



短波長コヒーレント放射光の 生成と応用会議報告

永 田 浩

新技術開発事業団 〒140 東京都品川区西大井 1-6-3 日本光学工業(株)内

短波長コヒーレント放射光の生成と応用会議 (Topical Meeting on Short Wavelength Coherent Radiation: Generation and Application) は、3月24~26日、米国のモンレーで開催された。この町はサンフランシスコから車で2時間ほどの太平洋に面した小さな町で、隣のカーメルとともに観光地としてよく知られている。会議場のすぐ近くにフィッシャーマンズワーフがあり、群がってくるあしかの声を聞きながらレストランを物色し、食べ歩くという具合であった。

会議を特徴づけた背景として、カリフォルニア大ローレンスバークレー研究所のX線光学センターの誕生と、X線レーザーの分野における研究の進展があげられる。X線光学センターは1984年4月に本格的な活動を開始し、回折あるいは反射光学素子、顕微鏡、光源、分光などX線やXUV光を利用する技術の研究と開発を進めている。こうした研究の進め方はわれわれにとっても参考となるところが多いといえよう。センター設立のリーダーであったD. Attwoodは、今回の会議の共同議長の一人として活躍していた。X線レーザーについては後述するが、ローレンスリバモア国立研究所では20nm付近での増幅に成功した。これは光電離や分光などX線やXUV光を利用した研究にも大きなインパクトを与えるものとなる。これら二つの研究機関はいずれもサンフランシスコ近辺にあり、今回の会議は、そのテーマにふさわしい時期に、ふさわしい場所で開催されたものといえよう。

会議では、13のセッションに招待論文27、一般論文17の口頭発表と、25件のポスターセッションがあった。参加者は約160名で、国公立の研究所や大学のメンバーが大半であった。日本からは9人が参加した。狭い分野の会議であるので参加者はあまり多くないが、それだけによく知り合った人達が集まっており、また誰をつかまえても共通の話題が引き出せるので、コーヒーブレーションやレセプションでは、あちこちに話の輪ができ、かつその輪が次々に移動するなど、内容の豊富な情報交換や討論が行なわれた。以下、X線光学、X線レーザーを

中心に、いくつかの発表についてその概略を報告する。

真空紫外域の自由電子レーザー (FEL) と、アンジュレータなど周期構造からのコヒーレント光のセッションでは、スタンフォード大のLaSalaがFEL開発のキープポイントとして、導波モードの解析、高輝度ビーム、アンジュレータ、高反射ミラーの4点をあげ、1GeVストレージリングでの計画を報告した。ローレンスバークレー研のKimはアンジュレータで発生する波動のコヒーレンスを論じ、ストレージリングのバイパスアンジュレータにより5MWの出力のFELが得られる可能性を示した。ロスアラモス研のNewmanはrfリニアアクセレータによる10nmまでのFELの計画を述べ、多重アンジュレータにより10~300nm域でレーザー発振を得る構想図を示した。これら100nm以下の波長でのFELは、いずれも計画段階であるが、数年のうちの実現をめざして着々と研究が進められている。

X線顕微鏡とX線光学に関するセッションでは、ゲッチンゲン大学のRudolphがBESSYのストレージリングを光源とし、ゾーンプレート (FZP) を用いた分解能50nmの顕微鏡の報告をし、X線顕微鏡の意義、今後の課題と展開について述べた。ニューヨーク州立大のKirzはFZPとピエゾ駆動試料台からなる走査型顕微鏡と、波長3.5nm付近での吸収の差を利用した頭蓋のCaの分布表示等を示した。阪大の有留はフォトンファクトリでの実験と、分解能の向上(20nm)の展望について述べた。次にローレンスリバモア研のBarbeeは多層膜ミラーについて述べ、絶対反射率、光電吸収、損傷、熱負荷、基板安定性、耐久性、表面の汚れ等をポイントとして指摘した。光学的性能だけでなく、実用上の安定性や耐久性が問題となってきていることがうかがわれた。FELやX線レーザーの発表でしばしば“Barbee's Mirror”が言及されたが、それと呼応したものといえよう。アルゴンヌ研のZieglerは多層膜ミラーのアニールによる変化を調べ、300~600℃での不可逆熱変形、650~750℃での結晶化と反射率の大幅な減少を報告した。ソ連のAristovは周期性のある物体の像再成において、トルボ

ット効果を利用した手法について述べた。このセッションで予定されていた筑波大の青木の発表は、関東地方の時ならぬ大雪で飛行機が成田を出発できなくなるというハプニングに見舞われ、次の日になったが、フォトンファクトリのアンジュレータを用いて、20本以上の干渉縞を記録したきれいなX線ホログラムが得られたことが報告された。

X線レーザーのセッションでのローレンスリバモア研からの2件の発表は、この会議の目玉と思われた。まずRosenはSe(75nm厚, 1cm長)にノバレーザーの2ビームを照射し、20.6nmと20.9nmの波長でゲイン 6 cm^{-1} の増幅を得たことを述べ、ついで増幅を飽和にまで至らせる方法について案を示した。さらにより短波長レーザーとしてMo(13.1nm, ゲイン 3 cm^{-1})、Eu(8nm)の可能性をあげた。MatthewsはMCPを検出器とする斜入射分光器や、透過格子とストリークカメラを組み合わせた装置等による各種の計測と、今後のプログラムについて述べた。これには、平、凹反射鏡(多層膜)による共振器を構成し、ゲインを向上させる計画も含まれていた。プリンストン大のSuckewerは、CO₂レーザーを炭素ディスクに照射して18.2nmの発光を得た報告と、さらに10nm以下の発振を得る計画について述べた。

光電離励起レーザーのセッションでは、YAGレーザーをターゲットに照射し、生じたプラズマ中のX線によりVUVや可視域の発光を得る報告が2件あり、ベル研のSilfvastはHe⁺(164nm)とAr⁺(428, 477nm)、スタンフォード大のCaroはLi⁺(165nm)についてそれぞれの結果を述べた。東大物性研の黒田はレーザー照射で生ずる10ps程度の遷移状態にあるAlのスペクトル(0.5~3nm)のモデル計算と、時間分解計測について述べた。

多光子電離に関するセッションではイリノイ大のRhodesが数psあるいはfsオーダのエキシマレーザー光のもとでの非線形相互作用について論じた。フランスのL'HuillierはXeなど希ガスの50ps YAGレーザー光(532nm)による実験について述べ、多電子による遮蔽効果の影響を指摘した。南カリフォルニア大のLambropoulosは 10^{12} W/cm^2 以上のレーザーパルスの

もとでの多光子吸収について調べた。

レーザー生成プラズマのセッションではローレンスリバモア研のCampbellがX線レーザーの2件の発表と関連して高温・高密度プラズマからのX線発生について述べた。0.53 $\mu\text{m}/0.35\mu\text{m}$ の 10^{14} W/cm^2 以下の入射レーザー光に対し、X線への変換効率は70%、0.5nm付近の50ps以下の発光と15~26nm領域での励振スペクトルが観察された。阪大の加藤は $10^{15}\sim 10^{16}\text{ W/cm}^2$ のレーザー光による0.6nm付近でのX線の発生について調べ、そのメカニズムについて論じた。

コヒーレント結像ではローレンスバークレー研のHowellsがガボアタイプのホログラムに含まれる情報について述べ、ブルックヘブンのSORを光源としたホログラムを示した。英国のBuckleyは炭素膜上への線幅40~100nm、精度10nmのFZPの書き込みと、コンタクトリソグラフィによる金への転写について述べた。非線形光発生では西独のWallensteinがパルスダイレーザーを用いた希ガスの多波混合によるVUV光の発生について、また大阪府立大の佐々木は60ns, 700kVの電子ビーム励起によるArエキシマレーザー(124~127.5nm, 出力1MW以上)の発光と誘導ラマン散乱による波長域の拡大について報告した。

分光への応用のセッションでは、ベル研のBucksbaumが可視/赤外の励起光(70ps)と118nmのプローブ光を組み合わせ、InP(110)とSi(111)の表面状態の時間変化を調べた結果を述べ、ハンブルグ大のSonntagはCa等のダイレーザーによる励起状態を25~45nm域のVUV光の吸収で観察した結果を報告した。ワートルロー大のHepburnはVUVレーザー誘導蛍光で調べたOCS, CS₂などの分子ビーム中での光分離反応について述べ、トロント大のMadejはKr₂, Ar₂の励起レベルの寿命を超音速ジェット流($\sim 10^{-3}\text{ Torr}$)でのVUVレーザー光による蛍光測定から求めた結果を述べた。

全体を通して、レーザー発振と、その短波長化への努力、また励起、計測における時間分解能の向上がこの波長域の科学の進展をうながしている様子がうかがわれた。次回はカリフォルニア大のFalconeとニューヨーク州立大のKirzが中心となって、1988年9月に開催される予定である。(1986年5月8日受理)