

LASER 開発史

基盤となる理論

1917年、アルベルト・アインシュタインの論文 **Zur Quantentheorie der Strahlung (放射の量子論について)** がレーザーとメーザーの理論的基礎を確立した。アインシュタインは、電磁放射の吸収、自然放出、誘導放出についての確率係数（アインシュタイン係数）に基づいて、マックス・プランクの輻射公式から新たな公式を導き出した。

1928年、Rudolf W. Ladenburg は**誘導放出および負の吸収**という現象が存在することを確認した[1]。1939年、Valentin A. Fabrikant は誘導放出を使って「短い」波長を増幅できる可能性を予言した。

1947年、ウィリス・ラムと R. C. Retherford は水素スペクトルに明らかな誘導放出を発見し、誘導放出について世界初のデモンストレーションを行った。

1950年、アルフレッド・カストレル (1966年ノーベル物理学賞受賞) は光ポンピング法を提案し、数年後に Brossel、Winter と共に実験で確認した。

1953年、**チャールズ・タウンズ**は、大学院生の **James P. Gordon** と **Herbert J. Zeiger** と共に**世界初のマイクロ波増幅器**を開発した。この装置はレーザーと同様の原理に基づくが、赤外線や可視光線ではなくマイクロ波を増幅するものである。ただし、タウンズのメーザーは連続出力ができなかった。同じ頃、**ソビエト連邦のニコライ・バソフとアレクサンドル・プロホロフ**が独自に量子振動について研究し、2つのエネルギー準位を使って連続出力可能なメーザーを開発した。これらのメーザーシステムは基底状態に落ちることなく誘導放出でき、したがって反転分布になっている。

1955年、プロホロフとバソフは反転分布を作り出す手段として多準位系の光ポンピング法を示唆し、それが後にレーザーポンピングの主な手法となった。

タウンズは、ニールス・ボーア、ジョン・フォン・ノイマン、イジドール・イザーク・ラービ、ポリカプ・クッシュらがメーザーは理論的に不可能だと反対していたことを明かしている。

1964年、タウンズ、バソフ、プロホロフは「量子エレクトロニクス分野に基本的な貢献をし、メーザー・レーザーの原理に基づく発振器と増幅器をもたらした」としてノーベル物理学賞を受賞した。

1957年、ベル研究所に勤めていたチャールズ・タウンズとアーサー・ショーローは、赤外線レーザーを真剣に研究し始めた。研究が進むと彼らは赤外線をやめ、可視光線に集中するようになった。当初この概念は「光学メーザー」と呼ばれていた。

1958年、ベル研究所は光学メーザーについての特許を出願。同年、ショーローとタウンズはフィジカル・レビュー誌に光学メーザーの理論計算の原稿を送り、それが掲載された (Volume 112, Issue No. 6)。

同じ頃、**コロンビア大学の大学院生ゴードン・グールド**は、励起したタリウムのエネルギー準位についての学位論文を書いていた。グールドはタウンズと会って電磁放射の放出について話し合い、その後の1957年11月、**"laser" や開放共振器のアイデアについてノートに書いた**。さらに1958年、プロホロフも独自に開放共振器の使用を提案し、ソ連国内でそれを発表した。アメリカでもシ

ショーローとタウンズが開放共振器を使ったレーザーの設計で合意に達していた。彼らはプロホロフの発表も、グールドの未発表のアイデアも知らなかった。

1959年の学会で、ゴードン・グールドは論文 The LASER, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の中で初めて "LASER" という言葉を公けにした。グールドは、マイクロ波が "maser" なら、同様の概念には全て "-aser" を後ろにつけ、光 (light) なら "laser"、X線なら "xaser"、紫外線なら "uvaser" と呼ぶことを想定していた。しかし、レーザー (laser) 以外の用語は定着しなかった。

グールドのノートにはレーザーの用途として、分光法、干渉法、レーダー、原子核融合などが書かれていた。彼はその考えを発展させ、1959年4月に特許を出願した。しかし米国特許商標庁はグールドの出願を却下し、1960年にベル研究所に特許を与えた。そのため、28年におよぶ訴訟となった。グールドは1977年にマイナーな特許で勝利を勝ち取ったが、光ポンピングとガス放電を使ったレーザー装置についての特許をグールドに与えることを法廷が特許庁に命令したのは1987年のことだった。

1960年5月16日、カリフォルニアのヒューズ研究所のセオドア・メイマンが、コロンビア大学のタウンズやベル研究所のショーローや TRG (Technical Research Group) のグールドに先駆けて、最初のレーザー発生装置を開発した。メイマンのレーザー装置は、ポンピング用の閃光放電管で合成ルビーを励起させるルビーレーザーであり、694ナノメートルの波長の赤い光を発生させる。しかし3準位レーザーであるため、パルス発振しかできなかった。直後にイラン人物理学者 Ali Javan と William R. Bennett、Donald Herriot が、ヘリウムとネオンを使った初のガスレーザーを開発した。Javan は1993年にアルバート・アインシュタイン賞を受賞した。バソフと Javen は半導体レーザーの概念を提案した。

1953年：ドイツのフォン・ノイマンが半導体レーザーのアイディアを講演や友人宛の手紙などで発表した

1957年：4月に東北大学の渡辺寧、西澤潤一が、半導体レーザーのアイデアを特許出願し、特許される(特公昭35-13787)11月にゴードン・グールドは、自分の研究ノートに装置の図面と簡単な式とレーザー (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation : 輻射の誘導放出による光増幅) という言葉を記した[7]。

1962年、Robert N. Hall がガリウムヒ素を使った半導体レーザー素子を開発し、850ナノメートルの近赤外線レーザー発生に成功した。直後にニック・ホロニアックが可視光の半導体レーザーの実験に成功した。初期のガスレーザーと同様、初期の半導体レーザーはパルス発振しかできず、液体窒素で冷却する必要があった。

1970年、ソ連のジョレス・アルフォーロフ、林厳雄、ベル研究所の Morton Panish がそれぞれ独自に常温で連続発振できるヘテロ接合構造を使った半導体レーザー素子を開発した。