

経験知が教えるレーザー加工の奥義

井上憲人

スペクトラ・フィジックス社主催「レーザー微細加工の最新ソリューション」セミナーが2016年11月に横浜で開催された。ここでは、基調講演の一部を紹介する。

パルスレーザー加工の特徴

基調講演「パルスレーザー加工の勘どころ」(レーザー技術総合研究所 主席研究員 藤田雅之氏)では、サブタイトルが「SPレーザーで見つけたツボ～複合・多層材料加工への効果的なレーザー適用事例」。タイトルから分かるように、新しい材料に対する加工は、確立された理論が最初にあって、それにしたがって加工するというわけに行かない場合がある。加工法は、トライアルとエラーを繰り返して「見つけたツボ」である。

まず、パルスレーザーを使った加工の基本を押さえておこう。パルスレーザーを使って加工するとは、「材料を直接加工することではない」と藤田氏は指摘する。固体材料にレーザーをあてると、高温でプラズマが発生する。材料が溶けてプラズマが発生するまでの時間が10ピコ秒(ps)。レーザー光は、材料には届かず、プラズマの中の電子に吸収される。レーザーからエネルギーを得た電子が熱伝導でエネルギーを固体材料に運び、加熱加工が行われる。

パルスレーザー加工は波長依存性がある。プラズマの電子密度と空間との関係を見ると、臨界密度があることがわかる。臨界密度は波長の2乗に逆比例することが分かっている。言い換えると、波長が長いCO₂レーザーよりも、波長が短い、例えばKrFレーザーでは、レーザーは固体材料近くまで

入り込める、つまり微細加工ができる。

ではサブピコ秒の場合ではどうか。プラズマが発生するまで10psかかるので、サブピコ秒のパルスはプラズマに吸収されることなく、固体材料に直接吸収される。言い換えると、「非常に微細な非熱加工が可能になる」。

加工結果の違いについて藤田氏は、シリコンをターゲットとした時の10ns、200ps、100fsパルスで加工した例で説明していた。加工結果は、プラズマが発生するまでの時間、10psを境目にして変わってくる。フェムト秒では、光はプラズマに吸収されることなく、材料を直接加工する。これが超短パルス加工、非熱加工である。

レーザーによるレジスト剥離

フォトリソグラフィ最終工程ではレジストを剥離しなければならない。これまでは、フォトリソを化学薬品(アルカリ溶液)で処理して剥離していた。「レーザー照射によるレジスト剥離の現象が見つかった。アブレーションや蒸散ではない」と藤田氏は言う。見つかった経緯について同氏は、「偶然、フォーカスを外して(デフォーカス)レーザーを弱く当てた。すると、密着したレジストに水膨れのような空間ができた。全体にレーザーをあてていくと、レジストが簡単に剥離できた」と説明している。この方法を使えば、薬品を使うことなく、レーザーで素早くレジスト剥離処理をすることができるとのことだ。このとき使用したスペクトラ・フィ

ジックス社のレーザーは、Quanta-Ray、532nm/10ns/600mJ/10Hz/6Wである。エネルギーが大きければ大きいほど、大面積で素早く処理することができるので、HIPPO、5ns/0.7mJ/15kHz/10Wを使うことも可能である。

多層MEMSウエハダイシング

MEMSウエハを安価にダイシング加工する技術。高価なフェムト秒レーザーではなく、手ごろな価格のレーザーを使って加工することができるか。これも藤田氏の言う「見つけたツボ」になる。

MEMSウエハは異なる材料の多層構造から構成(Si、ガラス、ポリマ、金属など)。すなわち、異なる光学的、機械的性質を有する(光吸収、応力の伝搬など)。シリコンは結晶性の材料、ガラスはアモルファスで透明。まったく違う材料である。しかもMEMSは、低ストレスダイシングが必要である。

「ツボ」は、「ガラスに加工しないで、シリコンだけに加工」すること。後は、押すだけでウエハは、きれいに割れる。ステンドグラスの工程で、板ガラスをカットする時のようなイメージであると言う。同氏の説明では、200nsのファイバレーザーを使った加工が紹介されている。スペクトラ・フィジックス社の製品では、VGEN-ISPファイバレーザー、1060nm/100ns/0.2mJ/100kHz/20W、これを200nsにチューニングすることで加工しやすくなった、と言う。

この他、「Al-Si合金の表面加工」「炭素繊維(CFRP)の切断」事例が紹介された。「多層・複合材料の加工では、材料の立場で光をあてる」ことがポイントになる、と言うことだった。