

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12-7

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

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

信号合成分離回路 OSC-FG 用 CM12 キット 取扱説明

近年の超音波用医療非破壊用探触子（圧電センサー）の感度が良くなり、高い電圧出力の探傷器やパルサーレーバを使わなくても、オシロスコープ（OSC）とファンクションジェネレータ（FG）で容易にエコーを観測できるようになりました。また、OSCとFGの組み合わせの方がより自由度が増し、帯域も広くでき、従来困難だった試験、検査が可能となります。

市販探触子を使って超音波の基本的実験をする場合、二探触子法は簡単に実現できますが、一探触子法はOSCの追い込み現象などで、小さな信号を検出する事が困難です。本製品は市販パルサーレーバ等に使用されている、一探触子法の場合に追い込みを避けると同様の回路で、且つOSCとFGに最適化したものです。

構成

本製品は以下から構成されています。

- 1) 本体 T 型 BNC (内部に部品組み込み) CM12 1 台
- 2) 探触子用同軸ケーブル BNC メス-マイクロドット 50Ω 2m長さ BNCM-MDSM-2 1 本
- 3) FG 及び OSC 用同軸ケーブル BNC オス- BNC オス 50Ω 0.5m長さ BNCM-BNCM-0.5 2 本
- 4) BNC チース BNC オス- BNC メス×2 50Ω 1 個
- 5) 1kΩターミネータ 1 個

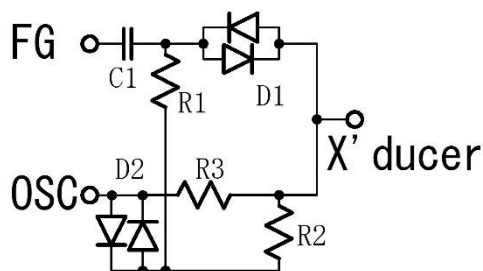
仕様

- 1) 概略対象素子 周波数が 10kHz~50MHz の非破壊医療用探触子、静電容量が 1μF 以下の圧電素子
- 2) FG 入力耐圧 ±25V
- 3) OSC 側リミット電圧 約±0.5V
- 4) ケース T 型 BNC オス 1、メス×2

内部回路の説明

右図で FG から繋がる C1 と R1 は通常のパルサーにはない回路です。通常のパルサーは出力電圧が通常 0V になっていて、そこから負の電圧のパルスが発生します。FG は正負電源電圧の間で自由な波形を発生できます。例えば 10V ベースに -10V まで 20V の振幅のパルスです。パルス発生後 10V になり、0V になりません。これをシフトして約 0V にする為の部品です。

D1 は送信回路と受信回路を分離する為のダイオードで、スパイクパルサーでは片側左方向に流れるダイオードのみです。RF



発振器を繋ぐときやバースト型では図の様に双方向です。パルス駆動回路に FET を用いた場合、FET の OFF 特性を利用して省略する場合があります（アレイ装置では大半省略）。

このダイオードを通して電荷を振動子 (X' ducer) に与えます。振動子は電荷に比例した歪（振動子厚さの音圧波）を発生します。一探触子法では振動子から音を出すと同時に音を受信します。振動子内の全歪に比例した電荷が発生し、振動子の容量を C とすると、無負荷の場合

$$V = \frac{Q}{C}$$

の電圧が発生します。

R2 は一般にダンピング抵抗と呼ばれていて、低周波分をカットします。カットオフ周波数 F は

$$F = \frac{1}{2 * \pi * R2 * C}$$

です。市販探傷器と探触子の例では R2 は 20~2kΩ 程度、探触子の C は 20~2000pF 程度です。通常の 5MHz 10φ 広帯域探触子の容量は大体 1000pF ですので探傷器のダンピングを 50Ω に設定すると、F は 3.2MHz となります。5MHz の直ぐ下の周波数がカットオフ周波数で、低い周波数が観測できない様に設計されています。2MHz 10x10 mm の高感度探触子の場合容量は 800pF 前後で、この場合カットオフ周波数が約 4MHz で、公称周波数より高くなっています。ダンピングを 50Ω にしたのでは感度を損んでいます。本来は低い周波数の探触子程容量 C を大きくしたいのですが、良い振動子素材がないので、諦めています。

振動子はその共振周波数以上では急に感度が落ちますので、カットオフ周波数と公称周波数が近い事に依り不要な信号を除いて、検査員の労力を減らしているのです。鋼材以外の例えばコンクリートとか骨とかの検査は 5MHz では出来ないと誤った認識が広がっています。単に探触子に入ってきた低い周波数の情報をダンピング抵抗でカットしていると言うのが真実です。

R3 と D4 はダイオード・リミッタと呼ばれ、大きな信号をカットします。図の場合ダイオードの順方向を使っていますので、ダイオードの種類によりますが ±0.3~1V 程度以上の高い信号は OSC に伝わりません。市販探傷器では、数十 V と云った大きな電圧が振動子で発生する事もあり、チェナーダイオードなど使って ±50V の信号まで受信できる様にした機種もあります。パルサーレーザと呼ばれる装置の場合はリミット電圧が ±1~3V が多い。アレイ装置では ±0.6V のものが多い。これらのリミット電圧外の大きな信号は歪んだ波形が観測される事になります。観測波形から歪んでいることが想像できる事もあれば、分からない事もあります。送信電圧を変えて、受信信号が送信電圧に比例していればリミットが効いていないと思って良いでしょう。比例していない場合は、リミットが効いているか、送信電圧の歪みです。送信電圧は FG でもそうですが、振幅の大きな場合の方が、よい歪が多いです。

本品では図の各定数を市販 FG と OSC の仕様を考慮し、市販標準的探触子で試験し最適化しています。R2 は 1MΩ にしています。OSC の入力インピーダンスが 1MΩ なら約 500KΩ がダンピング抵抗になります。前述の 5MHz 10φ 広帯域探触子で、カットオフ周波数は僅か 320Hz ですので、大半の試験材を通過する周波数まで観測できます。

本製品を OSC に繋いで、振動子端子側からテスターで測ると D2 を測ってしまい、低い値になります。0.1V 以下の電圧 V を加え電流 I を測定して、抵抗 R=V/I を計算するのが良い方法です。

C1 は 4.7μF として、市販探触子以外の例えば積層アクチュエータを駆動できるようにしています。尚 C1 が大きいので、デューティが大きいパルスでは通常電圧が 0V 近くに下がりきらない場合があります。

繰り返し周波数を下げ、デューティを小さくする必要があります。

FGの調整方法に関して

ダンピング抵抗を $1\text{M}\Omega$ と大きくした利点は低域の周波数特性が良くなり、減衰材などの減径観測には良い事です。一方バイアス (OSC への電位) が不安定になります。原則平均電圧が 0.2V 程度に、励振後の電圧が 0V に設定するのが最良です。FG の振幅とデューティなどの組み合わせを色々変えて良いところを選びます。また、一般探傷器等の様に、低域の情報が必要な場合は、ダンピングが小さくなるように振動子と並列に抵抗を入れると良いでしょう。貫通型の 50Ω BNC アダプタなどを本器の BNC オスに挿すのも良いでしょうが、 50Ω では感度が非常に下がる場合が多いです。 1k や $10\text{k}\Omega$ と各種抵抗を試すと良いでしょう。

使用する同軸ケーブルに関して

一般の計測用同軸ケーブルは 50Ω ですが、振動子やオシロスコープの入力は 50Ω ではありません。その為、同軸ケーブルはシールドの役目は果たしますが、歪を抑えるマッチング効果はありません。成るべく短い同軸ケーブルを使うのが肝要です。

一般にパルス波の電子計測では観測波形の基本周波数の 20 倍の帯域が必要です。ケーブル反射をこれより高くする為には、ケーブル全長を同軸内光の速度で計算して波長換算で $1/20$ にする必要があります。例えば 2MHz の基本周波では、ケーブル内の波長は約 $2 \times 10^8 \text{m/s} / 2\text{M} = 100\text{m}$ ですので 5m 以下にすると歪の少ない観測が出来ます。実験に先立って、適切なケーブル長を計算し、付属ケーブルでは長い場合は短いケーブルを使用してください。同軸ケーブルの容量は約 100pF/m ありますので、これが影響する事もあります。低い誘電率、低い周波数、小さな径などでは振動子の容量が小さいので、注意が必要です。弊社では 3.5pF/m の同軸ケーブルを取り扱っています。

また容量の大きなアクチュエータ等の場合で、同軸ケーブルを延ばす場合、特性インピーダンスが影響する事があります。計測用の 50Ω でなく、 25Ω や 12.5Ω の低インピーダンス同軸ケーブルを使うと特性が改善する事があります。細い 50Ω 同軸を並列接続する方法もあります。

実際の使用例

実際の使用例に関してはウェブの [「誰でもできるオシロスコープ \(OSC\) とファンクションジェネレータ \(FG\) のみでの超音波実験、試験」](#) を参照ください。