

# 正確かつ高速なリングオシレータ 周波数評価法

## Agilent 4070 シリーズ 半導体パラメトリックテスタ

アプリケーション・ノート 4070-3

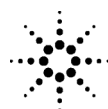


### はじめに

半導体デバイスの高速化への要求が高まるにつれ、ゲート遅延およびインターコネクタ遅延の評価は、これまでにないほど重要になってきています。なぜなら、ゲート遅延とインターコネクタ遅延は、最終的なデバイスの動作速度を決定する上で、最も重要であるからです。この要求は、スピードに対する飽くなき要求のために、ロジックデバイスでは特に重要です。又、周辺回路の高速化に伴いメモリデバイスに対しても、この要求は強くなっています。

ゲート遅延時間がリングオシレータの発振周波数を測定することによって評価できることは広く知られています。

またゲート長が0.8 $\mu$ m未満で設計されたデバイスではとりわけ重要なインターコネクタ遅延も、特別に設計されたリングオシレータのテストストラクチャによって評価することができます。



**Agilent Technologies**

Innovating the HP Way

そのため、高速デバイスを設計する上で、リングオシレータの周波数測定法は半導体デバイスエンジニアにとって不可欠なツールとなっています。

デバイスが設計通りに製造されているかチェックしたり、多量の測定データを使用することによるより精度の高いAC特性シミュレーションを行うために、製造ラインにおいてもこの測定に対する要求が強くなってきています。

本アプリケーション・ノートではAgilent 4072Aアドバンスド・パラメトリック・テストにスペクトラムアナライザを組み合わせてリングオシレータの発振周波数を正確にしかも速く測定する方法を紹介します。

## 従来の測定法

リングオシレータの周波数を測定する目的は、ゲート遅延時間を評価することにあります。それは下記の式により求められます。

$$t_{pLH} + t_{pHL} = \frac{1}{(2n + 1) \cdot \text{freq}}$$

freq : 発振周波数  
 2n+1 : 段数 (インバータ)  
 t<sub>pLH</sub> : ゲート伝搬遅延時間 (L→H)  
 t<sub>pHL</sub> : ゲート伝搬遅延時間 (H→L)

もし、インバータとインターコネクトラインで構成されるリングオシレータ・テストストラクチャを用いれば、これをリングオシレータだけで構成されるストラクチャの結果と比較することによってインターコネクタ遅延を評価することもできます。

従来は、周波数カウンタやオシロスコープをマニュアルプローバに接続し、リングオシレータの発振周波数を測定していました。

周波数カウンタはコストが低く、測定スピードが速いという利点がありますが、欠点もいくつかあります。

- 1) デバイスそのものや測定系によって生じる波形の劣化を識別することができない。そのため、測定結果は正確でないことがある。
- 2) 高調波をひろってしまう可能性がある。
- 3) オフセット電圧が存在した時に、正確に周波数を測定できないことがある。

オシロスコープを用いる方法は実際の波形がモニターに表示されるので確認が容易ですが、この方法にも欠点があります。

- 1) 測定、解析のスピードが遅い。
- 2) 測定を自動化した場合には、波形の劣化により誤った周波数を返す可能性がある。
- 3) コストが高い。

オシロスコープを用いる方法は、マニュアルプローバに直接接続す

る場合には測定経路等による信号損失や劣化が少ないので測定に適しています。しかしスイッチングマトリクスを含む自動テストシステムと組み合わせる場合は、高い周波数における波形劣化のために測定に適していません。

もし、周波数カウンタやオシロスコープに組みこんだパラメトリック・テストを測定に使用するのであれば、テストストラクチャの設計も考慮する必要があります。スイッチングマトリクスによって生じる波形劣化の影響を避けるためには発振周波数を下げなければなりません。そのため、テストストラクチャが占める面積は、発振周波数を下げるためにたくさんの段数のインバータが必要になるため非常に大きくなります。例えば、100MHzから10MHzまで発振周波数を下げる場合、リングオシレータが占める面積は約10倍に増え、貴重なウェーハのスペースを無駄にしてしまいます。

## Agilent 4072Aおよびスペクトラムアナライザを使用した評価法

Agilent 4072Aアドバンスド・パラメトリック・テストの出現により、リングオシレータの周波数測

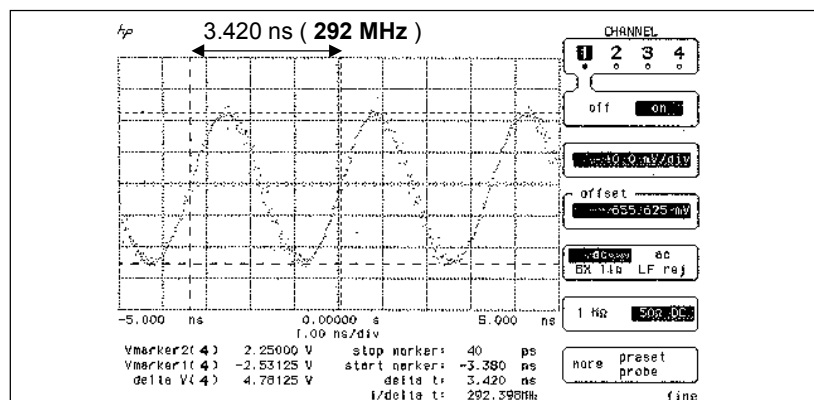


図 1. Agilent 4072A アドバンスド・パラメトリック・テストのスイッチングマトリクスを通して観測されたリングオシレータの波形

定が高速で正確にできるようになりました。

4072AのHF(高周波)ポートは際立った高周波特性を有しています。

図1に 4072Aのスイッチングマトリクスを通して、オシロスコープで観測された、リングオシレータの出力波形の例を示します。300MHz近辺の発振周波数が、正しく測定されていることがわかります。

4072Aの優れた周波数特性を利用することにより、リングオシレータ評価に伴う多くの問題を解決することができます。

スペクトラムアナライザは容易に4072Aに組みこむことができ、リングオシレータの周波数測定に使用できます。1.5GHzくらいの比較的広い帯域のスペクトラムアナライザが最適です。

スペクトラムアナライザは最も大きい振幅の信号の周波数を選択し、

その値は実際のリングオシレータの発振周波数と一致します。

スペクトラムアナライザは、以下に示す利点により、このアプリケーションに最適なものになっています

- 1) 測定スピードが速い。
- 2) オフセット電圧があっても発振周波数は正確に測定することができる。
- 3) 波形が歪んでも、発振のベースバンド周波数のみを検出することができるため、実効的な周波数レンジが広い。
- 4) 高調波の影響を排除できる。
- 5) コストが低い。

```

1000 OPTION BASE 1
1010 INTEGER Spana
1011 INTEGER Ro,Buf, Out, Rognd
1020 !
1060 Spana=2718 ! HP-IB Address
1070 Minf=1.00E+8 ! Sweep start frequency
1080 Maxf=900E+8 ! Sweep stop frequency
1090 Rbw=1.E+6 ! Resolution band width
1100 N=101 ! Number of inverters in the R.O.
1110 Fcr=1.00E+4 ! Frequency counter resolution
1111 !
1112 Vcc=3.3 ! Drive voltage
1113 Icomp=4.00E-2 ! Current compliance
1114 !
1115 Ro=2 ! Pin assignment
1116 Buf=4 !
1117 Rognd=6 !
1118 Out=8 !
1120 !
1121 Init_system ! Initializes HP 4072A
1130 Init_spa(Spana) ! Initializes E4411A
1131 !
1133 Connect(FNPort(1,9),Rognd) ! Connection
1134 Connect(FNPort(3,1),Out) !
1135 Connect(FNPort(1,2),Ro,Buf) !
1136 Force_v(Ro,Vcc,Vcc,Icomp) ! Drive R.O.
1140 Set_spa(Minf Maxf, Rbw) ! Set up measurement
1150 Measure_spa(Osc_freq Amp,Delay,N,Fcr) ! Measure osc. frequency
1170 Disable_spa
1180 Disable_port
1190 Connect
1191 !
1200 PRINT "Freq: ";Osc_freq ; "(Hz), Gatedelay: ";Delay ; "(s)"
1210 END

```

**Italic: Spectrum analyzer control**  
**Bold: 4072A s TIS command**

図 2. 測定プログラムの例

ほとんどのAgilent スペクトラムアナライザにはマーカー・ピーク検出機能と GPIB制御機能があります。両者とも測定システムの自動化には不可欠です。

図2はパラメトリックテストのTIS(テスト・インストラクション・セット)コマンドとスペクトラムアナライザのドライバを使用した測定プログラム例です。

スペクトラムアナライザにマーカー周波数カウンタ機能があれば、より正確な値を得ることも可能です。周波数カウンタとは異なり、スペクトラムアナライザの周波数カウンタ機能を用いればリングオシレータの高調波による誤った値を測定することはありません。

図3は実際のリングオシレータの周波数測定の実例を示しています。

図3(A)に表れている特性は図1と同じデバイスを測定したものです。周波数の測定結果はほぼ等しいことがわかります。

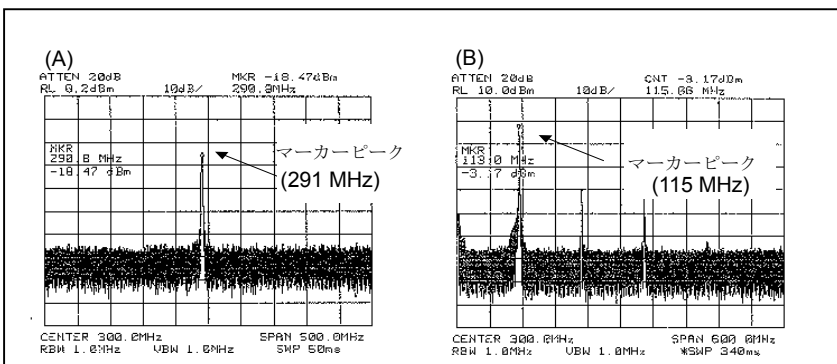


図 3. (A) 291MHz と (B) 115MHz のリングオシレータ発振周波数測定の実例

図4はこの測定に必要な接続図を示しています。

## まとめ

サブミクロンデバイス時代において重要なパラメータであるゲート遅延とインターコネクト遅延は、Agilent 4072Aアドバンスド・パラメトリック・テスタとスペクトラムアナライザを使用することにより正確で高速に測定できます。これらの機器を使用して自動測定を行なうことにより、R&Dでの設計や、製造ラインにおいて一歩進んだ解析やプロセスモニタリング等に必要な測定データの収集が可能になります。

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~17:00  
(土・日・祭日を除く)  
※FAXは24時間受付

TEL ☎0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ☎0120-421-678  
(0426-56-7840)

E-mail: mac\_support@agilent.com

電子計測ホームページ

<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

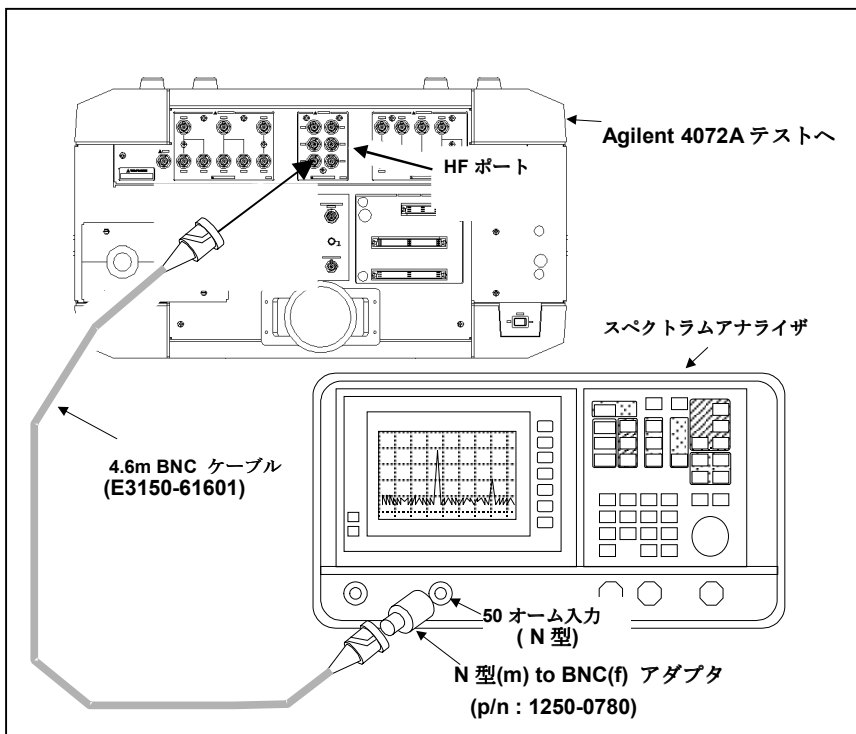


図 4. 接続図



Printed on Recycled paper

このカタログは古紙100%のエコマーク認定  
リサイクルペーパーを使用しています。



**Agilent Technologies**

Innovating the HP Way

00-2682  
040001303-H