

話 題 (VII)

「自由電子レーザー東京国際シンポジウム90」報告

(原 研) 大久保 牧 夫

1. 概要

原子力用レーザーとして、可変波長、高出力が期待される自由電子レーザー (FEL) について、内外の研究の現状、応用の状況を知るため、および研究者間の交流を深めるため、上記国際シンポジウムが開催された。自由電子レーザーの発明者 Prof. Dr. John Madey (Duke Univ.) を含む外国人8名をはじめ、国内の指導的研究者により、自由電子レーザーに関する世界および国内における研究の現状、応用を含むかなり広い範囲の研究について、招待講演27件が発表された。

日時 1990年 1月29、30日
場所 虎の門バストラール (8F けやきの間)
出席者 1/29 170名
1/30 120名

主催: 原子力基盤技術総合的研究推進委員会・原子力用レーザー交流委員会
後援: 科学技術庁

2. シンポジウム内容

第1日

(挨拶)

藤家洋一氏 (原子力基盤クロスオーバー研究推進委員会委員長)、朝岡卓見氏 (原研理事)、緒方謙二郎氏 (科学技術庁原子力局局長) による、クロスオーバー研究の意味付け、各研究機関が果たす役割、これからの研究への期待等を含めた挨拶があった。

(講演)

Prof. Dr. J. Madey (Duke Univ. 自由電子レーザーの発明者) がFELの誕生と将来と題して総合的な講演を行った。レーザー物理としてみると、FELは波長可変、高出力、高効率、高次モード抑制等の長所がある。エネルギー変換技術としてみると、電気エネルギーから光エネルギーへの変換とも言える。その応用は 医学、化学、材料科学、アイソトープ分離などにわたる。FEL技術は、高輝度電子ビームを得る加速器技術、高磁場アンジュレータ、光学素子のダメージの問題などにより制約を受けている。これら問題の克服のための新しい研究成果のいくつかが報告された。

三間氏（大阪大レーザー研）は、国内のFEL研究の現状を総括した。宇宙研の0.5MeV円形FELの現状、大阪大レーザー研の誘導ライナックで3~5 MeV、100Aのビームで30dBのゲイン、数100Wの出力が得られた事、高エネ研誘導ライナックFEL、電総研蓄積リングTERAS、分子研蓄積リングFEL等の現状を写真を使って説明した。

Dr. S. Benson (Duke Univ.) は、米国のFELの研究の現状を総括した。FELの高調波出力分布、ライン幅の分布の測定結果などのほか、RFライナックによるFELパルスの波形が乱れる”Sierra Mountain Effect”と称する現象を話した。これは光共振器内のマルチモード励起と関連した問題である。しかしMichelson Mirror入り光共振器ではマルチモード対策に好成績を挙げている。一方、反射鏡の高電界でのダメージが深刻な問題である。

北村氏（高エネ研）は、国内に十数台（高エネ研-PF 6、Tristan 2、分子研 3、電総研 2 など）ある放射光リング用アンジュレータ挿入光源の報告、および高輝度光源ではコヒーレンシーの高い光が得られるという話をした。巨大リングのなかの電子ビームをマイクロの大きさまで細くするのがこれからの方向である事を強調した。

山田氏（住友重機）は、円形電子蓄積リングの外側に同心円状に反射鏡を配置し放射光を蓄積する”Photon Storage Ring”の新しいアイデアを報告した。

中里氏（東北大）は、放射光のうち電子バンチの大きさと同程度の波長の光成分が強められることを理論で示し、東北大電子ライナックを用いて偏向磁石からの放射光のスペクトル分布の測定を行い、実験的に確認した。遠赤外光源になる可能性がある。

山田氏（電総研）は電総研蓄積リングと光クライストロンによるFEL発振実験の現状を報告した。240MeVのビームにたいし、ゲインは 10^{-4} と低いため、光共振器の反射率が最も問題になる。その測定には空気中の塵が影響するという実験報告であった。

ラマン領域FELとして、今崎氏（大阪大レーザー研）、河村氏（理研）、斉藤氏（宇宙研）は、それぞれの実験を報告した。尾崎氏（高エネ研）は誘導ライナックFELにより、9.4GHz、300MWの高周波を得る実験を報告した。岸本氏（原研）はマルチモードの場合の各成分の成長のシミュレーション結果を述べた。

第2日

Dr. Y. Petroff (南バリ大学、電磁線利用研究所) はヨーロッパにおけるFEL研究の現状を報告した。フランス (Saclay 800MeV蓄積リング Super-ACO)、ドイツ (Delta 計画、Darmstadt 50MeV超電導ライナック)、イタリア (Frascati LISA 25MeV超電導ライナック、Padova 1MeV)、オランダ・イギリス (FELIX計画)、ソビエト (Novosibirsk 350MeV蓄積リング) で研究が進んでいる。Petroff氏の率いる Super-ACO の実験ではFELのゲインが時間の関数になり周期変調をうけ、その結果FEL出力がカオス状態を呈すという。

Dr. S. Ruschin (Tel Aviv Univ.) は、イスラエルのFEL研究の現状を報告した。Smith-Purcell FEL、反対方向から入射するCO2レーザーによるビート波による電子ビームの閉じ

込め、タンデム加速器を用いた小型FEL等の研究の進捗状況の報告があった。

中田氏（三菱電機）は、同研究所のs-バンド20MeV常伝導ライナックによる遠赤外FEL実験の準備状況を報告した。仕様、性能はパルス幅 $2\mu\text{s}$ 、電流 100mA、26周期のアングレータ、ゲインは計算では 16%、アングレータ出口のビーム径は0.7mmである。

Dr. R. A. Jameson (Los Alamos) は、FEL用高輝度電子ビームについて考慮すべき点、および Photo Cathode、RF Gun、RF 加速器等の高輝度電子ビーム装置の実例について述べた。

Dr. S. O. Schriber (Los Alamos) は、Photo Cathode RF電子銃につき、最近の状況を報告した。超高真空 10^{-10} Torr が必要で、寿命もまだ長くないが、得られる高輝度電子ビームはFEL用電子銃として魅力的である。

大橋氏（東大工）は東大原子炉施設の 15MeV s-バンド常伝導ライナックによる遠赤外FEL実験の準備状況、河原崎氏（原研）は超電導ライナックによる原研FEL計画、鳥塚氏（日本大学）は1989年にビームが回った 35MeV CWマイクロトロンの現状、服部氏（東工大）は大阪大産研ライナックでのFEL共同実験用アングレータ等の状況を報告した。

平松氏（高エネ研）は、FELを大強度マイクロ波増幅器として、高電界加速ライナック（リニア・コライダ 19GHz、300MV/m）に併設するTwo Beam Accelerator (TBA) の案を述べた。

Prof. Dr. C. Brau (Vanderbilt Univ.) はFELの可能性とその物性科学、生物科学への応用を手際良くまとめた。Vanderbilt 大学では、FELの医学応用施設の建設を進めている。

Dr. C. Straight (Utah Univ.) は、Stanford Mark III linac によるFELの $0.5\sim 8\mu\text{m}$ の光を医学用レーザー・メスとして用いた試験結果を報告した。ある条件では他のメスと比較してFELが優れた成績を挙げるといふ。

最後に 交流委員会主査 黒田寛人氏によるサマリーがあり、日本のFEL研究の今後の発展に期待する、ということで閉会した。

3. 成果

FELは誕生から十数年しか経っていない成長の速い分野である。ここでFEL研究者が一堂に会し、世界的指導者の生の声を聞き、各研究成果を報告し合えたのは、我々を含む国内の研究者に強い刺激を与えた。また外国人招待者8人も日本の研究の現状を知り刺激を受けたであろう。これらは今後のFEL研究に良い結果をもたらすであろう。

本シンポジウムは、クロスオーバー研究の促進のほか、産学官の研究協力を進める一環として開かれた。この様な会合を通して、FELに関心を持つ層を拡大したことは、原研FEL計画にも”はづみ”がつくものと期待される。

日本はFELに関して、先進グループから約10年遅れている。このギャップを埋めるべく努力中であるが、いまの国力を以て当たれば何とか追い付くことは可能であろう。しかし、努力

のなかから出る革新的創造の芽を大事に守り育てる土壌を養うことが、今後の日本の科学技術のオリジナルな花を咲かせるのに最も重要となってくるであろう。

開催の実務は原研物理部核物理第2研究室で行った。発表者の用いたトランスペアレンシーは事務局の責任でコピーさせて頂いた。プロシーディングは4月頃出版される予定である。

上文は研究所への報告書に若干手を加えたものである。