Weiss
China's Infrared Research on Biology and Traditional Medical Science Mi Zhengyu	Infrared Lidar Measurement of the Diffusion of Hydrogen Chloride from Seaborne Waste Incineration C. Weitkamp
Infrared Studies of High Temperature Superconductors R. T. Collins, Z. Schlesinger, D. L. Kaiser, F. Holtzberg, G. V. Chandrashekar, M. W. Shafer, K. A. Müller	Development and Applications of Technological IR-Lasers G. Wiederhold, H. Erbs, W. Triebel, W. Pompe
Probing Solar System Objects at Infrared Wavelengths M. J. Mumma	

(注) * 大阪大学, ** 京都大学

Table III 一般講演 (Contributed Paper) の分野と申込件数

分 野	件数
IR Gas lasers	12
FIR Gas Lasers	17
Semiconductor Lasers	5
Solid & Liquid State Lasers	3
Nonlinear Optics	12
Thermal emission	6
Laser Spectroscopy	13
Spectroscopy of Gases	7
Solid State Spectroscopy	16
Photo Acoustic	9
Laser Chemistry	7
Laser Interaction & Chemistry	7
Laser Interaction with Solids	7
Semiconductors	14
Astrophysical Instrumentation	7
Astrophysics	4
Remoto Sensing & Imaging	6
Detectors	13
Mixers	6
Devices & Components	11
Fibers	5
Building Physics	5

なってきた)と異なり、赤外研究者にとって重要な国際会議である。

会議では9:00~11:00及び16:15~18:15に大講義室で招待講演が、11:15~13:00、14:00~16:00に4会場に分かれての招待講演、一般講演及びコマーシャル・セミナーが行われた。また、会期中に2回(8月23日と25日)11時から約2時間、ETHの赤外物理研究所の見学会がもたれた。

日本からは11名が出席し、招待講演論文2件、(Table II)、一般講演論文7件 (Table VI)の報告を行った。

本稿では、筆者の研究に関係のある遠赤外レーザーやプラズマ計測について発表されたものを中心に報告する。

3. 遠赤外レーザー

遠赤外 ($>25\mu\text{m}$) レーザーは気体レーザーと半導体レーザーの報告があった。

気体レーザーでは、放電励起によるものは筆者達のプラズマの干渉・偏光・散乱計測用の高出力cw337 μm HCNレーザーの各種雑音 ($\leq 1\text{MHz}$) の抑圧に対するもののみであり、他はすべてCO₂レーザー励起によるものであった。

ETHのF. Kneubühl等のグループはDFB (Distributed Feedback), HFB (Helical Feedback) ガスレーザーのモードの観測とその同定、及び利得について報告し(2件)、ポーランドのWarsaw工科大学のP. SzczepanskiはDFBガスレーザーの非線形動作や反射鏡を持つ導波型レーザーの利得飽和について解析を行った(2件)。

イタリアのPisa大学のF. Strumia等のグループは多年にわたりメタノールレーザーの研究を精力的に続けており、それに関する報告(招待講演1件、一般講演3件)を行った。¹²CH₃¹⁸OHについて4000~400cm⁻¹の赤外吸収分光測定を2cm⁻¹の分解能で行い、強いC-O伸縮モードの中心が1006.5cm⁻¹にあり、P-, R-ブランチがCO₂レーザーの10R, 9Pレーザーブランチとよくオーバーラップしているところから、315MHz同調可能な導波型CO₂レーザーを用いて励起し、34.6~653.22 μm に100本の新しい発振線を見つけていた。更に、その各発振線について、波長、偏光、強度、最適ガス圧、オフセット周波数を報告した。CD₃OHでも125本の新しい発振線を得、それ等についても計算で求めたスペクトルと比較して多くの新しい同定を行った。また、¹²CH₃¹⁶OHについても赤外、遠赤外高分解FT分光の結果を基にして、12000以上の吸収線の同定を行い、それを用いて多くの遠赤外レーザー線の同定を行った。(その他メタノールの高分解赤外分光に関しては他のセッションでも報告があった。Pisa大学のグループやカナダのNew Brunswick大学のI. Mukhopadhyay等が気体分光のセッションで4件、デンマークのCopenhagen大学のJ. O. Henningsen等が赤外マイクロ波二重共鳴についてレーザー分光のセッションで1件報告した。)

光励起遠赤外ガスレーザーについては、その

Table VI 日本からの一般講演
CONTRIBUTED PAPERS

<i>Detectors</i>	Stressed Ge:Ga Photoconductor with a compact and Stable Stressing Assembly N. Hiromoto, T. Itabe, T. Aruga, H. Okuda, H. Matsuhara, H. Shiba, T. Nakagawa, M. Saito
<i>FIR Gas Lasers</i>	Suppression of Laser Noise in cw 337- μ m HCN Laser S. Okajima, K. Kawahata, T. Aoki, D.-G. Bi, S. Kubo, J. Fujita
<i>Mixers</i>	Josephson Triode and its Characteristics N. Hirose, S. Yoshimori, M. Kawamura
<i>Semiconductor Lasers</i>	Far-Infrared Laser Oscillation in p-type Ge: Remarkably Improved Operation under Uniaxial Stress Shinji Kuroda and Susumu Komiyama Cyclotron-resonance Maser-oscillation by Negative Effective-mass Holes in Ge and its Dependence on the Orientation of Magnetic Field Yasushi Akasaka and Susumu Komiyama Infrared Emission and Lasing due to Magnetoelectro-Photo Effect in InSb: Spectroscopy T. Morimoto and M. Chiba
<i>Spectroscopy of Gases</i>	New Development and Performance of High-Resolution Spectrophotometer Systems Using InGaAsP and InGaAs Light Emitting Diodes in the Near Infrared Region Humio Inaba and Kinpei Chan

他, 中国のZhongshan大学のLin Yikun等が NH_3 や CH_3F レーザーに対して, パラメーターの最適化や2モード発振の理論及び実験研究(3件)を, 西ドイツのボンのMax-Planck研究所のH. P. Röser等が $^{15}\text{NH}_3$ の373 μm レーザー線に対する非共鳴励起とカップリング効果を報告した。更にグルノーブルのMax-Planck研究所のR. de Bekker等がTEA CO_2 レーザー励起の496 μm パルスレーザーに対して, 2組の半導体スラブとQ-スイッチ短パルスNd:YAGレーザーを用いて, 半導体のフリーキャリアプラズマによる遠赤外光の反射を利用したパルス・スイッチによって, 1 nsの立上り, 立下がりパルス幅可変の出力1 kWの新しい時間分解遠赤外分光用レーザーシステムを開発した。

遠赤外ガスレーザー用コンポーネントに対しては, デバイスとコンポーネントのセッションでボンのMax-Planck研究所のR. Densingが共振器の出力鏡にインダクティブクロスメッシュ

を用いると通常のキャパシティブメッシュやインダクティブメッシュの場合より広い波長範囲に対して波長特性のない一定の反射率が得られ, 異なるレーザー線の発振に便利であることを報告した。

その他の遠赤外レーザーについては半導体レーザーのセッションでp型Geレーザーの報告が3件あった。オーストリアのInnsbruck大学のK. Unterrainer等は外部共振器を用いて, 電磁場を変えることによりシングルモード発振させ, モード間隔のステップで同調できることを報告した。東大のS. Komiyama等は75~250 μm p型Geレーザー発振に対する電場, 磁場効果に加えて, ストレスを加えることによる利得の増大について報告した。更に, 彼等は1~2 mmの領域での1 mWメーザー発振も報告した。

遠赤外ガスレーザーを利用した研究はプラズマ計測, 天文学, 気体や固体の分光等広範囲にわたっている。

プラズマ計測に関しては西ドイツのStuttgart大学プラズマ研究所のE. Holzhauser が招待講演で散乱計測についてレビューした。また、同研究所のG. Krüger等は非線形光学のセッションで、位相変調型干渉計やヘテロダイン散乱計測用のcw119- μm CH_3OH レーザーを周波数シフトさせる方法として、300mW, 488nm Ar^+ レーザー光を半導体ウェーハ (Si) に照射し、“moving refractive grating”を形成する方法を試み、まだ効率は低い(約 10^{-9})ものの80MHzまでの周波数シフトを観測した。スイスのFribourg大学のO. Küttelは CO_2 レーザーを用いた小角散乱(ホモダイン法)についてレーザーインターアクションのセッションで報告した。また、遠赤外ガスレーザーのセッションで、ポストデッドラインペーパーとして2件の追加報告があった。その1つはイタリアMilanoのI. Gianioni等のRFPプラズマ診断用119- μm CH_3OH レーザー干渉・偏光計測システムの開発についてであり、もう1つはスイスLausanne工科大学プラズマ研究所のM. R. Siegrist等の高出力パルス385- μm D_2O レーザーによるTCAトカマクのイオン温度測定(後で詳しく述べる)についての報告であった。

天文学への応用については、西ドイツのMax-Planck研究所のH. P. Röserが招待講演で最近の研究をレビューすると共に、彼等の開発によるコンパクトで高分解のサブミリ波ヘテロダイン分光器を用いたKAO (Kuiper Airborne Observatory)での観測結果、即ち、COの $J=7 \rightarrow 6$ 遷移(807GHz) (W3, OMC-1等)について、更に、SOFIA (Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy)計画について報告した。また、彼等のグループはレーザー分光のセッションでも、800GHzでの PH_3 ($J=3-2$), CH_3CN ($J=44-43$), H_2CO ($J=3-2$)の回転遷移のヘテロダイン分光について報告した。

4. 385- μm D_2O レーザーによるプラズマのイオン温度測定

Fig. 1 TEA CO_2 レーザー励起の385- μm D_2O レーザーによるTCAトカマクプラズマのイオン温度測定システム (Lausanne工科大学, M. R. Siegrist等)

TEA CO_2 レーザー励起の385- μm D_2O レーザーを用いた協同トムソン散乱法による高温・高密度プラズマのイオン温度 (T_i) 測定は我国においても多年検討され、装置開発に続いて、計測準備も進められている。Lausanne工科大学プラズマ研究所のM. R. Siegrist等のグループはレーザーの1ショットで T_i 測定できる装置を開発していたので、彼等の報告を詳しく紹介する(筆者は会議終了後、実際の装置を見学することができた)。

測定システムをFig.1に示す。励起用TEA CO_2 レーザーはTCAトカマク実験棟前の道を隔てた別建物に設置されている。ハイブリッドタイプのTEA CO_2 レーザー発振器により、9R (22) レーザー発振を得て、e-ビーム予備電離のTEA CO_2 レーザーにより、トリプルパスでパルス幅1 μs , 600Jに増幅する。その励起用 CO_2 レーザービームは直径50cmの放物面鏡や楕

円面鏡で構成されるミラー系により70 m伝搬されTCAトカマク装置の横に設置された4 mのD₂Oレーザーに入力される。そして、400 kW, パルス幅約1 μ sの385- μ m D₂Oレーザー出力を得る。その遠赤外レーザービームは光学系を通してプラズマに入射する。90°方向の散乱光は集光系を通して7 m伝搬し、受信システムに入る。プラズマ装置からの迷光を除光するために、パイレックスガラス製のビームダンプとマコールセラミック製のビューイングダンプを用いている。散乱光のスペクトルはヘテロダイン方式で分析を行なう。即ち、光励起cw383- μ m CD₃Clレーザーをローカルオシレーターとして用い、GaAsショットキー・バリアー・ダイオードをミキサースとして用いて、3.16 GHzの中間周波数を得て、80 MHz幅の12 chフィルターバンクで、ライン中心から高周波数側のスペクトルを分析するシステムになっている。

実際にH, D, Heプラズマに対して測定を行ない、シングルレーザーショットで、20~30%の相対誤差でTiを求めることに成功していた。そして、不純物の影響、磁場の影響、検知器システムのS/N等に対して検討を加えていた。受信帯域幅が狭い、S/Nの改善等、今後への課題は多いものの着実な進展が見られる。

また、TCAトカマクのあるキャンパスから約5 km離れたレマン湖畔にあるプラズマ研究所でも、TEA CO₂レーザー、D₂Oレーザーシステムを持ち、モード研究等の基礎研究を行っていた。

5. おわりに

本国際会議会場となったETHの階段教室の設備が大変良いのが印象的であった。特に、各長机の前の所に小さい穴の並んだ幅約5 cmの黒い帯状の部分があり、そこから冷たいフレッシュな空気が出ており、非常に快かった。また、日本の学会等で見かけるOHPはA₄サイズでは上下が少し切れるのが普通であるが、この会場のOHP装置はA₄シートをいっぱいにつけてもかなり上下が余る程大きく、非常に使いやすいものであった。

この会議でも、初日にはウェルカムパーティー、2日目の夜にチューリッヒ湖でのボート・トリップ(約2時間)3日目の夜は市公舎でのレセプション等があり、楽しい一時を送ることができた。

この会議のプロシーディングはInfrared Physicsの特集号として近く出版されることになっている。