

## 第8回赤外とミリ波の国際会議に出席して

近 璋 三

名古屋大学工学部応用物理学教室 〒464 名古屋市千種区不老町

標題の会議は1983年12月12日から6日間にわたって米国のフロリダ州マイアミビーチで行なわれた。マイアミビーチに沿ってたちならぶ巨大ホテルの一つで三つのセッションで並行して行なわれたが、ホテルの裏からすぐ大西洋の砂浜がつづき、裏庭にはプールがあって肌を陽に焼く男女の姿がホテルの部屋から見おろせるといった環境である。これらのホテルもクリスマス前後には満員になるそうである。この会議の参加人員は約250名、講演件数は約185件におよんだ。場所の関係もあって発表国の60%がアメリカであるが、そのほかでは西ドイツ14件、ソ連13件(プログラム上で)、スイス9、日本9、イギリス8、カナダ8、その他8カ国で18件の発表があった。しかしどのような理由からか、ソ連の発表に取消しが多かったのは残念であった。

講演の内訳はこの会議の特色であるジャイロトロンに関するものが35件あり、高出力ミリ波発生装置として最近急速に発表件数がふえた。そのほかでは、プラズマ装置を含んだプラズマ診断等が19件、自由電子レーザーとサブミリ波レーザー関係が20件、検出器やミキサに関するものが26件、ミリ波装置とそのシステム等が32件、この波長領域での分光、光学的性質測定等が24件、半導体、サブミリ波導波管とサブミリ波IC等19件、サブミリ波天文学が9件等々である。会議ではかなり細分化されたセッションに分かれていたが、次のような会議の大きな主題に従った項目についてだけ紹介する。

### 1. プラズマ診断

この領域では次の二つに分類できるであろう。

#### 1.1 ECE 測定

ECE (electron cyclotron emission) はプラズマが高密度になるにつれて重要な因子になるものである。プリンストン大学のTFTR (tokamak fusion test reactor) 装置からのECEを多くの大学からの研究者が測定している。メリーランド大のグループは高速FTS (76 スキャン/秒) を用いて90~600 GHz のECEをはかり、電子温度を求めた。また偏光測定用の回折格子分光器で波

長1~3 mm の領域も測定した。西ドイツのマックスプランク研のステラレータでは、ECEを8チャンネルの場所でSIS (superconductor-insulated-superconductor) トンネルジャンクションで測定した。

#### 1.2 光学的測定

UCLA のプラズマ装置では20チャンネルにわけて、ファラデー回転による電子密度分布測定を行ない、プリンストン大のTFTR装置ではミリ波干渉計によるヘテロダイン測定を行なっている。MITのプラズマ装置AlcatorではD<sub>2</sub>Oの385 μm レーザーのトムソン散乱からイオン温度をはかり、UCLAの装置では245 GHz (λ=1.22 mm) の<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>F レーザーのトムソン散乱をはかった。また同じUCLAのグループは1.22 mm 波のマルチチャンネル測定で微小な乱れを検出し、同時にカルシノトロンの400 GHz 波を回転グレーティングで変調して、その位相シフトをボロメータアレイで検出、電子密度分布をはかっている。

### 2. ジャイロトロン

ジャイロトロンは国内の学会ではなじみがないが、electron cyclotron maser のことであって強力なセンチ波やミリ波の発生装置として注目されている。本会議でもっとも多い発表件数があった。その内容はモード競合、出力の角度分布等の測定や同調可能化、高調波によって短波長出力を得ること、光学的またはクライストロンの動作の組合せによる装置等の研究が行なわれている。バリアン社ではTE<sub>02</sub>モードで60 GHz、200 kW のCWモード(100 ms)を得ており、西ドイツのマックスプランク研ではモード選択を行なって28 GHz、220 kW のTE<sub>02</sub>モードを得た。NRL (米海軍研究所) ではλ=2.6 mm の準光学的ジャイロトロンで100 kW、25%の効率を達成した。一方MITでも140 GHz、170 kW、効率36%を報告して、さらに第2高調波の209~302 GHz で25 kW 以上の出力を観測している。オーストラリアのシドニー大では同調可能な分光用ジャイロトロンをめざして、125 から260 GHz までを同調した出

力を得ている。高調波の発生では UCLA での 65 GHz の 11 次高調波, メリーランド大でのモード選択カップラを用いた高調波発生 の報告がある。興味があるのはソ連での  $\lambda=0.5\sim 0.65$  mm で 60~80 kW の出力が得られるとの報告である。

### 3. レーザー

レーザーは自由電子レーザー, 光励起 FIR レーザー, レーザーのアサインメントについて述べる。

自由電子レーザーについては, NRL で  $2\ \mu\text{s}$  幅の高密度電子ビームによって 30 GHz, 2~4 MW 出力のもの, ミシガン大での 2 重構造反射板による低損失 1 mm 波自由電子レーザー等があった。

DFB レーザーは色素レーザーで発展し, スイスの ETH で FIR の発振に成功しているが, 今回 ETH の Kneubühl が多くのアイデアを提案した。光励起 FIR レーザーの新発振線の試みは一段落した感じで, 高出力レーザーの報告があった。従来から  $\text{D}_2\text{O}$  の  $385\ \mu\text{m}$  と  $\text{CH}_3\text{OH}$  の  $119\ \mu\text{m}$  が試みられており, プリンストン大で  $119\ \mu\text{m}$  で 750 mW, スイスのローザンヌ工大で  $385\ \mu\text{m}$  の 500 mJ のパルス出力の報告があった。今回はさらに  $\text{NH}_3$  の高出力レーザーが現われて, MIT のグループは  $100\sim 300\ \mu\text{m}$  をカバーする目的で  $\text{NH}_3$  レーザーを製作して,  $157\ \mu\text{m}$  で 840 kW,  $257\ \mu\text{m}$  で 430 kW,  $281\ \mu\text{m}$  で 160 kW の出力を得た。 $\text{CH}_3\text{OH}$  レーザーのアサインメントにはいまだ多くの問題点が残っており, カナダの Lees は半導体レーザーと  $\text{CO}_2$  レーザーとの二重共鳴によるアサインメントの確証を行なった。イタリアのピサ大の Strumia らは  $\text{CH}_3\text{OH}$  のレベル計算精度の向上を行ない, また RF 波との三重共鳴から K レベルの分離における同定を行なっている。筆者らは

$\text{CD}_3\text{OH}$  レーザーでフェルミ共鳴によるエネルギーシフトを計算し実験との良い一致を報告した。

### 4. 検知器およびミキサ

ミリ波, サブミリ波の検出器についても非常に多くの報告があった。例年どおりショットキダイオード, ジョセフソン接合, SIS 素子等々がみられたが, そのほかの興味をひいたものについて述べてみる。

イギリスの Kimmit らは  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  の  $x=0.44$  のものを使い  $\lambda=900\ \mu\text{m}$  で,  $\text{NEP}<5\times 10^{-12}\ \text{W}/\text{Hz}^{1/2}$ , 応答度  $2,660\ \text{V}/\text{W}$  を得ており, 波長が長いほうがより高感度になるといっている。彼らは同じ半導体をサブミリ波ミキサとして使い  $433\ \mu\text{m}$  と  $920\ \mu\text{m}$  で調べたところ InSb より良い性能をもっていた。MIT のリンカーン研ではやはり  $\text{HgCdTe}$  のミキサで  $28\ \mu\text{m}$  で  $\text{NEP}\ 6\times 10^{-20}\ \text{W}/\text{Hz}^{1/2}$  と報告している。また別の意味で興味のあるものは, カリフォルニア工科大で製作したマイクロボロメーターである。受光面積数  $\mu\text{m}^2$  の Bi をブリッジで浮かしたものでフォトレジストに Ag と Bi を蒸着してのちレジストを除去して製作した。  $\text{NEP}\ 2.8\times 10^{-11}\ \text{W}/\text{Hz}^{1/2}$  であって, とくに高速応答にすぐれ  $100\ \text{kHz}$  に応答し, 面積をより小さくすればもっと高速になるといっている。

そのほかの分野では対流圏での汚染物質, 水蒸気等による FIR 吸収, 種々の物質での FIR 光学特性測定, 半導体の研究等々多くの報告があった。これらの報告はいずれ雑誌 Int. J. Inf. Millimeter Waves に掲載されることになるであろう。なお第 9 回の本国際会議は 1984 年 10 月 22 日~26 日に兵庫・宝塚において開催される。

(1984年4月26日受理)