

インピーダンスアナライザ

IM7580A/IM7581/IM7583/IM7585/IM7587

鎌田 康良*1

要 旨

インピーダンスアナライザ IM7580A/IM7581/IM7583/IM7585/IM7587は高周波数で電子部品のインピーダンスを測定できる。機種により測定周波数範囲が異なり、研究開発から生産ラインまで用途に応じて選択できる。ここに製品の機能、特長、構成などについて解説する。

1. はじめに

通信方式の高速化に伴い、インダクタやフェライトビーズなどの電子部品は、高周波に対応することが求められている。また、電子機器はさらなる小型化と低消費電力化が求められ、低損失な高性能部品が要求されている。これらの電子部品を生産するメーカーでは、部品の開発や出荷検査において高周波数での測定が必要である。開発においては広帯域な測定周波数と高精度な測定が要求されている。また、出荷検査においては生産性を向上するため、高速測定が要求されている。これらの要求に対応すべく、2014年に発売したIM7580をベースにIM7580シリーズとして、インピーダンスアナライザ IM7580A/IM7581/IM7583/IM7585/IM7587の計5機種を開発した。

2. 概要

部品の高周波対応、高性能化、低価格化が進む現在、電子部品を計測する測定器にも高周波対応、高精度化、高速化が求められてきた。測定対象が必要とする測定周波数は、その用途や機能により異なる。5機種のインピーダンスアナライザはそれぞれ測定周波数が異なるため、測定対象に応じて最適な機種を選択できる。各機種の測定周波数範囲は以下のとおりである。

IM7580A: 1 MHz～300 MHz

IM7581: 100 kHz～300 MHz

IM7583: 1 MHz～600 MHz

IM7585: 1 MHz～1.3 GHz

IM7587: 1 MHz～3 GHz



IM7580A/IM7581 の外観



IM7583/IM7585/IM7587 の外観

IM7581は周波数の下限を100 kHzまで拡大しており、これまで2台の測定器が必要であった場面でも1台で対応できる。また、部品の開発用として3 GHzまでの測定周波数が必要となる場合にもIM7587を使用できる。

*1 技術2部 技術2課

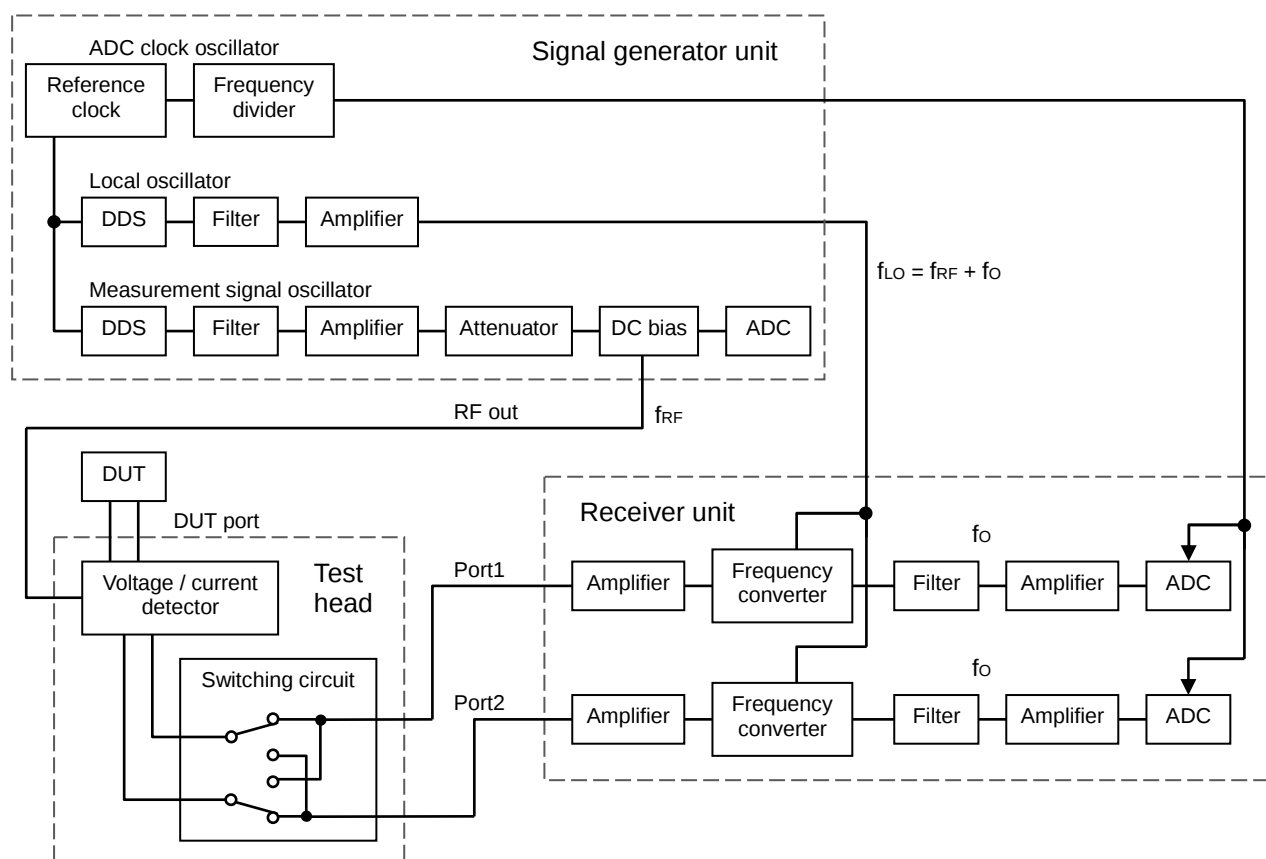


図1 ブロック図(アナログ回路)

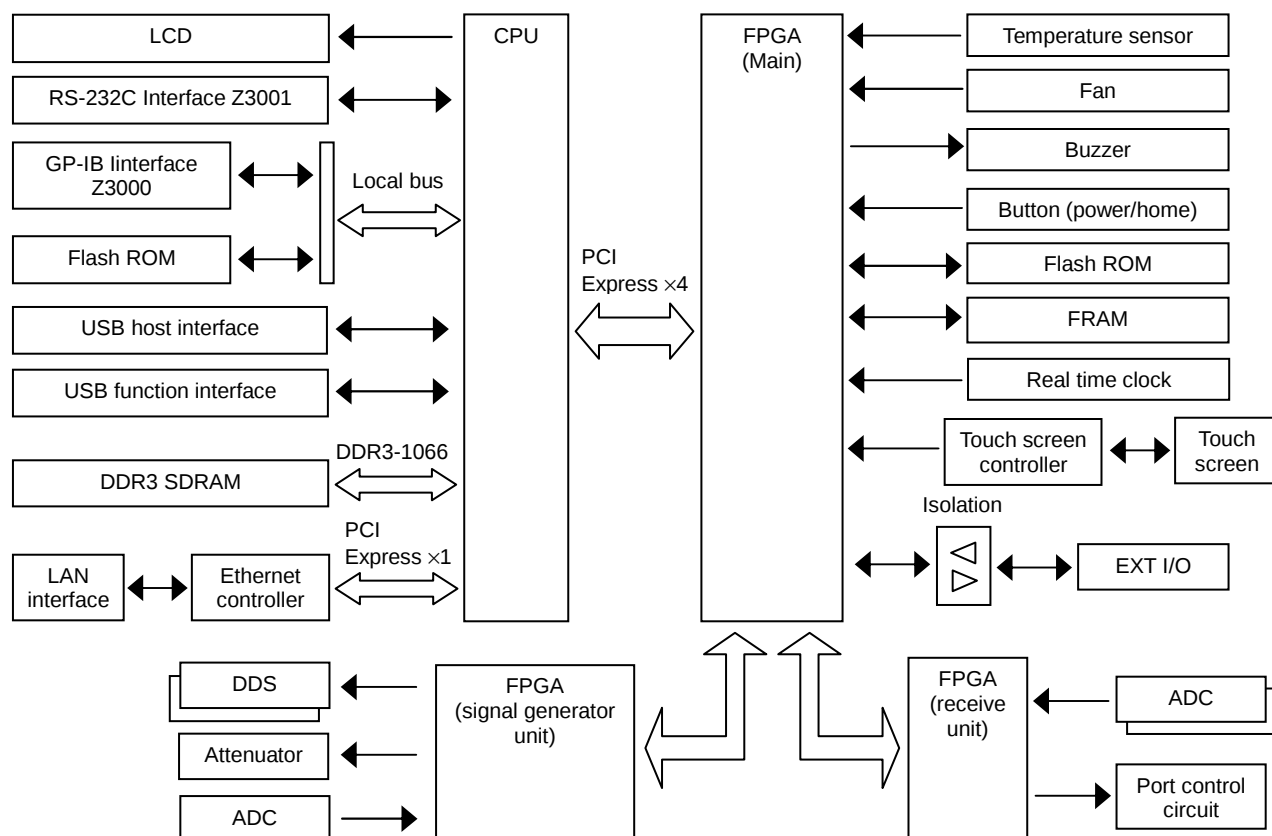


図2 ブロック図(デジタル回路)

3. 特長

機能・特長は次のとおりである。

(1) 最高 3 GHz の高周波測定

IM7580 シリーズは測定周波数 100 kHz から 3 GHz までの高周波測定が可能であり、開発から生産ラインまで、測定周波数に応じて適切な機種を選択できる。

(2) 高精度測定

オプションの校正キット IM9905 で、OPEN 校正、SHORT 校正、および LOAD 校正を行い測定誤差が低減できる。

(3) サイズの小型化

本体の大きさがハーフラックサイズになり、複数台の IM7580 シリーズを自動検査装置に搭載する場合、自動検査装置の小型化に貢献できる。また、テストヘッドのサイズも小型であり、自動検査装置に搭載する場合、電極の近くに配置できるため、ケーブルを延長したときに生じる誤差を低減できる。なお、各機種のテストヘッドの固定用ネジ穴位置は同じであるため、取り付け方法を共通化できる。

(4) さまざまな判定機能による良否判定

LCR モードでは、コンパレータ機能(良否判定)と BIN 機能(ランク分け)から判定機能を選択できる。アナライザモードでは、エリア判定(判定エリア内か判定)、ピーク判定(共振点を判定)、およびスポット判定(任意周波数で良否判定)から選択できる。

4. 構成

4.1 アナログ回路

図 1 にアナログ回路のブロック図を示す。基本ブロックと測定原理は IM7580 シリーズ共通である。詳細は、参考文献 1 の「4. 構成」を参照のこと。ここでは特に IM7587 のアナログ回路についてふれる。

(1) アナログ回路の 3 GHz への対応

3 GHz までの測定周波数に対応するために、増幅器、減衰器、スイッチなどの部品は 3 GHz を超える帯域を有する部品を選定した。これにより回路全体で安定した周波数特性を実現した。伝送損失を低減するために、基板には低損失材を採用した。基板パターンニングはコネクタなどの経路の変化点との優れた整合を実現するために数値解析と評価で検証し、最

適な形状に調整されている。また、アルミを切削して製作した独自形状のソリッドシールドで各部を覆い、基板や高周波信号用のコネクタと密着させることで内外の相互結合の影響を低減させている。

(2) 信号発生部

一つの基準信号源から測定信号、周波数変換用信号、および A/D 変換用クロック信号の 3 種類の信号が生成されている。測定信号の 3 GHz までの広い周波数範囲は DDS (Direct Digital Synthesizer) や分周器などを組み合わせることによって実現されている。

(3) 受信部

テストヘッドが出力する電圧検出信号と電流検出信号を受信し、デジタル信号に変換している。初段に低ノイズ増幅器を採用し、受信系全体の雑音指数を低減している。

(4) テストヘッド

テストヘッドは RF-IV 法の原理に基づき、DUT ポートから測定回路側を見たインピーダンスを同軸線路の特性インピーダンス整合を取った回路で、DUT (Device Under the Test) に流れる電流信号と DUT 端の電圧信号を検出している。電流信号の検出は高い周波数に対応するため、同軸線を用いた伝送線路トランスを採用した。電流信号と電圧信号は、それぞれテストヘッドの PORT1 と PORT2 から同軸ケーブルを介して本体の二つの受信部に送られるが、IM7580 シリーズでは、テストヘッド内で電流信号と電圧信号を入れ替えて測定することで、高精度かつ高安定測定を実現している。

4.2 デジタル回路

図 2 にデジタル回路のブロック図を示す。基本ブロックは IM7580 シリーズ共通である。

アナログ回路に搭載した FPGA (Field Programmable Gate Array) では各機種で異なる回路ごとに最適なデジタルフィルタを実装している。これによりノイズを低減し、広い測定周波数範囲とばらつきの小さい測定を実現している。

5. 性能・機能

5.1 繰り返し精度

IM7580 シリーズは高速測定でありながら優れた繰り返し精度を有している。基本原理は全機種共通であるため、同一条件での測定値はほぼ同じ値を示す。ただし、機種ごとに回路構成の細部は異なっているため、繰り返し精度にわずかに差異が生じる場合がある。図 3 から図 14 に、特定の条件で測定した際の機種ごとのインピーダンスの繰り返し精度を示す。全体の傾向として、1 MHz から 10 MHz までの低周波域においては IM7580A/IM7581 が、500 MHz 以上の高周波域では IM7587 が特に優れた繰り返し精度であることがわかる。測定条件は以下のとおりである。

DUT: 50 Ω , インダクタ (1 nH, 100 nH)

測定信号レベル: +1 dBm, -40 dBm

測定スピード: FAST (0.5 ms), SLOW2 (3.7 ms)

測定回数: 100 回

3CV: 3 × 標準偏差/平均値

3 σ : 3 × 標準偏差

5.2 ソフトウェア

ソフトウェアについては IM7580 にいくつかの機能を追加した。

(1) 通信コマンドのレスポンス向上

通信と画面表示を同時に実行しながら通信コマンドのレスポンスを大幅に向上した表示モードを搭載した。従来の測定器では、画面を表示させないことによって通信による制御時の通信コマンドに対する応答時間の短縮を図っていた。IM7580 シリーズでは高速な CPU で計測処理と通信処理の合間に画面を描画することで、通信コマンドの高速応答と測定状況のモニタリングとを同時に行うことができるようになった。

(2) SPOT 判定機能

アナライザ機能で任意の複数の測定ポイントに対して判定することで、従来より高度な判定を行うことができるようになった。

(3) アナライザ機能の ALL 校正機能の搭載

従来は、周波数をスイープさせて計測するアナライザ機能では測定条件ごとに校正を実施する必要があった。ALL 校正機能を搭載したことにより校正を簡易化でき、測定作業の効率を大幅に向上させた。



IM9201 の外観



IM9905 の外観

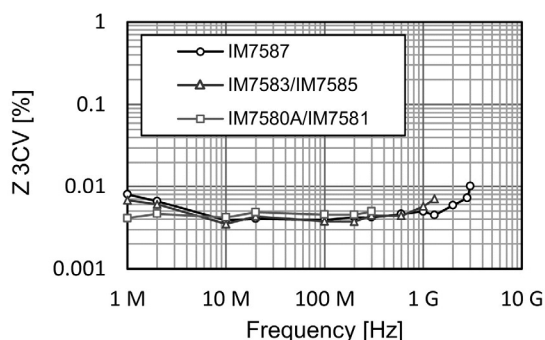
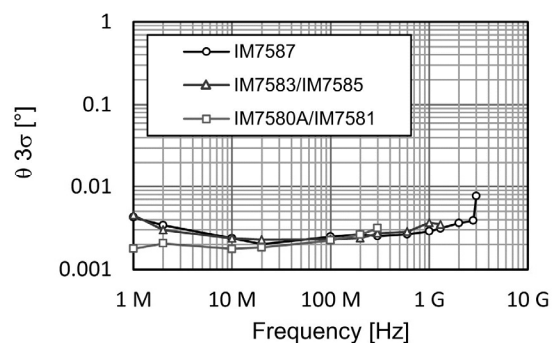
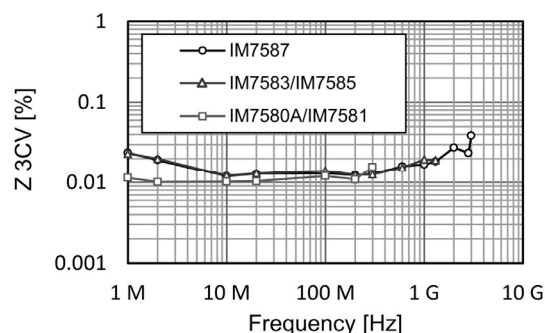
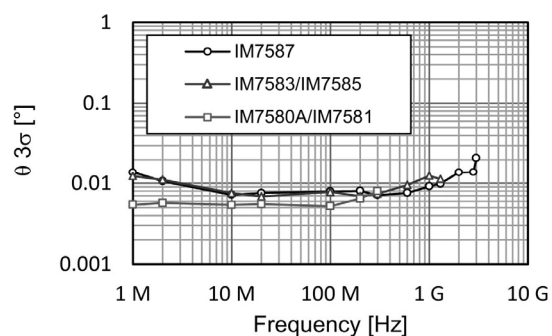
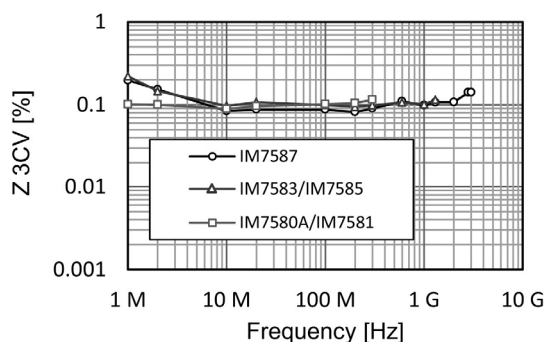
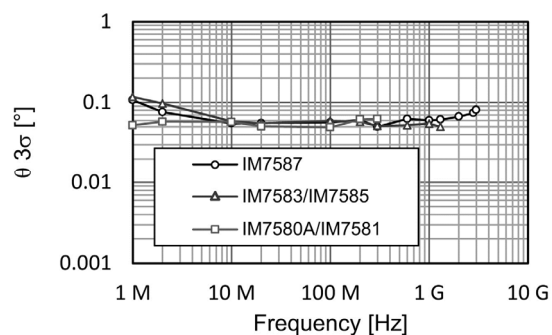
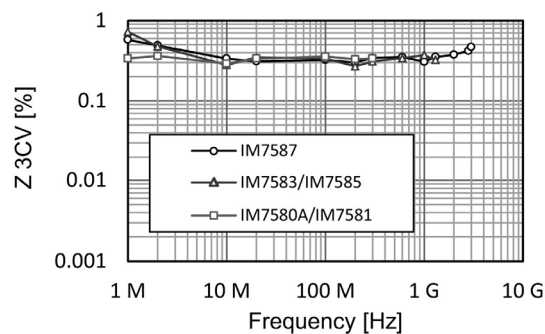
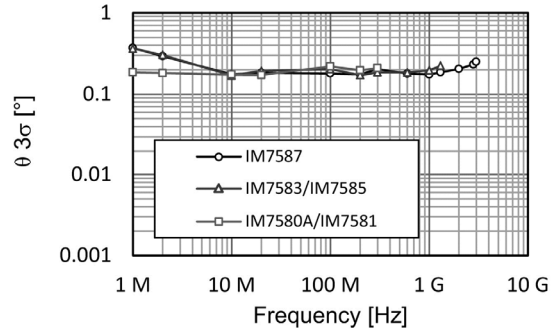
6. フィクスチャ、校正キット

6.1 SMD テストフィクスチャ IM9201

IM9201 は IM7580 シリーズに対応した SMD 部品のテストフィクスチャであり、0603, 1005, 1608, 2012, 3216, 3225 (JIS)に対応している。各部品サイズに対応したデバイスガイドと GND プレートを使用し、部品の下面電極で接触し、部品を上から押さえる構造となっている。IM7580 シリーズにはアダプタ IM9906 を介して 7 mm 同軸コネクタで接続される。測定端子の付近まで同軸構造が維持され、非同軸部は部品接続部のごく短い部分であり、3 GHz までの高周波測定に対応している。

6.2 校正キット IM9905

IM9905 は IM7580 シリーズに対応した校正キットであり、OPEN, SHORT, および LOAD の 3 種類の基準インピーダンスから構成されている。IM7580 シリーズはテストヘッドに取り付けた IM9906 の 7 mm コネクタ面を IM9905 で OPEN 校正, SHORT 校正, および LOAD 校正を行うことで確度が規定される。

図 3 50 Ω の Z 繰り返し精度 +1 dBm, SLOW2図 4 50 Ω の θ 繰り返し精度 +1 dBm, SLOW2図 5 50 Ω の Z 繰り返し精度 +1 dBm, FAST図 6 50 Ω の θ 繰り返し精度 +1 dBm, FAST図 7 50 Ω の Z 繰り返し精度 -40 dBm, SLOW2図 8 50 Ω の θ 繰り返し精度 -40 dBm, SLOW2図 9 50 Ω の Z 繰り返し精度 -40 dBm, FAST図 10 50 Ω の θ 繰り返し精度 -40 dBm, FAST

インピーダンスアナライザ IM7580A/IM7581/IM7583/IM7585/IM7587

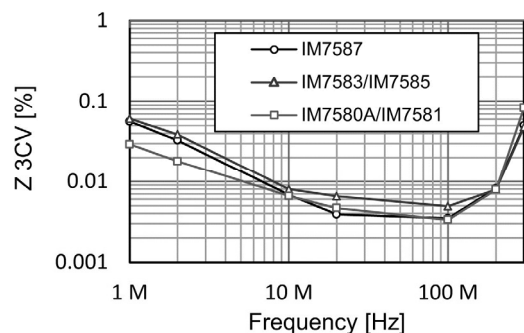


図 11 インダクタ(100 nH)の Z 繰返し精度
+1 dBm, SLOW2

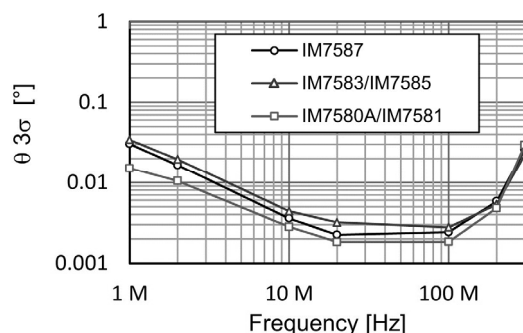


図 12 インダクタ(100 nH)のθ繰返し精度
+1 dBm, SLOW2

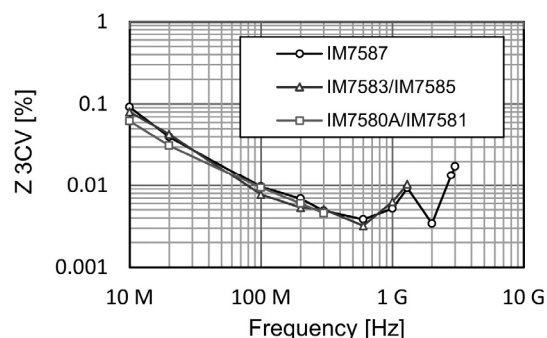


図 13 インダクタ(1 nH)の Z 繰返し精度
+1 dBm, SLOW2

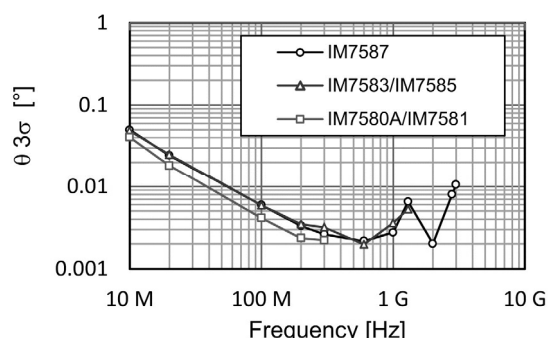


図 14 インダクタ(1 nH)のθ繰返し精度
+1 dBm, SLOW2

7. おわりに

IM7580シリーズは、高速かつ高精度を実現した高周波帯のインピーダンスアナライザである。周波数帯域ごとに分かれた各機種により、研究開発から生産ラインまで幅広い分野で使用されることを期待する。

開発にあたっては、神奈川工科大学の小室貴紀先生をはじめ、多くの方にご指導、ご協力をいただいた。各位に深く感謝の意を表したい。

飯島 匡史^{*2}、田口 圭一^{*2}、岩井 淳一^{*2}、
若松 英彰^{*3}、酒井 啓至^{*3}、三原 利彦^{*3}

参考文献

- 1) 山口力: インピーダンスアナライザ IM7580, 日置技報, VOL.36 2015 NO.1, 17/22 (2015)

*2 技術2部 技術2課

*3 開発部 開発1課