高出力用途をねらう一酸化炭素レーザ

約5μmの波長を放射する一酸化炭素（CO）レーザは数十年間前から存在していたが、10.6μmの出力をもつ二酸化炭素（CO_2）レーザほど利用されていなかった。米コヒレント社（Coherent）は、ガラスカットなどの材料加工用途、さらに、医学、分光学、研究分野で利用できるようにデザインしたCOレーザを発表した。

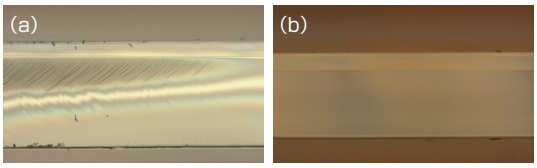

図1　厚さ0.7 mmのコーニングCT24ガラスの断面を、ノマルスキー微分干渉顕微鏡で撮影したもの。CO_2レーザでカットしたものは残留応力が見られるが（a）、COレーザでカットすると欠陥がない（b）。（提供：コヒレント社）

コヒレント社CO_2事業ユニットのマーケティングディレクターのアンドレー・ヘルト氏は、「COレーザ技術は、CO_2レーザと同時期の1960年代半ばに開発された」と話す。「COレーザはCO_2レーザの2倍の効率をもつポテンシャルをもっていたため、魅力的だった。しかし、COレーザには課題があった。初期のCOレーザは、高効率に高い出力をもたせるために冷却が必要で（非常に高い出力では極低温冷却していた）、レーザ出力は急速に減衰していた。ほとんどのCOレーザの寿命は数十時間だった。そのため、CO_2レーザ技術が『勝利』し、それ以降、ガスレーザのスタンダードとなっている」

だが、コヒレント社は自社技術を活用して、室温で高効率に5～6μm範囲の高出力COレーザを設計した。寿命は数千時間にもなると、ヘルト氏は述べる。新規COレーザでは、コヒレント社のCO_2レーザ向けに長年開発されてきた技術と同じものを多く採用している。例えば、CO_2レーザで使われている高周波（RF）電源の技術はCOレーザに応用できる。

コヒレント社では、同社の導波管やスラブ構造をベースとして、複数のCOレーザ試作機をテストした。その結果、レーザ出力は20Wから1kW以上となった。コヒレント社の初のCOレーザは、7月22～25日にドイツで開催されたLASER World of Photonicsで披露され、平均200 W以上の高ピーク出力でパルス運転している。

同氏は、「5μmで材料加工することには、多くの利点がある。最たるものは、光と材料の相互作用における利点だ」と話す。「COレーザの5μm出力では、CO_2レーザの9～11μm出力に比べて異なる吸収係数を示すため、相互作用は大きく異なるだろう。多くのフィルム、ポリマー、PCB絶縁体、セラミックス、その他の化合物では、より強く吸収する。カルコゲナイドと重金属のフッ化物ファイバでは、5～6μmレーザ光の減衰は非常に小さいため、ファイバ伝送のポテンシャルが引き出される。CO_2レーザの出力ではファイバと連結できず、CO_2レーザはファイバレーザにおける大きな欠点である」

ガラスカット

吸収係数の違いが大きなインパクトをもたらす用途の一つは、ガラスカットであるとヘルト氏は解説する（**図1**）。「CO_2レーザをベースとするガラスカットでは、10.6μmの出力は表面で非常に多く吸収される。表面で発生する熱は材料全体に拡散するためウォータージェットで冷却するが、そこで起きる熱衝撃がスクライブラインを作ってしまう。より厚みのあるガラス基板では、物理的な損傷が起きる。一連の加工はCOレーザでも同じだが、5μm出力に対するガラスの吸収量はより低い。このため、光はダイレクトに、より材料全体を貫通する。熱はガラスの厚み全体に、より均一に広がる」

ヘルト氏は、ガラスにおける表面溶融やひび割れ、残留応力がないなど、複数の重要な利点があることを、テストは明らかにしたと述べる。これにより、より高品質な加工、強度のあるガラス、幅広い切断プロセス・ウィンドウが可能になる。

COレーザは、円形（フリーフォーム）のガラスカットも可能である。一方で、CO_2レーザは直線のカットしかできない。その理由は、本質的な円形出力ビームでは、表面で発生する熱を拡散させるために長く、細いラインのビームに作り替える必要があるからである。曲線カットは、特にスマートフォンのディスプレイ向けには重要である。なぜなら、曲線コーナーや、操作ボタンを収めるための形状が、しばしば求められるためである。COレーザの円形ビームは、拡散工程をコントロールしにくいために発生する不都合な熱効果を起こさずに、ガラスにダイレクトに貫通するため、曲線カットやフリーフォームカットが可能である。

加えて、COレーザでは波長が短いため、CO_2レーザと比較してより小さい収束スポットとなり、また同じスポットサイズでより焦点深度が深くなる。焦点深度が深くなればプロセス・ウィンドウも大きくなり、加工における視野も広くなる。（John Wallace）LFWJ