

レーザー超音波

レーザーを用いた超音波法には、

- 1) 受信に連続（又は間欠）レーザーによる変位計測＝音波振動の検出に使う。
- 2) 送信にパルス・レーザーを使う
- 3) 1) 2) 共に使う

の3種があります。

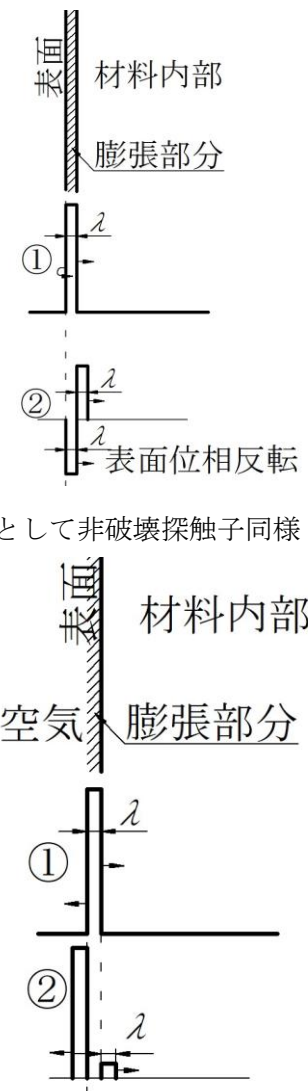
多くのレーザーは紫外線～可視光～遠赤外線で波長では $0.3\mu\text{m}$ ～十数 μm です。レーザーを変位計に使う場合、波長の $1/10$ 程度が容易に検出できる変位で、リアルタイムで $1/100$ 程度、平均処理すると $1/1000$ 程度まで計測できる。しかし、表面状態が安定している場合で、多くの場合表面斑や汚れがあり、安定した計測は期待できない。

通常非破壊用探触子からの変位は最大 $1\mu\text{m}$ 程度で、媒質境界での透過損失や材料減衰を受けなければ、探触子で発生した音波が伝搬して表面に現れた大きな変位をレーザー干渉計などで計測する事ができる。前記減衰や微細欠陥を対象にする場合はかなり困難となる。

レーザーを送信に使う場合は、材料表面の加熱により発生する膨張が音に変化するのを利用する。

材料表面が綺麗で、良く吸収する場合、レーザー光が一般的材料で浸透深さが 1μ 程度と浅い為、数百 MHz の高い周波数の強力な音が発生する。温度を音圧に換算すると非破壊用探触子からの音の 100 倍、或いは 1000 倍と言った音が発生する。ドイツ鉄鋼業界の実験では、鉄鋼の通常検査に使おうとすると、数回か同じ部位にレーザーを照射すると、表面損傷が起きるとの結果である。内部に高い圧力が発生しても、材料内部に波長 μ の高い周波数の正負の音が伝搬し（右図参照）直ぐに減衰する。従って音圧として非破壊探触子同様の音が発生しても材料内部への音の伝達は悪い。

表面が汚れている場合、一般には $1\mu\text{m}$ 程度の波長だと、表面付着水分に対する吸収が良く、その気化膨張により発生した圧力が音として材料中に伝搬する。また付着水滴状態で送信音波感度は変化する。水分を含む表面物質が気化する現象をアブレーションと呼んでいる。一般に衝撃波が発生すると言っているが、単に外部圧力である。膨張部の前後、即ち空気に対する圧力と材料に対する圧力が釣り合っていると考えればよい。この場合、バックリングが空気で、位相反転が起きないので、半波が発生し、負音圧が無い為比較的材減衰は少ない。周波数帯域も低周



波まで伸びる。が空気の音響インピーダンスの低い為に、大半の圧力エネルギーは空気側に伝わり、材料内部には音響インピーダンス差で計算される透過損失程度 ($0.0001\%10^{-6}$) しか伝わらない。

何方の現象で音が発生しているかは、薄い材料で音波波形を観測すると判る。厚いと BED の影響で後者の半波発生でも一波に近くが観測される。

超音波検査の有効な理由は「超音波は直進するから深い位置の欠陥を見つけられる」である。10MHz で 5 mm、5MHz で 10 mm、2MHz で 25 mm と市販探触子の周波数と径が反比例するのはその理由である。5Φ 程度の強力なレーザーはそれほど大きくない設備だが Φ25 などとなると、途方も無い大きさとなる。

以上の理由から現在レーザー超音波の用途は極限られる。

なお、市販超音波レーザー送信回路は繰り返し 10Hz で 1J/パルス程度、超音波用パルサーは繰り返し 100Hz で 50mJ/パルス程度なので、平均投入エネルギーはほとんど変わらない。圧電振動子による探触子から材料内部音への効率は音響整合条件を旨く設計すると 10%以上となる。レーザーの場合は 0.1%に満たないと思われる。通常の探触子もバッキングが無いだけで 1/10~1/100 程度となる。従って一般に強力な超音波を発生させるには圧電振動子の方が有利となる。