

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/>

(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

探触子から出る音

2012/3/4Y.U. 2018/9/9 修正

市販のセンサーは、それぞれの目的の為に調整されている。例えば高周波成分が計測に邪魔な場合その成分が無くなる様に保護膜の厚さを調整する。その為、圧電素子を励振した電圧波形と振動子から出る音圧の関係を理論的に追及できない。そこで、理想のセンサーを作って、発生する音波が理論通りか調べた。

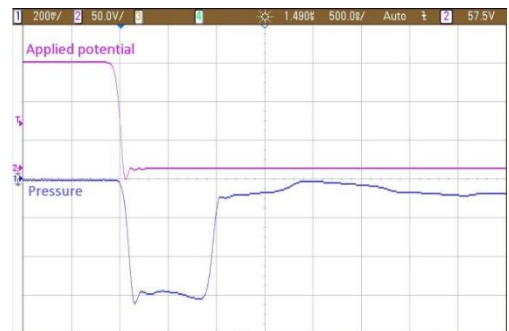
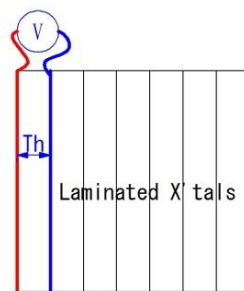
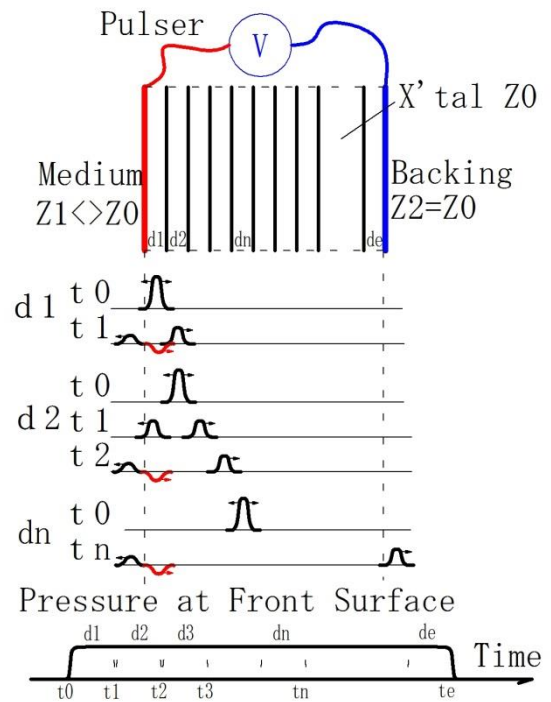
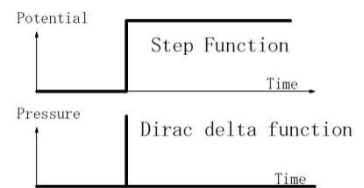
圧電素子で発生する音は以下の様に考えられている。印加電圧の変化があると、その変化分電子対ダイポールが回転し音圧が発生する。印加の瞬間は圧電素子の厚さは変わらず、音圧だけ変化する。その音圧が圧電素子の裏表に伝わりながら変位を生じる。理想のステップ関数では、スパイク状の音圧が発生する事に成る。実際には完全なステップ状波形の印加は無理で、立ち上がりが多少緩やかになるので、音圧波形には幅がある。

圧電素子の前面に Z_1 の音響インピーダンスの材料、裏面バック材 Z_2 は Z_0 と同じものである。右図の様に各部で発生した音圧が圧電素子の音速 V_0 で伝搬し、結果として振動子の厚さを Th とすると、 Th/V_0 の時間幅の音圧が発生する。

励振回路はステップ関数とした。一般のファンクション・ジェネレータの出力インピーダンスは 50Ω で、圧電振動子が容量性の為、CR 積分波形になって、ステップ関数とは程遠くなる。専用の FET ドライブ回路で振動子の波長に比べ短くした。

振動子からの音は前面と後面の両方に出ていく。後面に出ていく音を完全に後面側で吸収するため、振動子素材を積層しバック材とした (右構造図)。

表面で観測した音圧波形を右に示す。ほぼ方形の理論通りの音圧波形となる。バック材が無い振動子の場合、この矩形波が減衰しながら振動子の中を



往復する。径方向の振動へも変換するし、振動子の粒界で音速遅延減衰もするので、段々訛った波形になる。

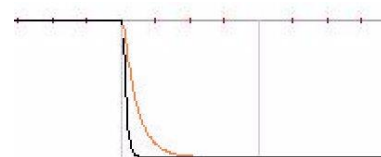
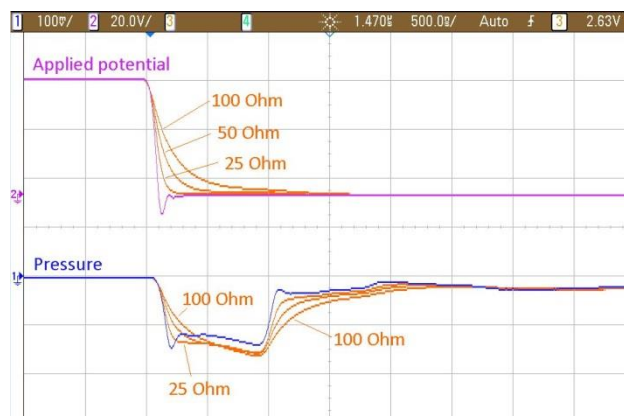
方形波の後の緩やかな凸凹はポアソン比による径振動等と考えられる。

励振回路の出力インピーダンスを上げると、ステップ励振波形が鈍ると同時に、音圧波形も鈍ってくる(右図)。励振波形と音圧波形のオーバーシュートは振動子を含む電子回路の共振である。

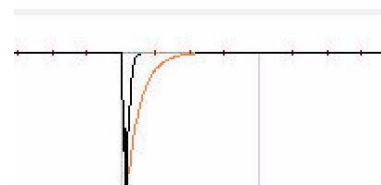
パソコンでシミュレートした結果を次に示す。

市販パルサーの出力インピーダンスは数Ωから20Ω程度で、高周波成分の少ない超音波を発生する場合には、この値では小さな場合もある。そう言う場合は、直列ダンピングと呼ばれる抵抗を振動子に直列に入れる。インダクタンスを直列又は並列にいれ、パルサーの立下りを遅くする方法もとられる。径振動が邪魔な場合に、低周波のウネリを消すため、インダクタンスを入れる場合もある。

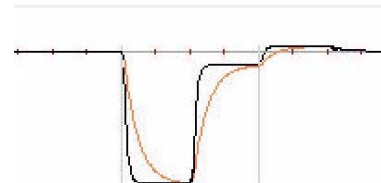
市販探傷器にはダンピングと呼ばれる回路が組み込まれている。これは振動子に並列に抵抗を入れ、振動子端子に発生している逆起電力を吸収する。前述の抵抗を直列に入れる「直列ダンピング」と区別する為「並列ダンピング」とも呼ばれる。振動子の電極の電荷を吸収する為、ダンピング抵抗が小さいと右上図の波形を微分した様な波形となる。例えば1MHzの誘電率の小さな探触子に強くダンピングを掛けると、0.5μ秒毎に幅の狭いパルス音波が正負位相を変えながら発生する。低い周波数の水晶振動子しか作れなかった真空管時代の昔はこの方法で例えば1MHzの水晶振動子で100MHzの狭いパルス波を作り肉厚測定した。スパイク・パルサーの場合、並列ダンピングは送信パルス幅を狭くする役目も果たすので更に前述の現象が顕著となる。



Applied Potential



Generated Pressure



Surface Pressure

参照：

Introduction to Ultrasonic Wave Technique –Transducer,Pulser,Receiver and device---Writer and edited by Y.Udagawa 2010/1/30 ISBN975-4-526-06394-7