

# 高電圧・大電流重畳時の 部品インピーダンス測定手法

ソリューションエンジニアリング本部

エンジニアリング三部 蓑和 浩



# 本日の内容

1. はじめに
2. 高電圧DC重畳 インピーダンス測定
3. 大電流DC重畳 インピーダンス測定
4. 大振幅AC インピーダンス測定

# はじめに

## 地球環境に優しい産業機器の要求



### 環境問題



Co2排出量規制  
原油価格高騰  
騒音

環境問題対策

省エネルギー対応

## 電動化！

- ・エンジンのアシスト
- ・駆動部分のアシスト

# はじめに

電動化の波は自動車以外にも



バッテリー  
インバーター  
コンバーター  
モーター

コイル  
コンデンサ  
抵抗  
半導体



電力効率向上  
電磁波ノイズ抑制

設計と実際の回路で  
特性が合わない



大電力で

インピーダンス評価

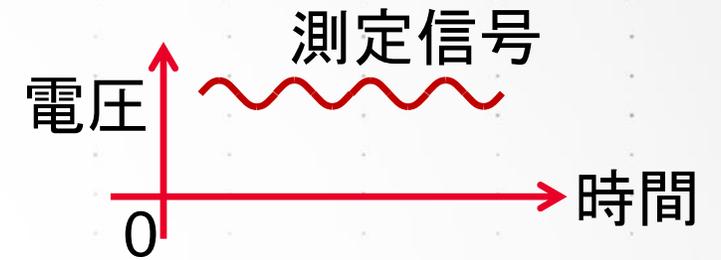


測定器などの故障の危険性

# 大電力下でのインピーダンス測定

## ✓ 高電圧DC重畳 インピーダンス測定

→バイパスコンデンサ  
半導体



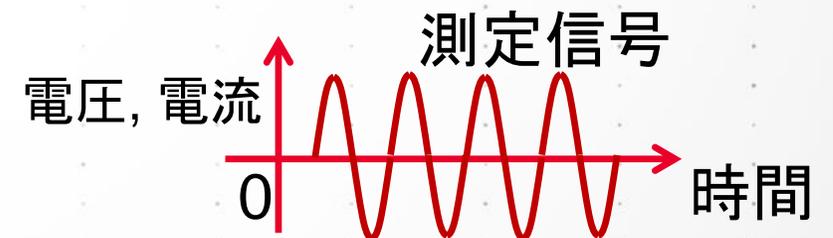
## ✓ 大電流DC重畳 インピーダンス測定

→チョークコイル

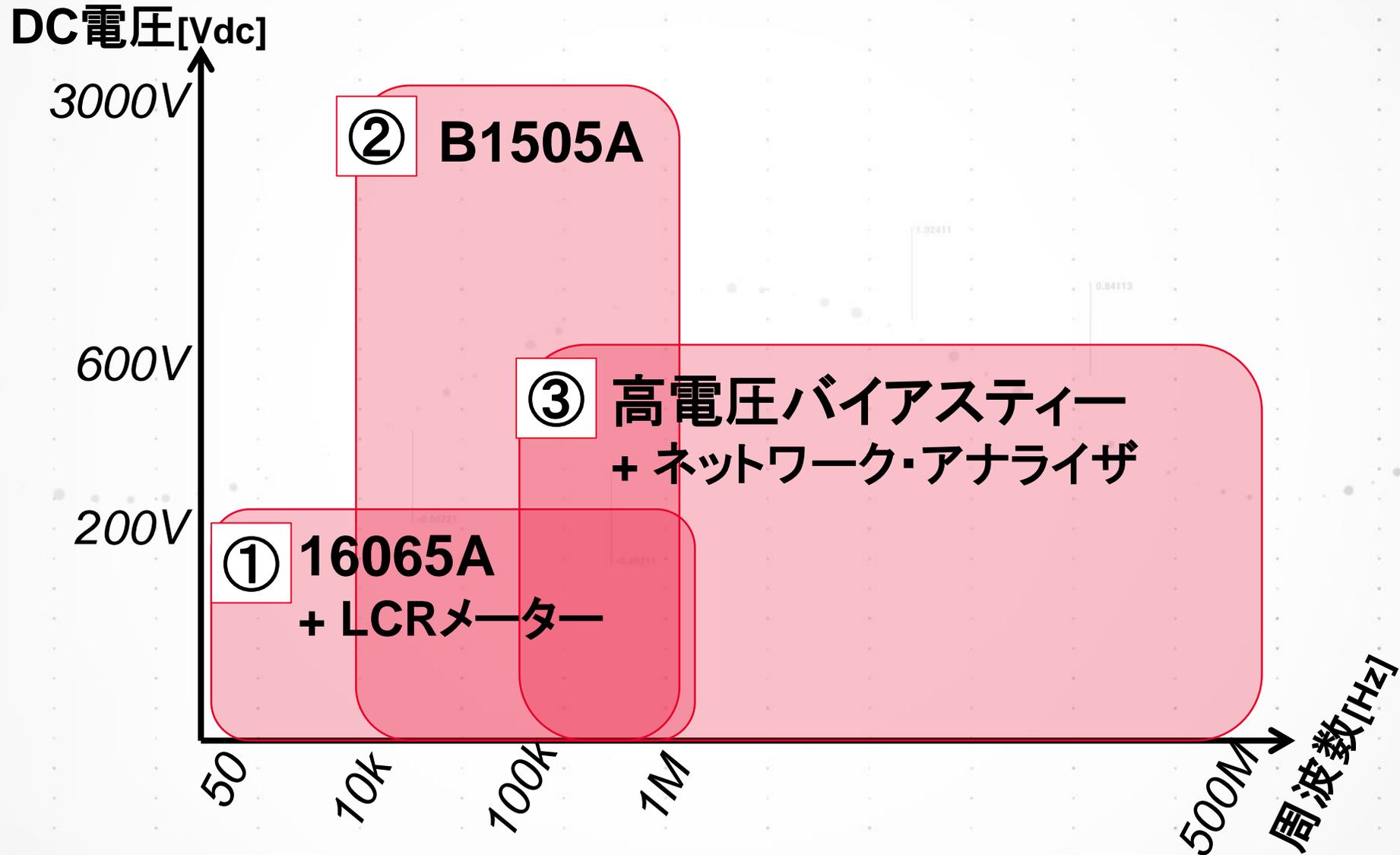


## ✓ 大振幅AC インピーダンス測定

→コンデンサ、コイル  
半導体



# 高電圧DC重畳 インピーダンス測定



# ①16065A + LCRメーター

## 200VのDC電圧重畳 50Hz~2MHz



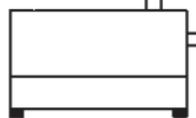
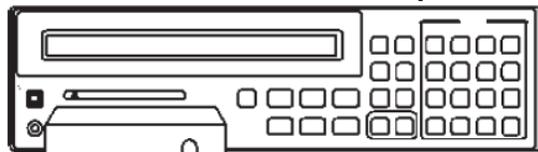
周波数: 50Hz~2MHz

DC電圧:  $\pm 200V$

DC電流:  $\pm 2mA$  (100k $\Omega$ の内部抵抗)

AC振幅レベル:  $\pm 7V_{peak max}$

LCRメーター(E4980A)



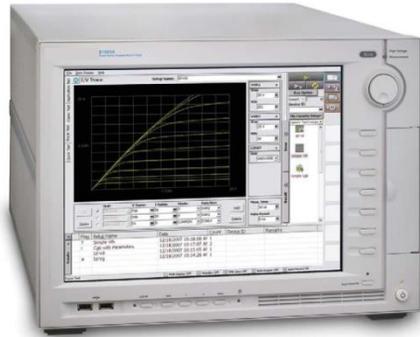
DC電圧源

16065A(リード部品用)

プローブ接続用にDUT側を  
BNC(4端子)に改造可能。



## ②B1505A パワーデバイスアナライザ



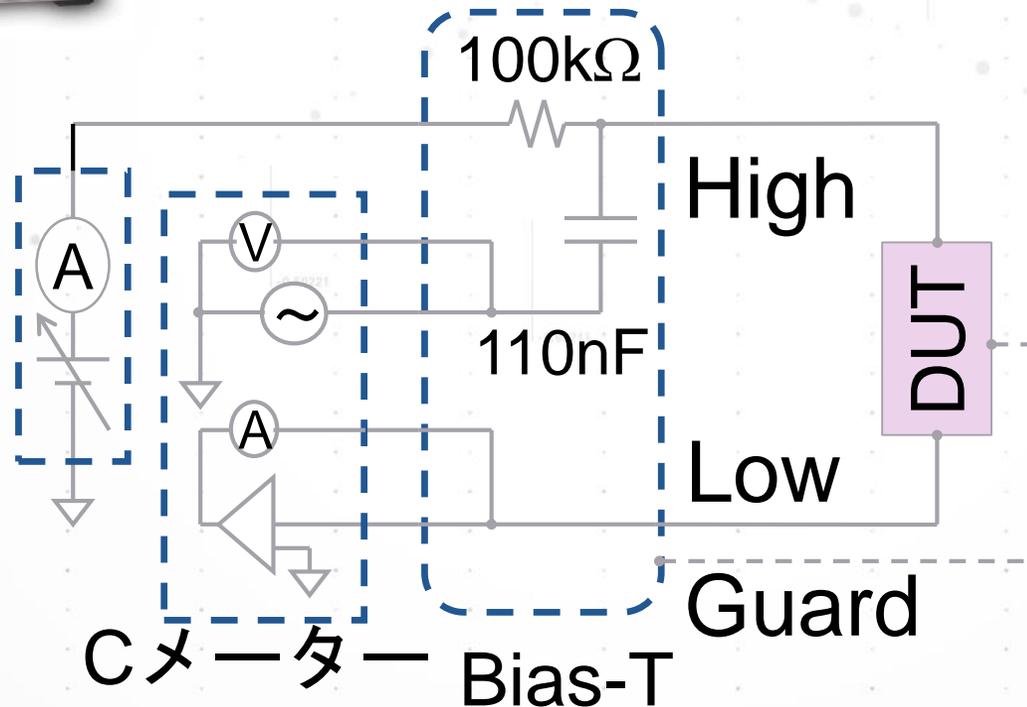
周波数: 10kHz~1MHz

DC電圧: 3000V

DC電流: 8mA

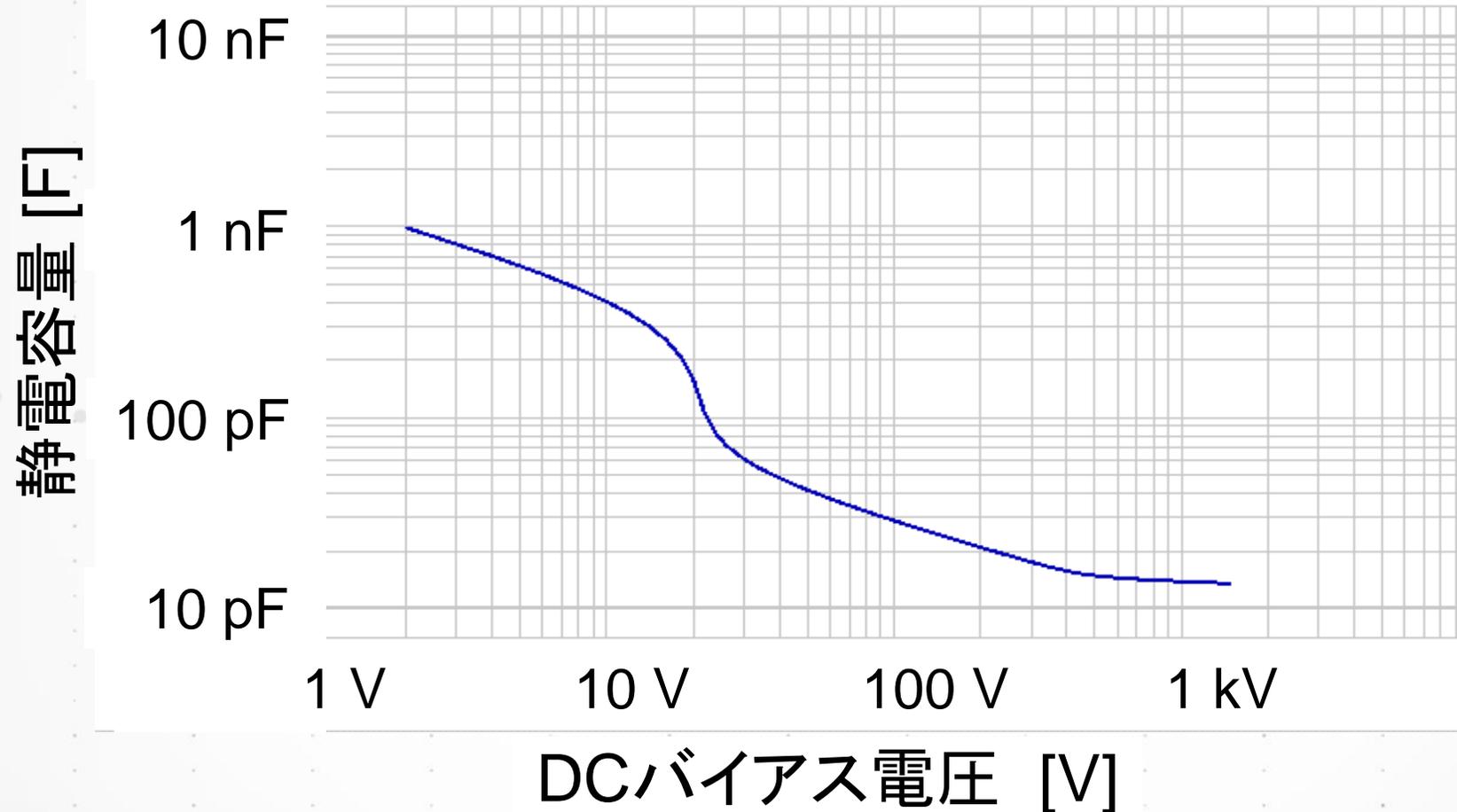
DUTの容量範囲: 10pF~10nF

高電圧  
SMU



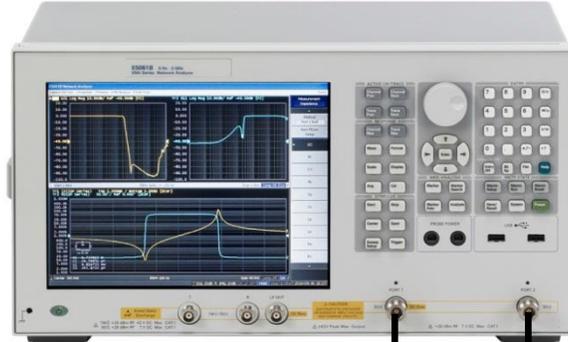
## ②B1505A パワーデバイスアナライザ

MOS-FETの容量特性 (ドレイン-ソース間)



# ③高電圧バイアスティー + ネットワーク・アナライザ

## ネットワーク・アナライザ

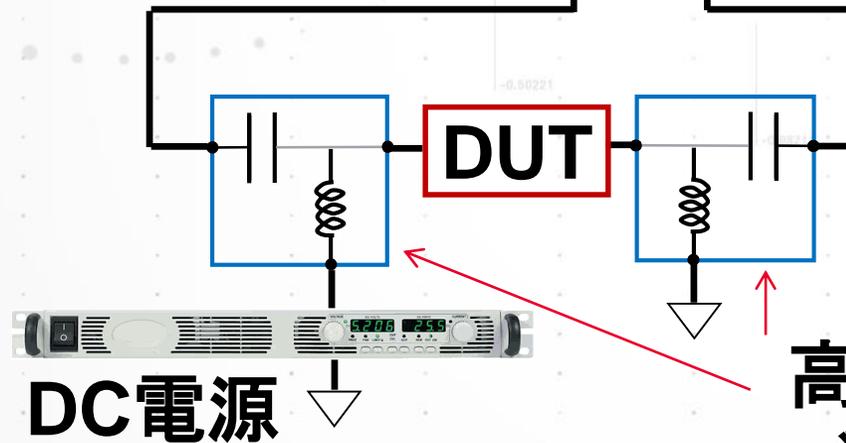


周波数: 100kHz~500MHz

DC電圧:  $\pm 600V$

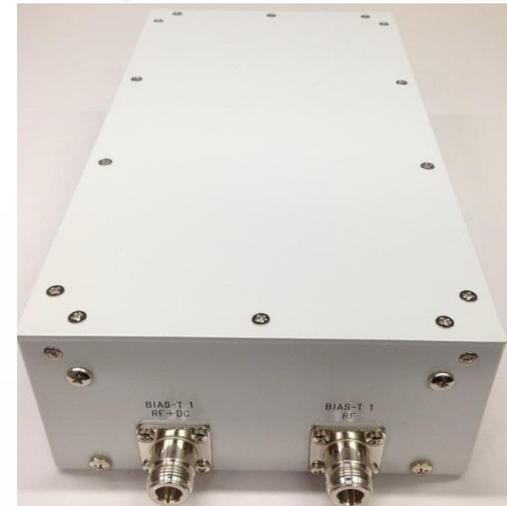
DC電流:  $\pm 2A$

RFレベル: +30dBm max



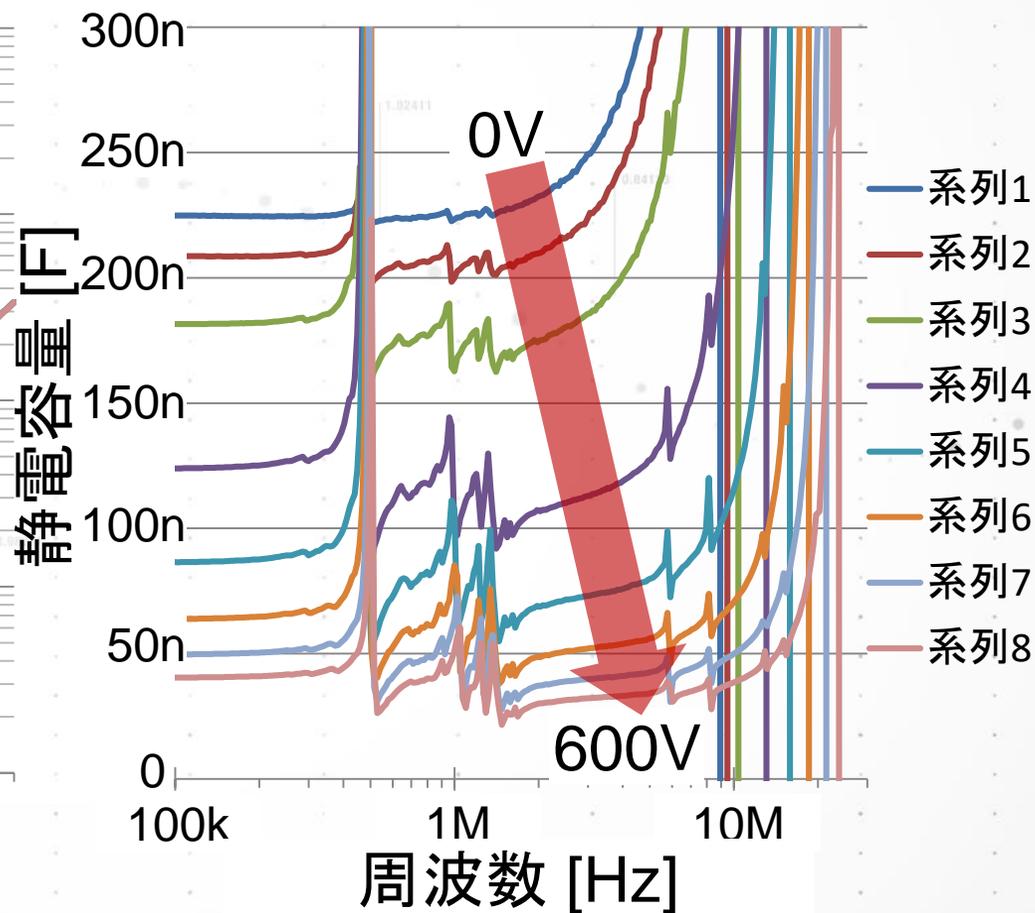
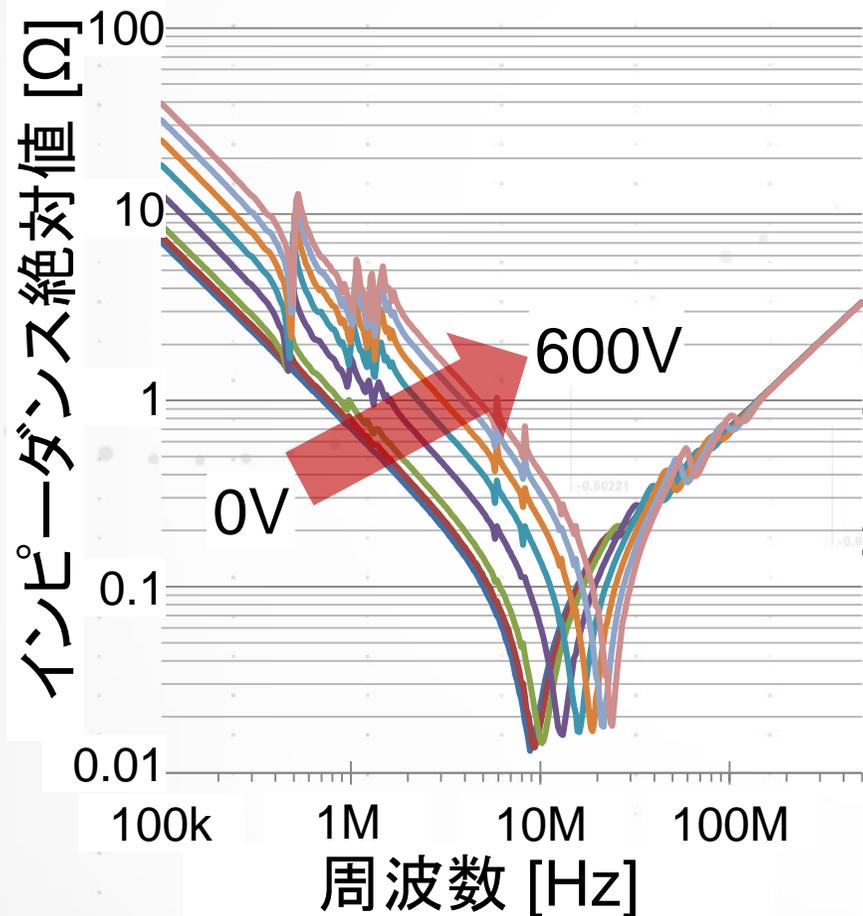
DC電源

高電圧  
バイアスティー



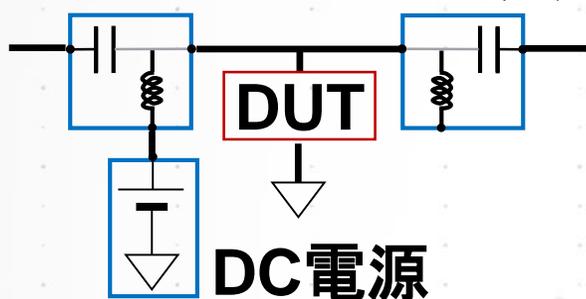
# ③高電圧バイアステー + ネットワーク・アナライザ

## 高誘電率系のセラミックコンデンサ (220nF, 定格630V)

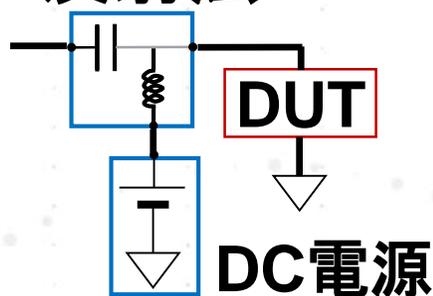


### ③高電圧バイアスティー + ネットワーク・アナライザ

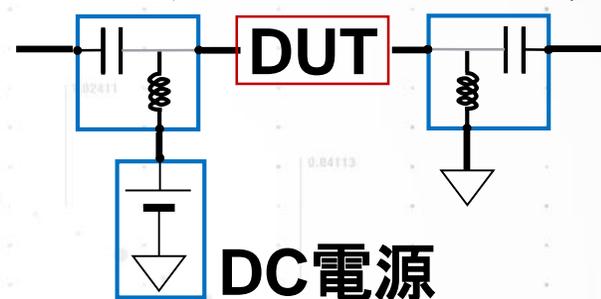
シャントスルー法



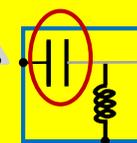
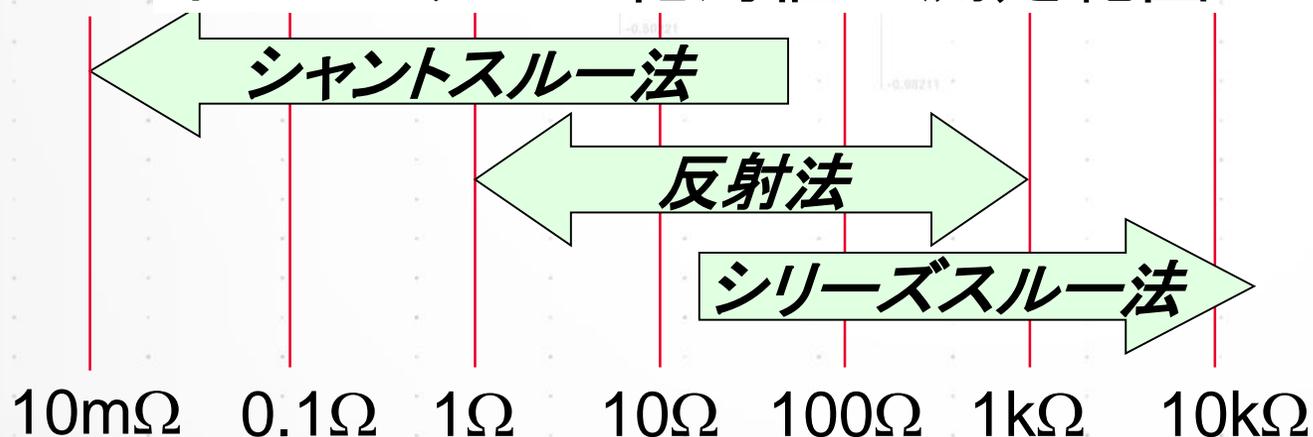
反射法



シリーズスルー法

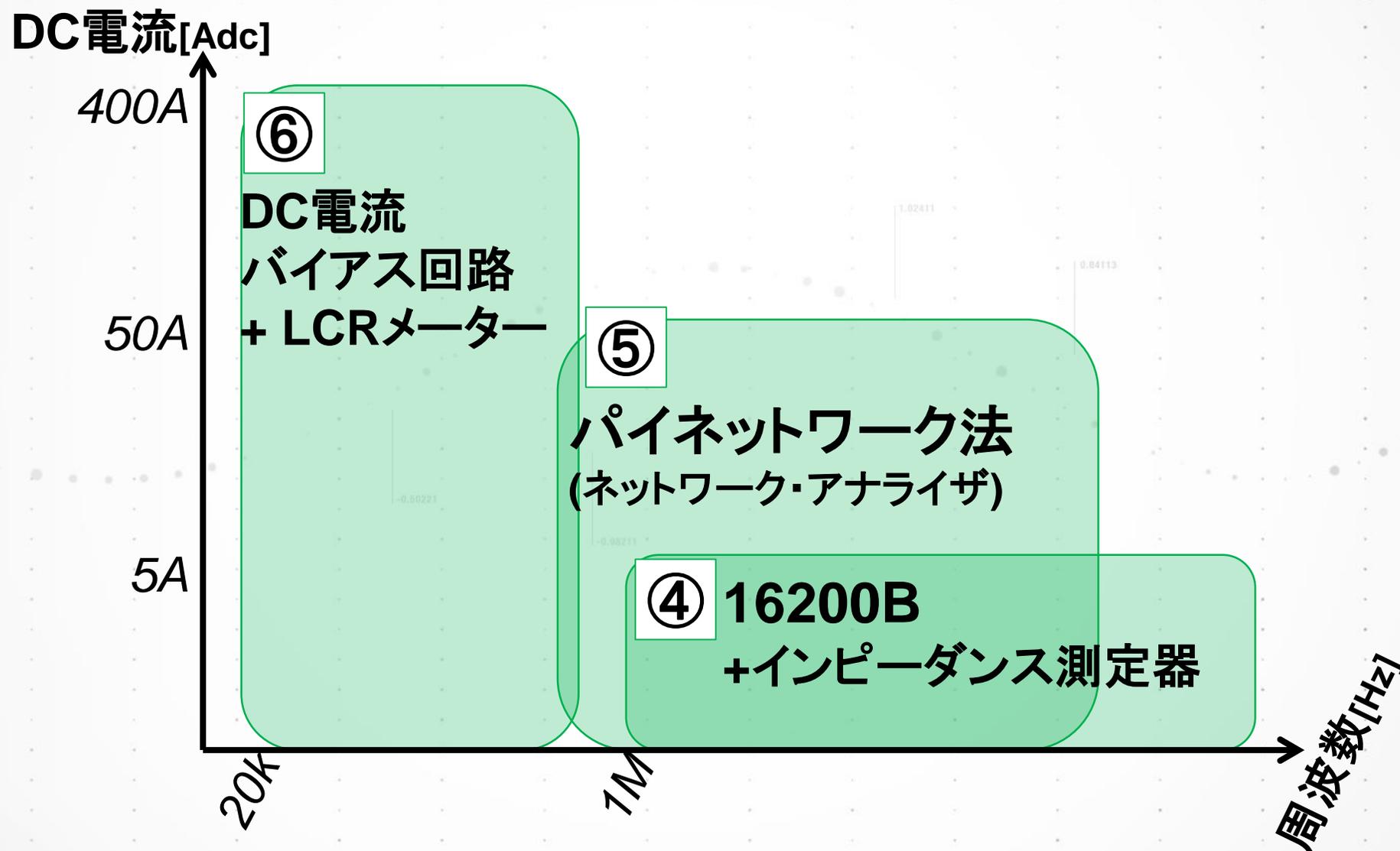


インピーダンス絶対値の測定範囲



バイアスティー  
の電圧依存性に  
注意

# 大電流DC重畳 インピーダンス測定



## ④16200B +インピーダンス測定器

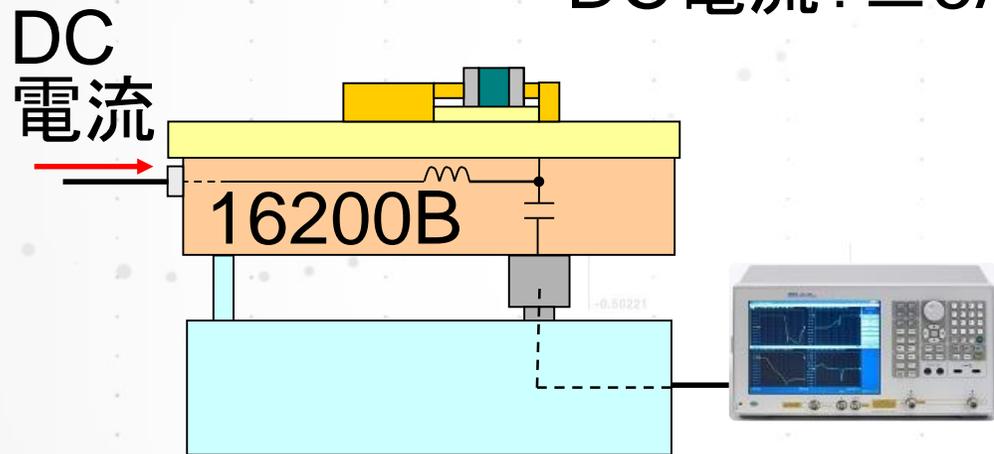


16200B DCバイアスアダプタ

周波数: 1MHz~1GHz

DC電圧:  $\pm 40V$

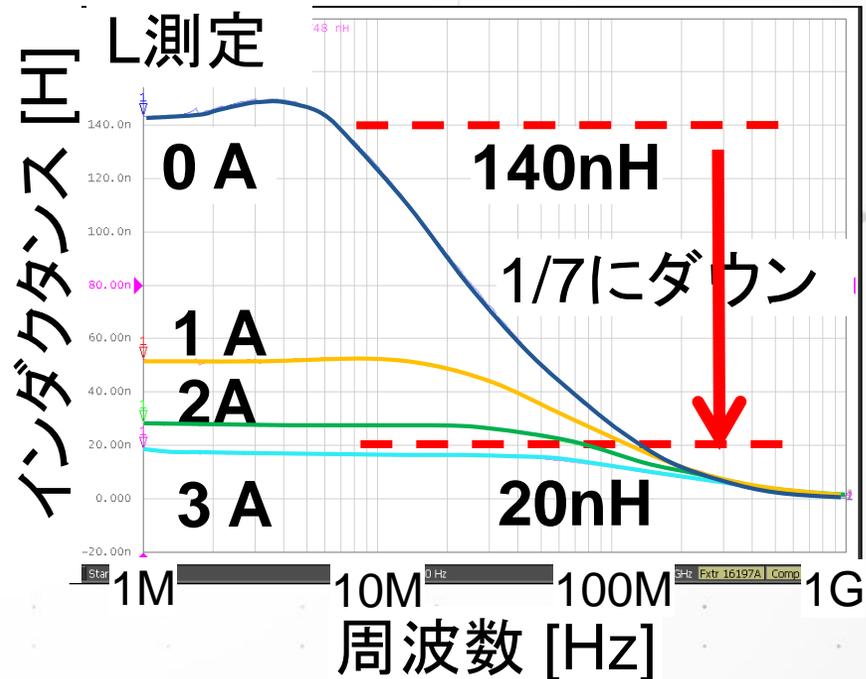
DC電流:  $\pm 5A$



フェライトビーズ 電流重畳測定

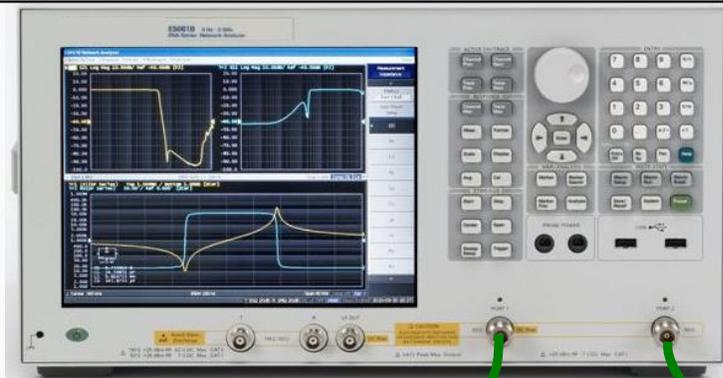
(1 MHz~1 GHzの測定が可能)

DCバイアス電流=最大5 Adcまで印加可能)



## ⑤パイネットワーク法

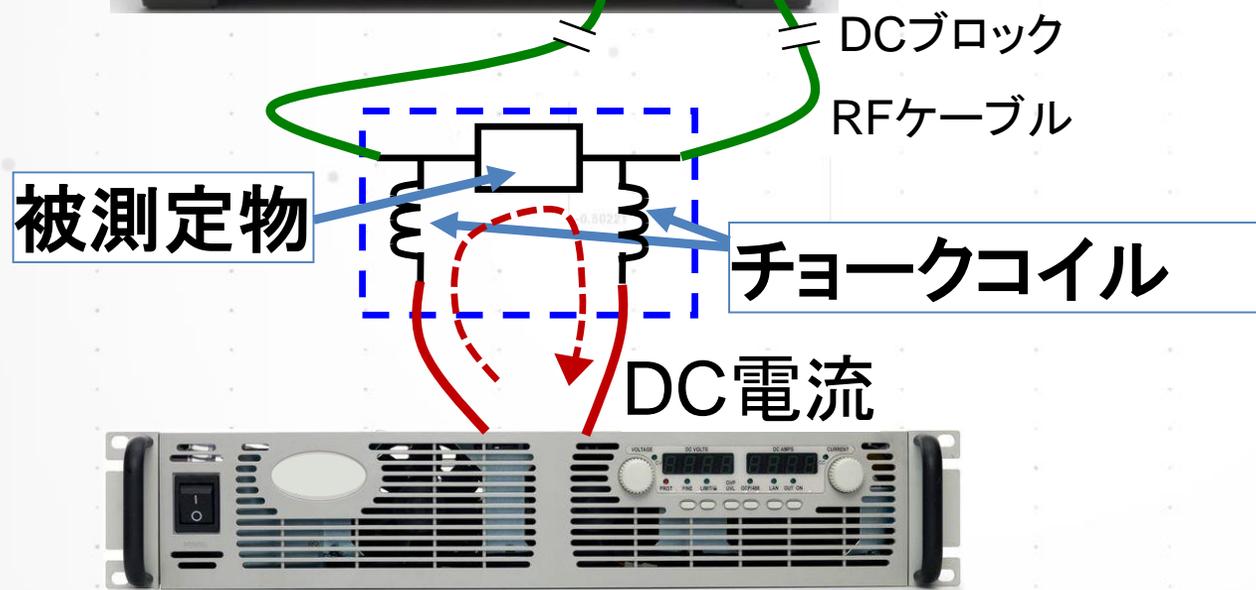
### ネットワーク・アナライザ



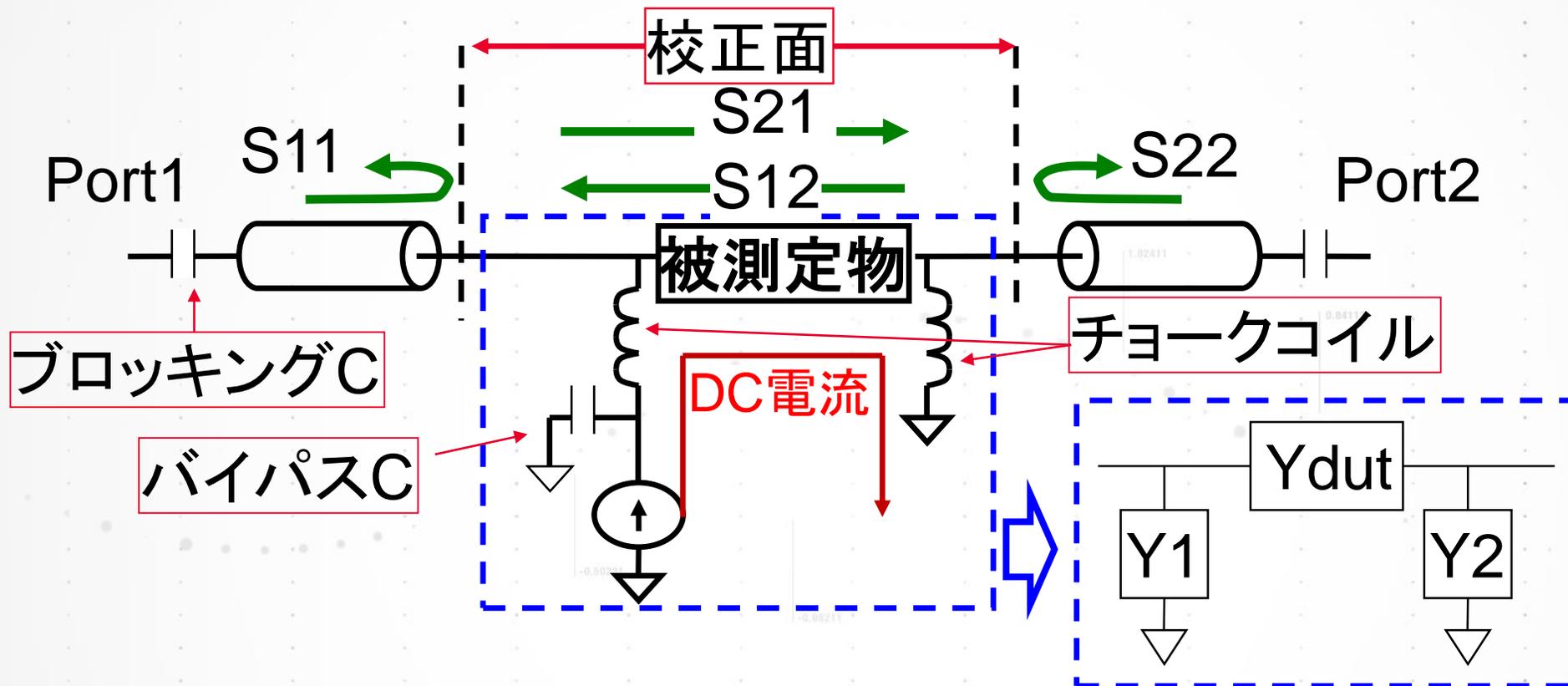
周波数: 数百kHz~100MHz

DC電圧: 数V 程度

DC電流: 50A 程度



## ⑤パイネットワーク法

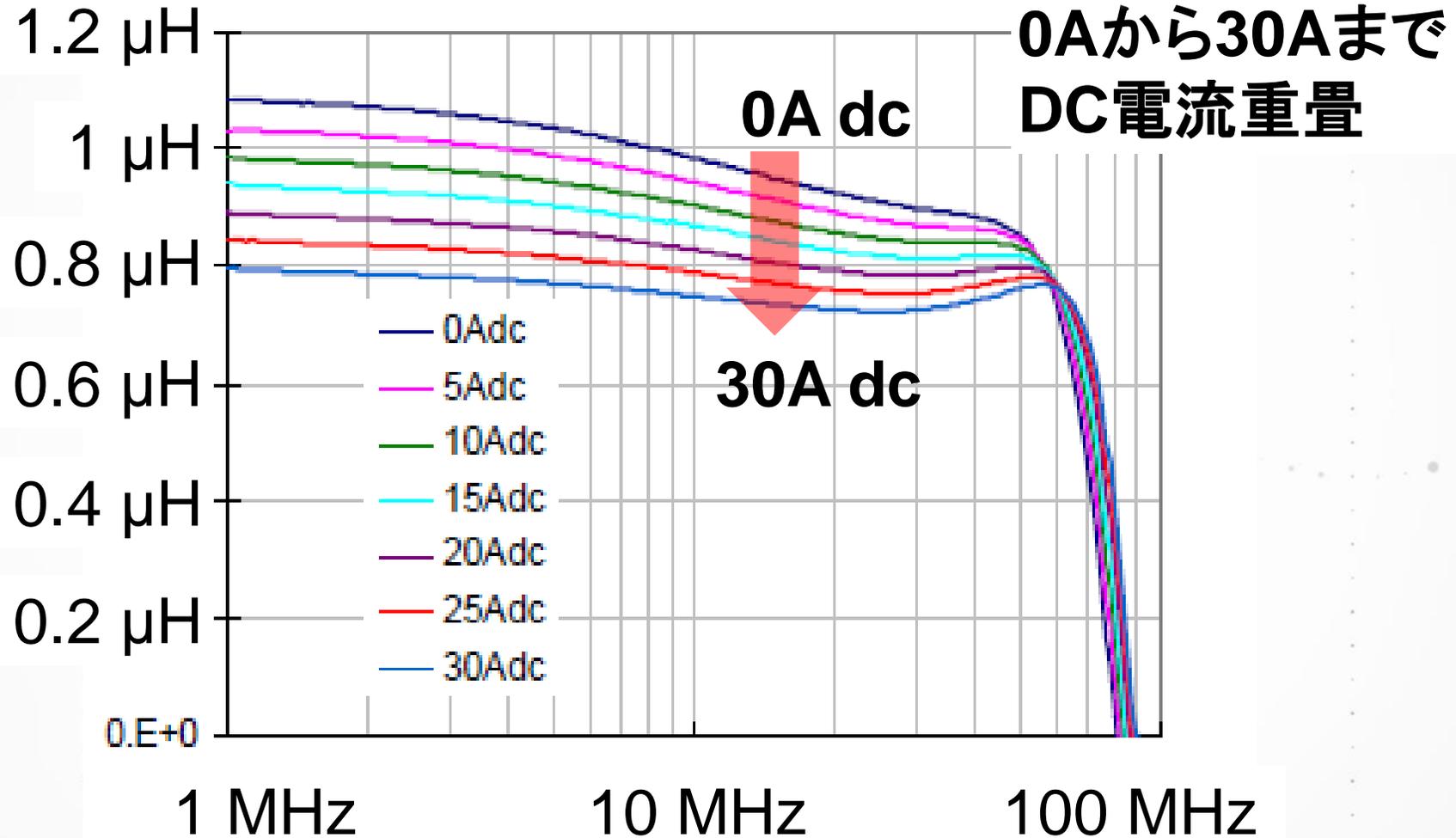


$$Z_{dut} = 1/Y_{dut} = 50((1+S_{11})(1+S_{22}) - S_{12}S_{21}) / (2S_{21})$$

チョークコイルのDC電流依存性を除去！Z<sub>dut</sub>のみ抽出可能！

## ⑤パイネットワーク法

### 1 $\mu\text{H}$ パワー・インダクタ 測定例



# ⑥DC電流バイアス回路 + LCRメーター

アクシス・ネット社製

LX-Aシリーズ電流重畳インダクタンス測定システム



周波数: 20kHz~400kHz

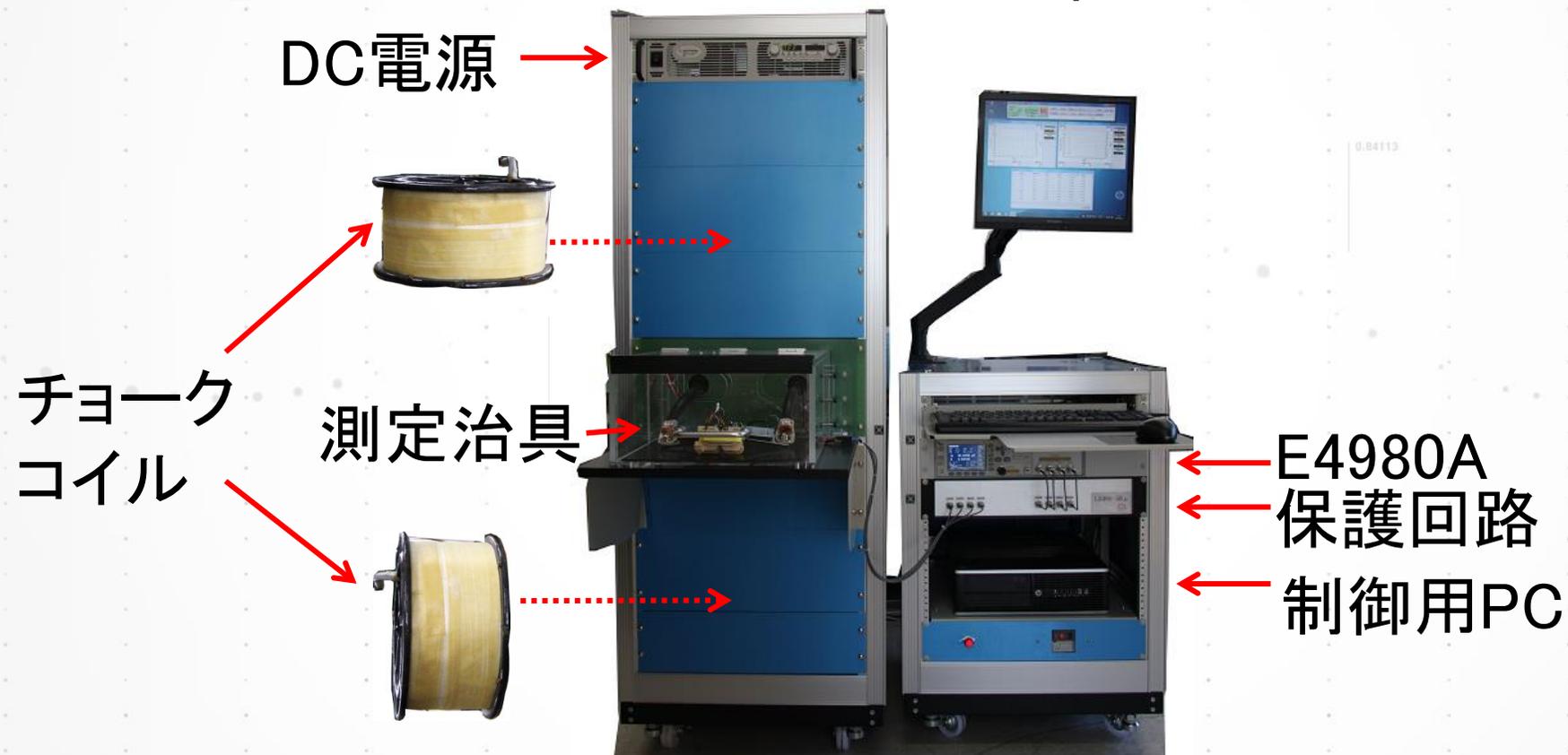
DC電流: 最大400A



## ⑥DC電流バイアス回路 + LCRメーター

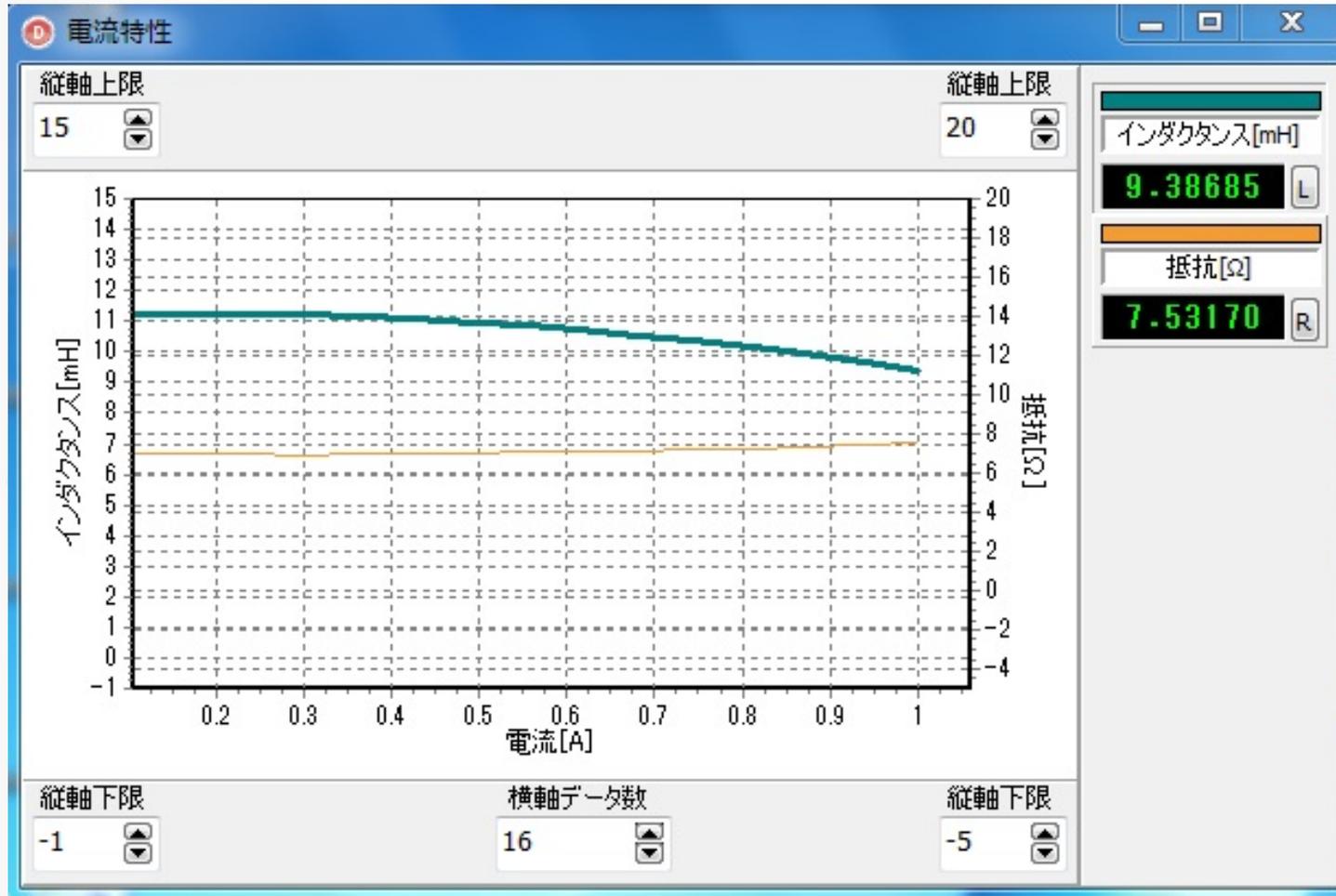
システム例

重畳電流 400A / インダクタンス100  $\mu$ H用



# ⑥DC電流バイアス回路 + LCRメーター

## ソフトウェア画面



E4980Form

測定ファンクション: Ls-D

測定電流: 10 mA

測定時間モード: MEDIUM

アベレージ: 1 回

OK Cancel

電流スイープモード設定

開始電流: 0.10 A

終了電流: 2.00 A

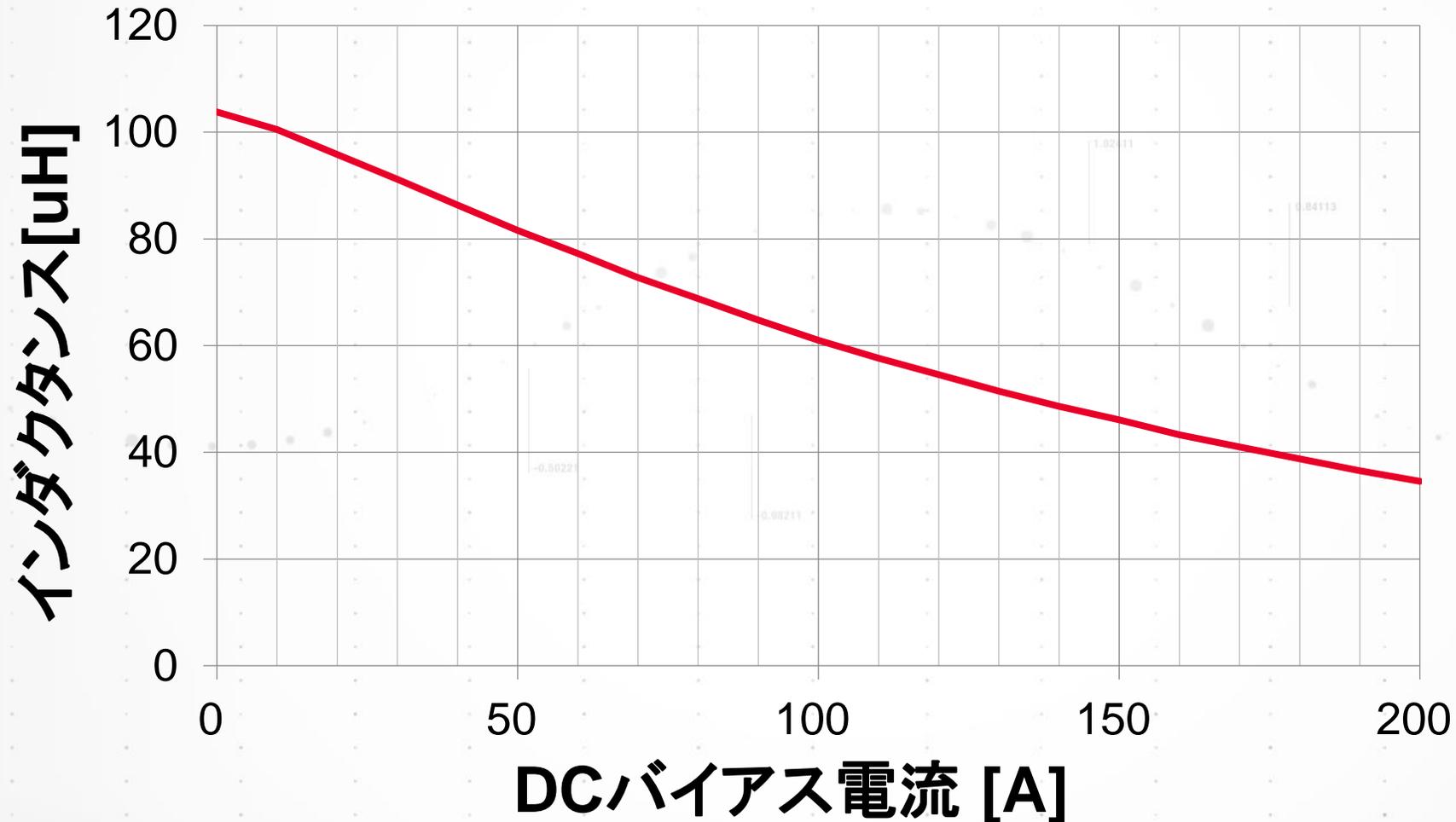
ステップ数: 10 回

測定周波数: 80.00 Hz

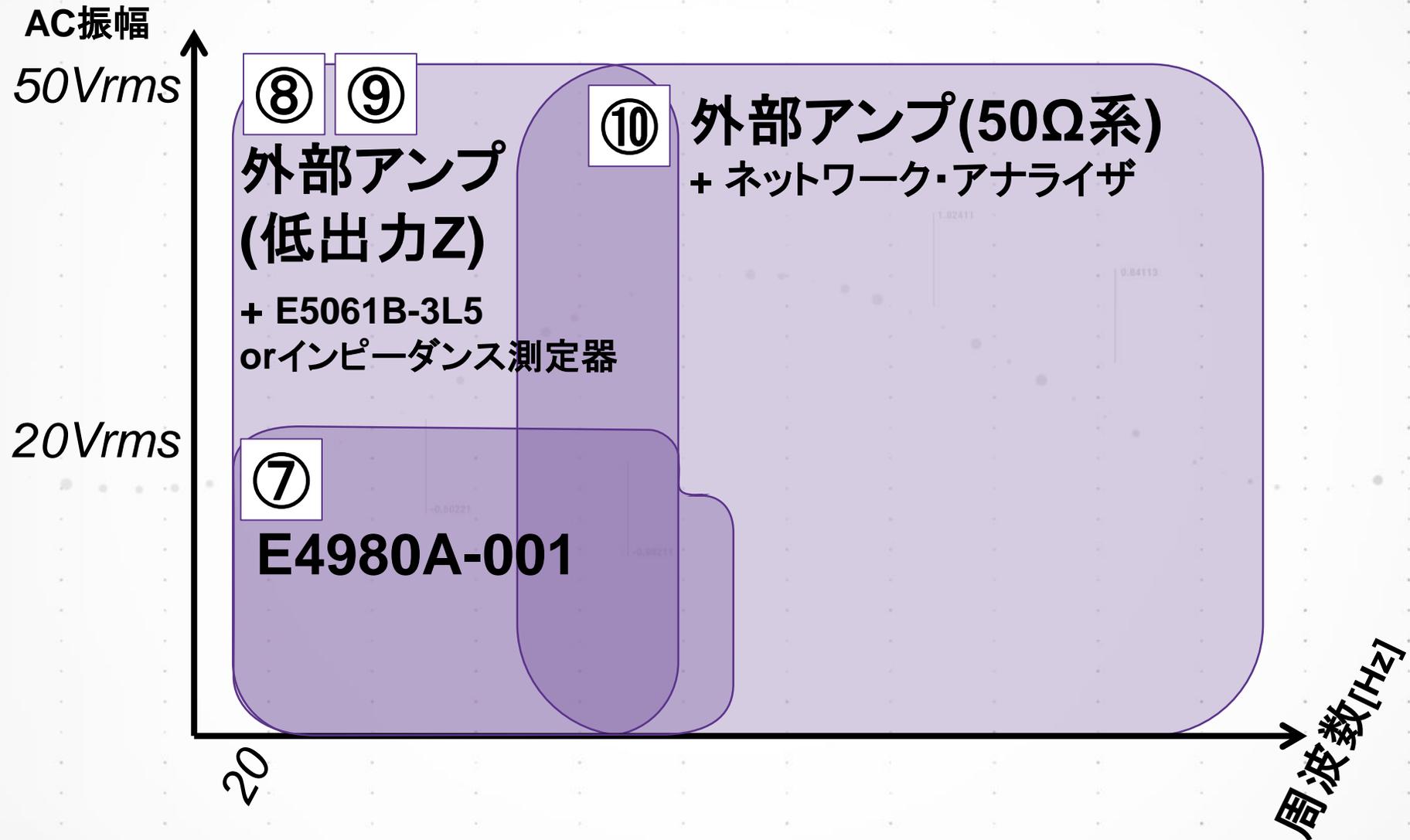
OK Cancel

# ⑥DC電流バイアス回路 + LCRメーター

## DC電流重畳試験 (20kHz)



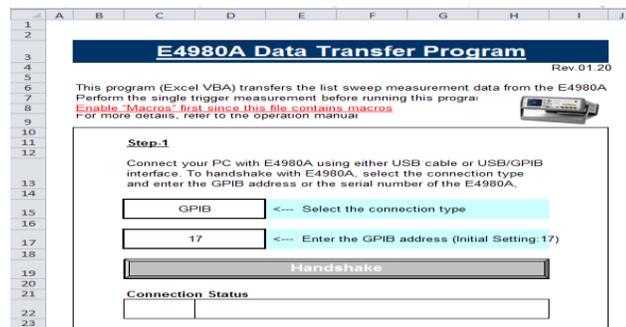
# 大振幅AC インピーダンス測定



# ⑦ E4980A オプション 001

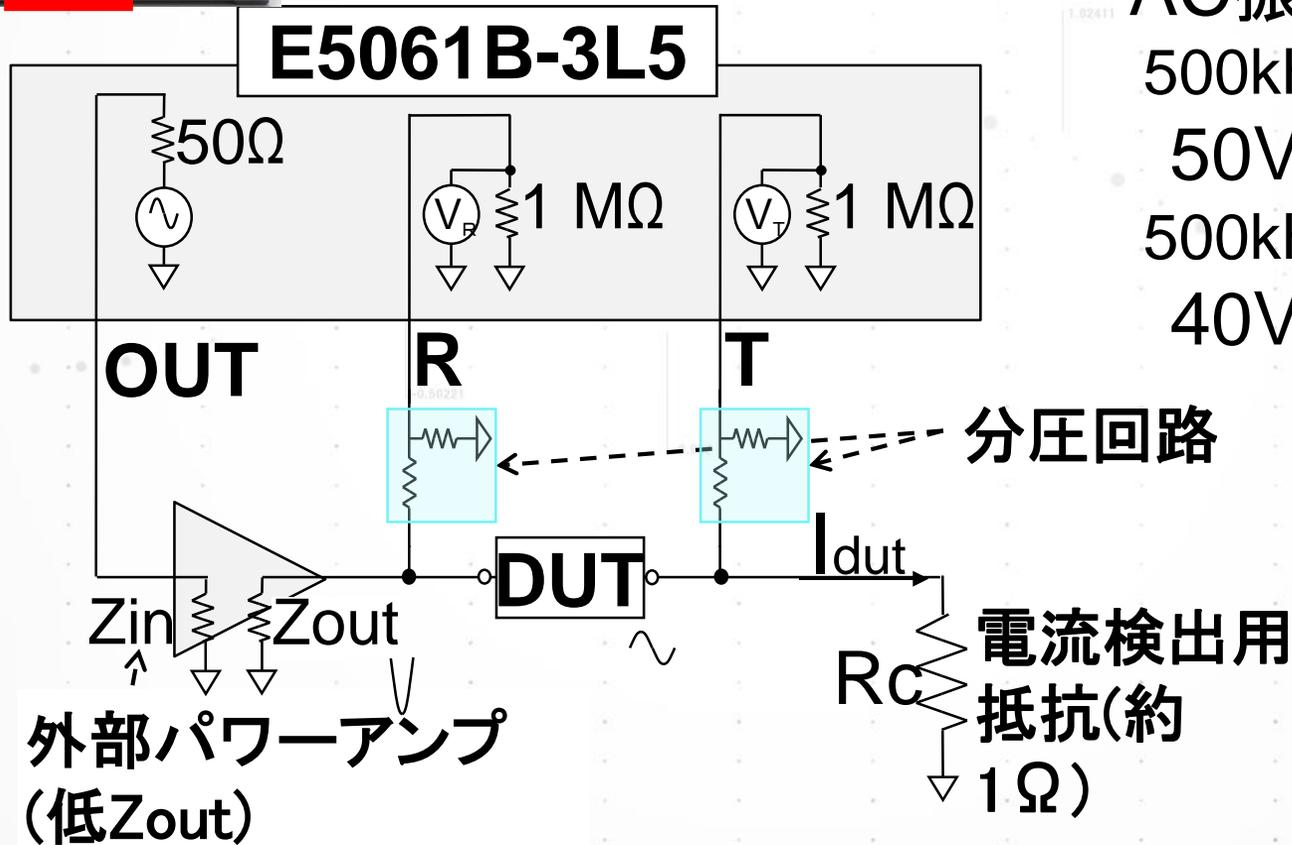


周波数: 20Hz ~ 2MHz  
AC振幅: 20Vrms (1MHz未満)  
15Vrms (1MHz以上)  
/ 100mArms  
内蔵DCバイアス源  
: ±40V / ±100mA



サンプルプログラム  
もあります

# ⑧外部アンプ (低出カインピーダンス) + E5061B-3L5



周波数

20Hz~1MHz

AC振幅

500kHz未満

50Vrms / 4Arms

500kHz以上

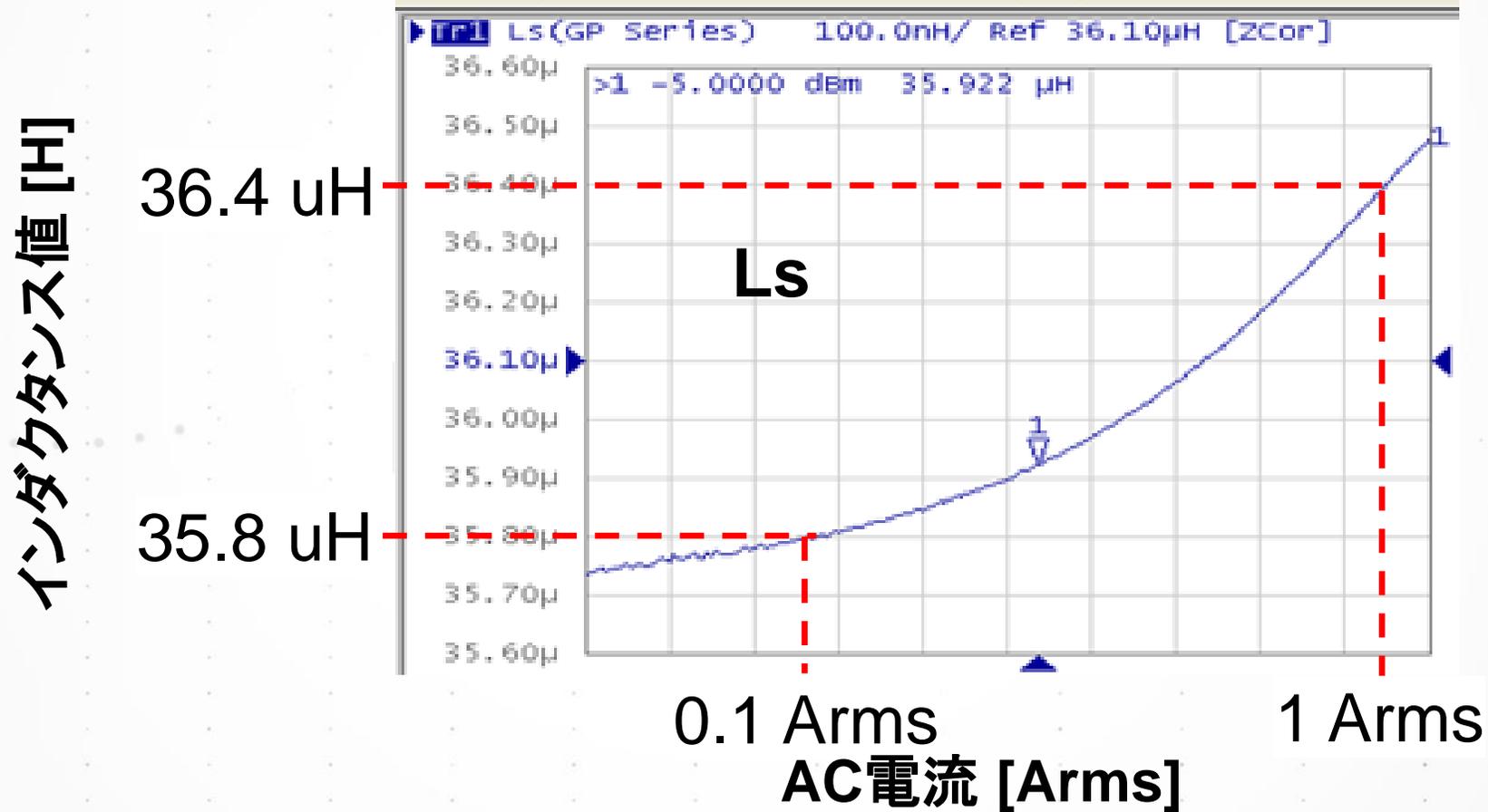
40Vrms / 3Arms

**!**  
測定器への  
入力レベル  
に注意

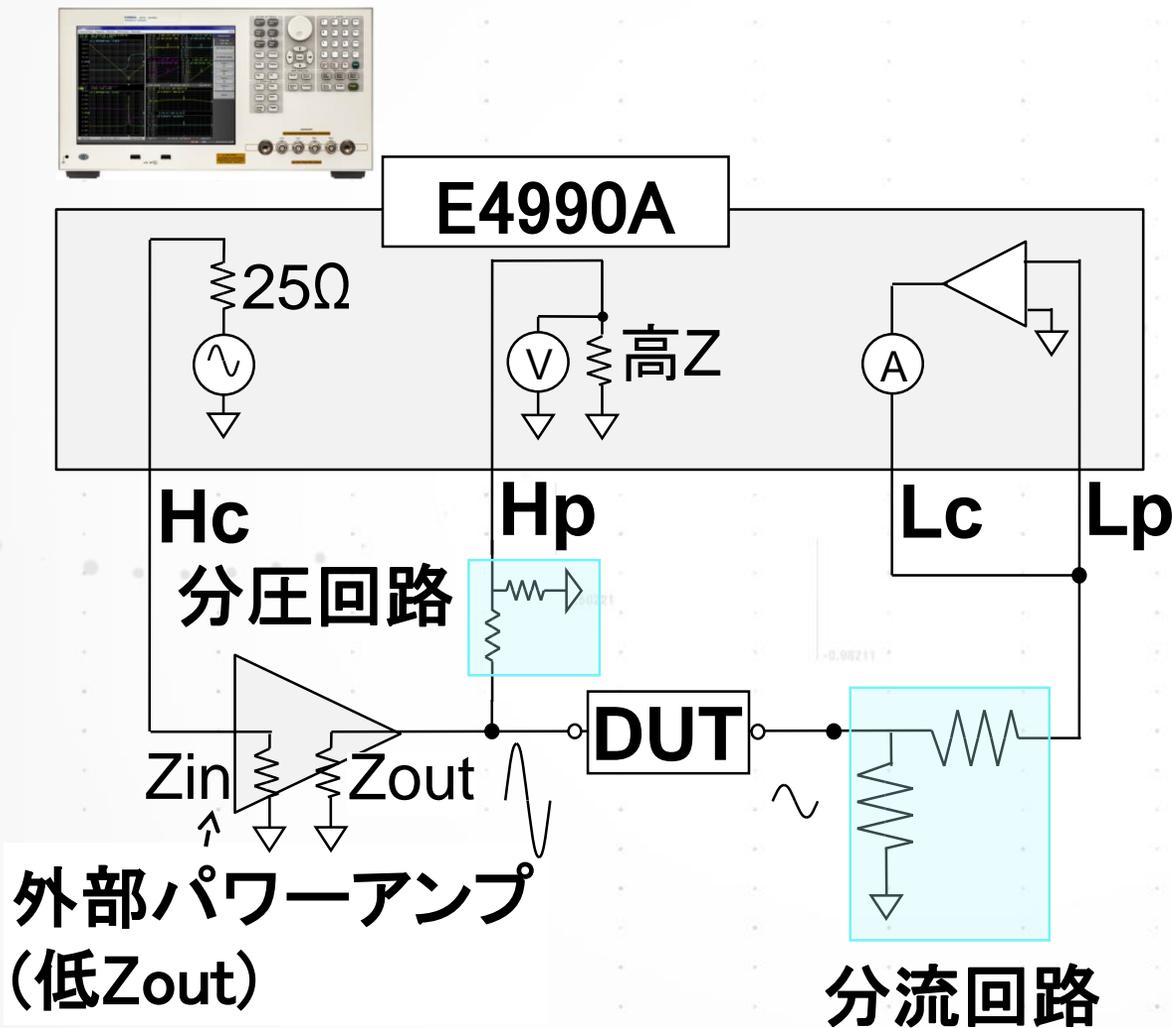
# ⑧外部アンプ (低出力インピーダンス)

## + E5061B-3L5

### 36uHのパワーインダクタ測定例



# ⑨外部アンプ (低出力インピーダンス) + インピーダンス測定器



周波数

20Hz~1MHz

AC振幅

500kHz未満

50Vrms / 4Arms

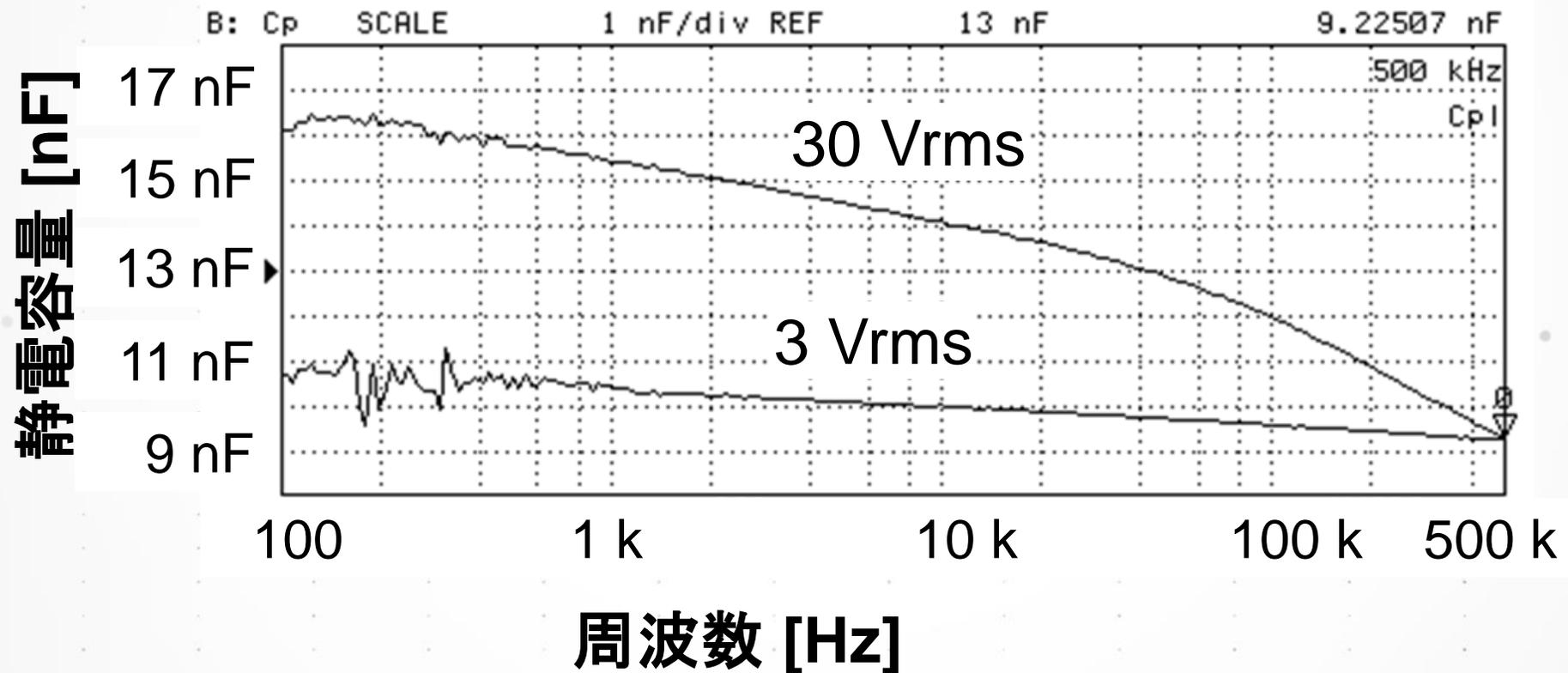
500kHz以上

40Vrms / 3Arms

**!**  
測定器への  
入力レベル  
に注意

# ⑨外部アンプ (低出力インピーダンス) + インピーダンス測定器

10nFのセラミックコンデンサ



## ⑨外部アンプ (低出力インピーダンス) + インピーダンス測定器

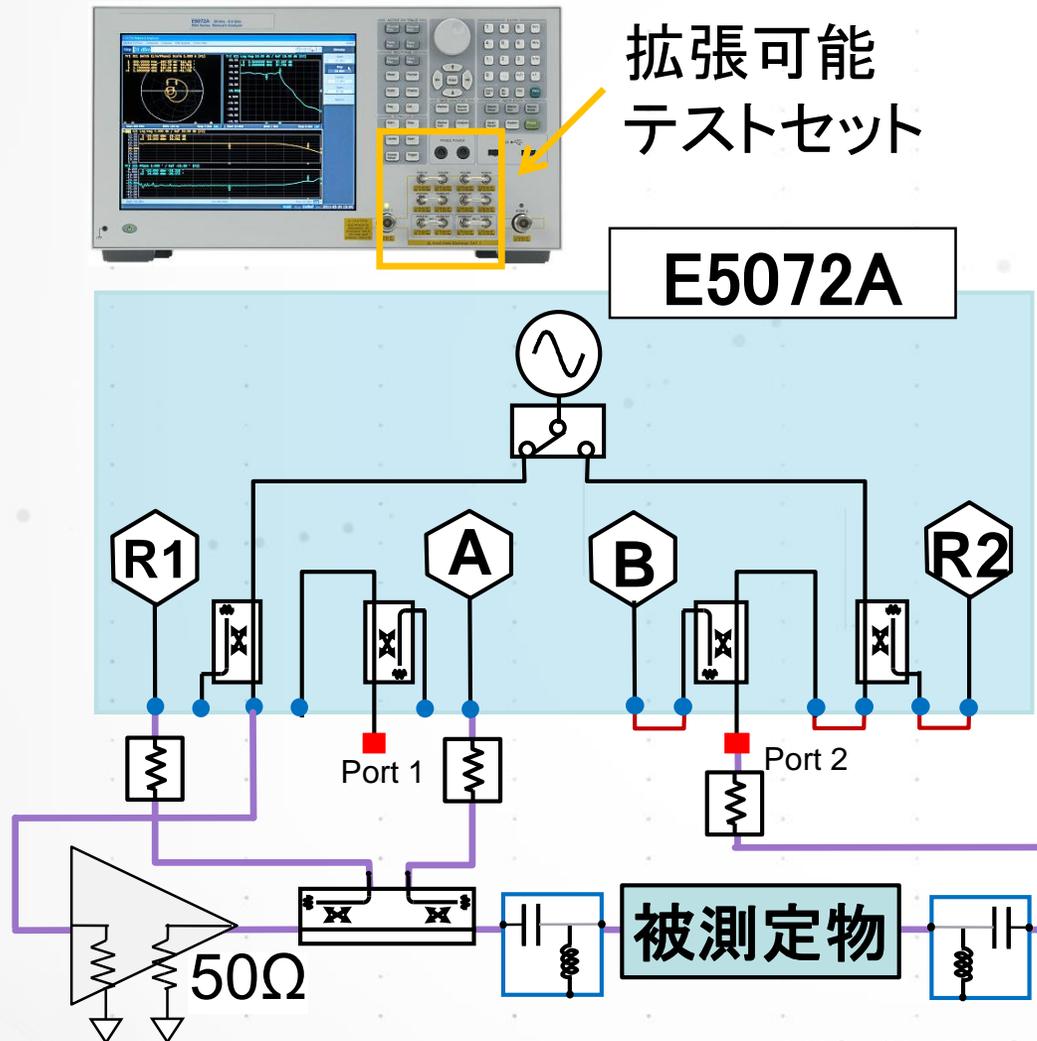
インピーダンス測定可能範囲

⑨外部アンプ&E4990A ➤ ⑧外部アンプ&E5061B-3L5



E4990Aは自動平衡ブリッジ法なので、アンバランス・エラーに注意。  
(高周波になるほど難しくなる)

# ⑩外部アンプ (50Ω系) + ネットワーク・アナライザ



周波数

100kHz~3GHz

RF電力

50W

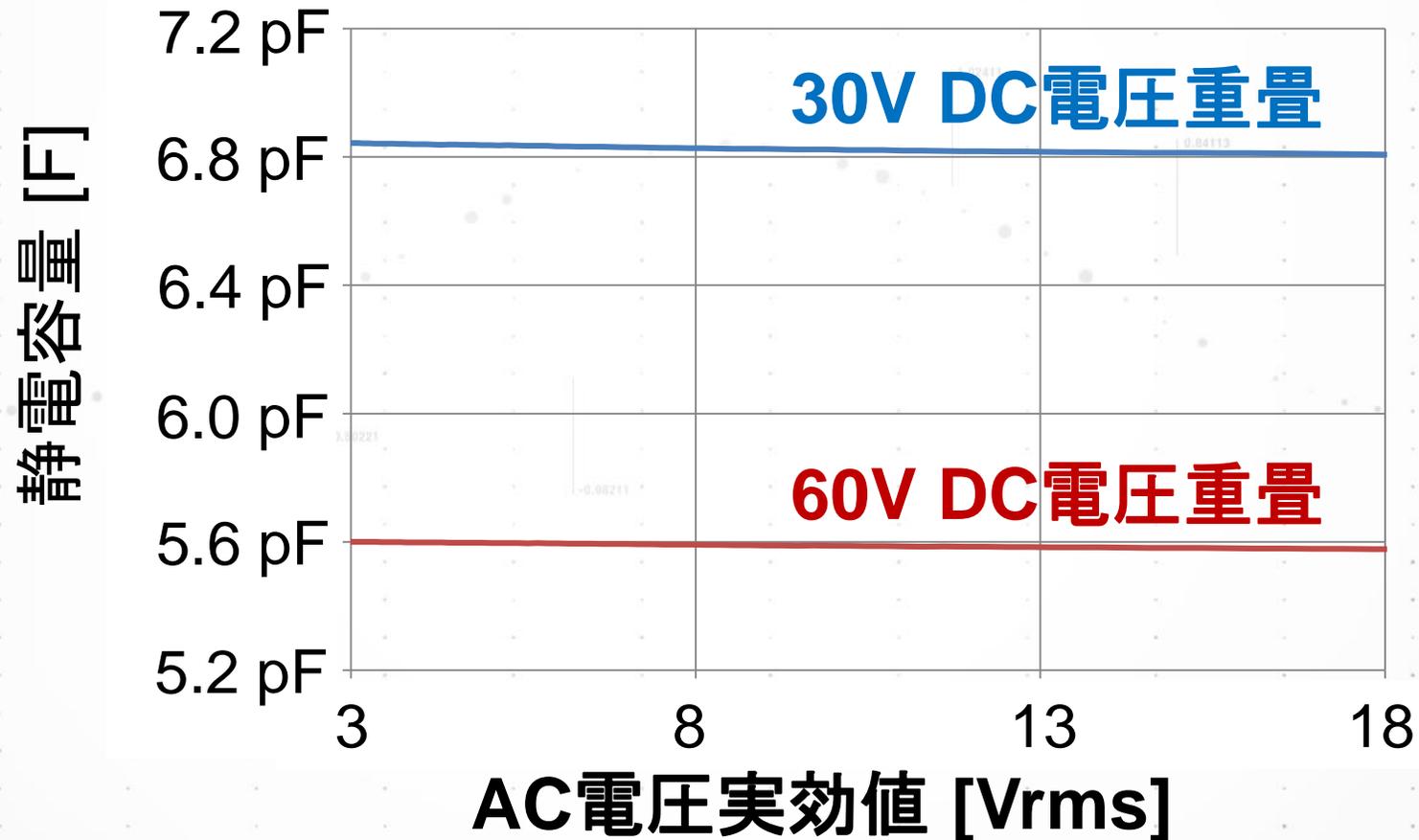
=50Vrms @ 50Ω負荷

⚠  
測定器への  
入力レベル  
に注意

# ⑩外部アンプ (50Ω系)

+ ネットワーク・アナライザ

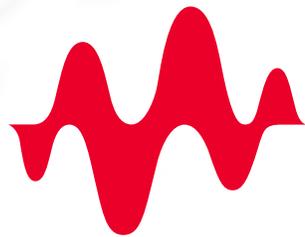
ダイオードの容量特性 @ 測定周波数 500MHz



# まとめ

- ✓ 大電力環境下でのインピーダンス測定が必要
- ✓ 様々なソリューション
  - 高電圧DC重畳 インピーダンス測定
  - 大電流DC重畳 インピーダンス測定
  - 大振幅AC インピーダンス測定
- ✓ 大電力での測定 特有の注意点

**弊社にご相談ください！！**



**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

4.50221