

原点から考え、NDMに貢献する。

Non-Destructive Measurement

Imaging Supersonic Laboratories Co.,Ltd.

Home page: <http://www.i-sl.co.jp/>

広帯域探触子

広帯域探触子と言うと 1.5 波の波形を思い描く人も多いです。超広帯域探触子と言うと 1 波の音を思うでしょう。が、両方の音波波形は殆ど変わりません。探傷器画面で見ている波形は音波波形を見ているのではなく、音波を受信探触子特性とアンプの特性のフィルターを通った後を見ているだけです。その為、数台メーカーの違うパルサーレシーバを並べて観測すると異なる波形になります。狭帯域探触子を除けば、音波の周波数は観測波形とはまるっきり異なると言う事です。が、多くの探触子メーカーが理論的裏付けなしに、経験でその会社の標準パルサーレシーバでオシロスコープ画面に現れる波形を公称周波数に近づけて製品を作っています。

上記の広帯域探触子と超広帯域探触子の違いは、振動子の誘電率の違い或いは探触子内にコンデンサーを追加したかどうかです。総合容量が大きいと超広帯域の波形が観測されます。音は何れも半波に近い音が発生しています。

通常の広帯域探触子は、国内メーカーの探触子では、振動子は高めの周波数を使っています。従って音波的には波長の短い波が出ています。例えば 5MHz と言っても 6~7MHz が使われています。海外メーカーは振動子の供給元が異なり、誘電率が高いので、5MHz は 5MHz に近い振動子を使っています。

最近パルサーにはスクエア・パルサーが増えました。これは強制励振と言う方法で、振動子の周波数に関係なく、パルサーの周波数が中心周波数になります。大昔真空管時代に高い周波数の振動子が作れなかった時代に同様の方法で、1MHz の振動子を使って 100MHz を発生させ、肉厚測定に使われました。

音は電圧が変化した場合に発生します。スクエア・パルサーはその矩形励振はけに、2 つ変化する部分があって、正負 2 つの波が発生します。その間隔は当然パルサーで設定した幅です。10MHz に設定すると 50ns 間隔で波が出ます。中心周波数が 10MHz の波と言う事になります。一方旧来のスパイク・パルサーでは電圧の急な変化点は一か所しかありません。その為、理想的なバックング材を付けた探触子では半波が観測されます。30 年前から可視化装置で観測すると広帯域探触子の送信音は半波です。それがスクエア・パルサーが増えた為一波と音波の帯域は狭まり、受信情報もその分減っています。

以下は一般的バックングの探触子のスクエア励振、理想バックングの探触子のスクエア励振、スパイク励振、スパイク励振でアンプを広帯域にした場合などのソフトウェア P2R によるシミュレーション結果です。各図下の 2 つの波形は探触子 (接触媒質) から出る音の FFT とアンプ出力波形の FFT です。

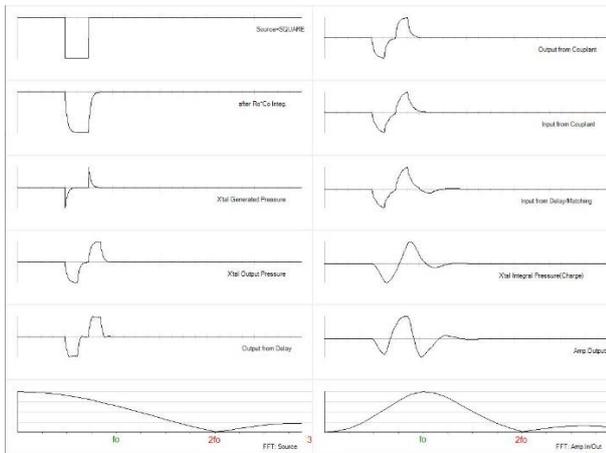
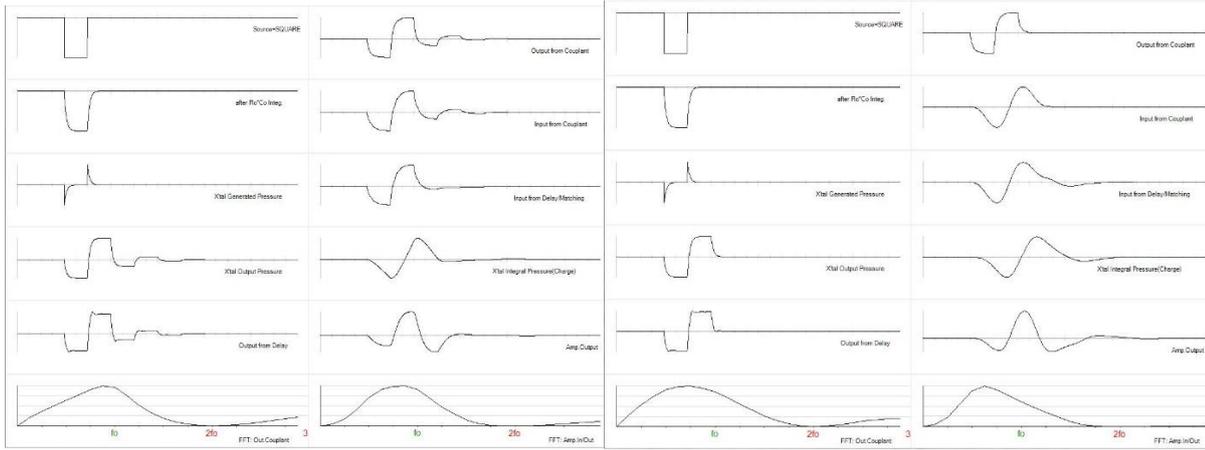
スクエア・パルサー 左: 一般的広帯域探触子 右: バックングの良く効いた探触子 下: 厚さがまるっきり異なる振動子を強制励振して目的の周波数を得る場合

(有) アイ・エス・エル

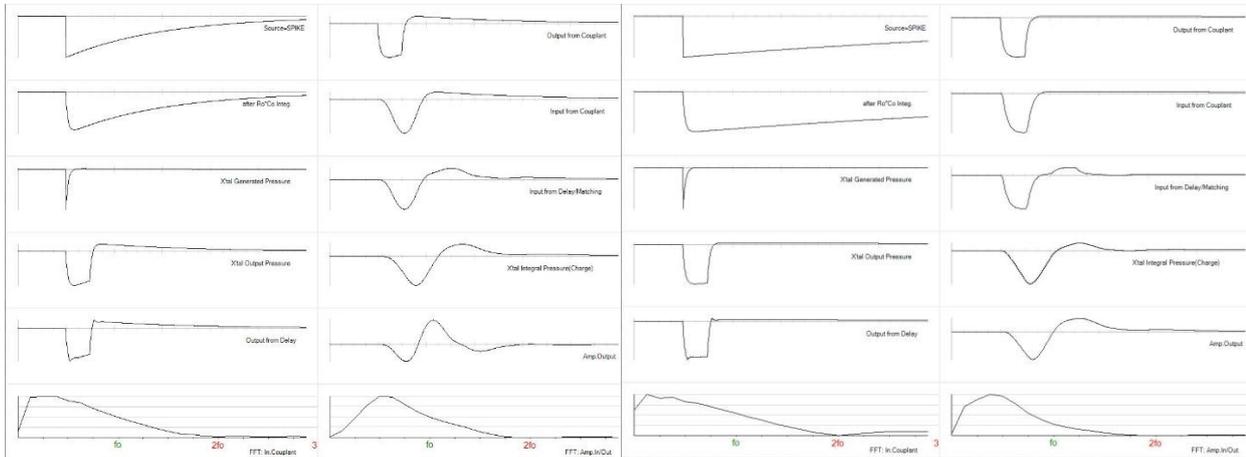
〒631-0063 奈良市帝塚山中町 1 2 - 7

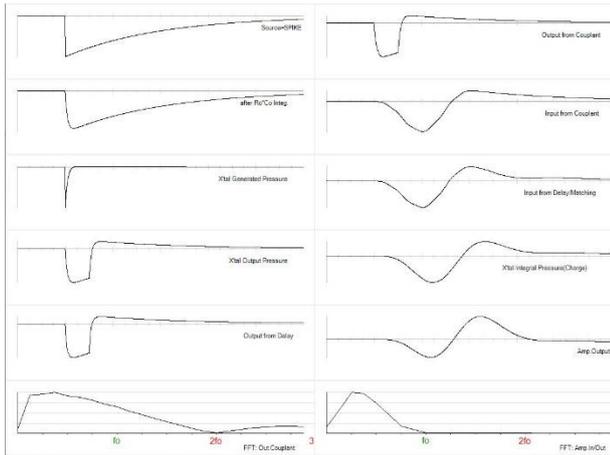
+81-742-40-2345 FAX: +81-742-40-2346

Email: isl@kcn.ne.jp or yoshio@i-sl.co.jp



スパイク・パルサー 左：通常のアンプ 右：帯域の広いアンプ 下：減衰材を通過した後





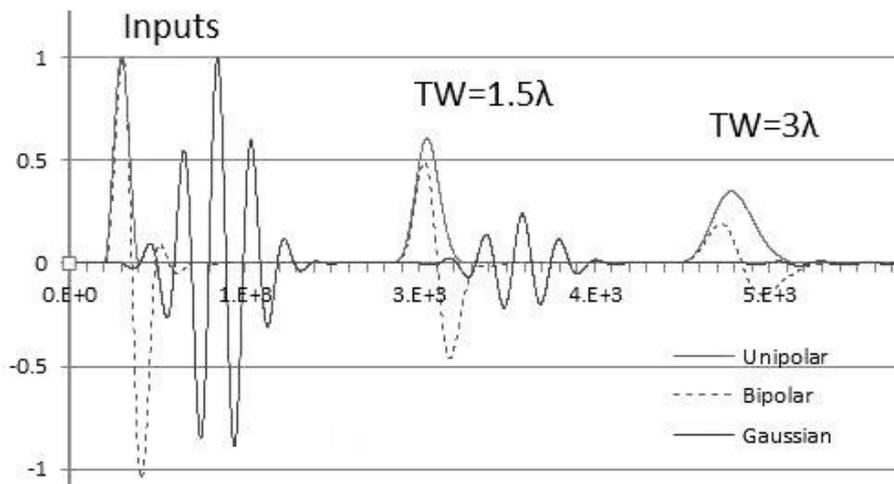
以上のように送信音波波形と受信波形は可なり異なり、また、受信波形と探傷器画面での観測波形も可なり異なる事が判ります。観測の仕方でも周波数分布は可なり変化します。また、観測波形は音の波形と殆ど関係ない事が判るいでしょう。

通常の探触子から出ている周波数成分の測定法では色々な困難が伴う。一般に言える事は

- ① スパイク・パルサーの駆動力が有れば、振動子厚さ相当の波が出ている。
- ② バッキングの効いた探触子の場合、半波が発生し、その中心周波数は概略振動子の共振周波数の半分になる。
- ③ 波数が少ないと、材料の特性、反射体の影響を受け波形が歪む。波数が多いと波形歪は受けにくい。単に減衰させられる。
- ④ 受信時の波面と振動子面が平行でないと高い周波数成分は受信されない。
- ⑤ 斜角では屈折の影響で波面が歪み正確な音波測定は難しい。同じ音速の材料で屈折をさせないで、測定する必要ある。
- ⑥ フォーカス探触子は球面状の反射源を使うなど工夫が必要。
- ⑦ 周波数が高い場合は、探触子ケーブルの長さで波形が変わる。
- ⑧ 容量の小さな振動子は探触子ケーブルの長さの変化で、ケーブル容量の影響を強く受ける。
- ⑨ 現状の探触子と探傷器は、その組み合わせでしか同じ現象を再現できない。
- ⑩ 音圧波形を知りたい場合、受信探触子は送信探触子より十分高い周波数のハイドロホンを適切なアンプで増幅して使う。

媒質中の伝播で半波は減衰して観測されませんが、正負の音圧があると消えやすい。以下の様に半波は減衰材でも消えません。ガウシアン・サインの様に帯域が狭いと、直ぐにきえます。

IEEE2013 の #423 の中に詳細が書かれています。



弊社では混乱を避ける為に公称周波数は振動子の厚さとしている。

従って、送信波は、パルサーの駆動力が十分あれば振動子厚さ相当の音が出ている。

観測される波形は、パルサーの形式、音伝播経路での歪、受信探触子の歪、受信アンプなど電子系の歪が含まれる。

一般には特性のパルサーレーザで観測した場合に観測される波形を公称周波数としているが、この方法は意味が無い。振動子の厚さも判らない。