

## コスト/設置面積/重量を削減した次世代 EPR 分光計

### 新しい計測器の中核となる Spectrum Instrumentation 製デジタイザと AWG

Electron Paramagnetic Resonance (EPR)または Electron Spin Resonance (ESR)分光法は、Nuclear Magnetic Resonance (NMR)分光法に似ていますが、陽子などの原子核ではなく不対電子の性質を調べます。化学、生物学、材料科学、物理学の分野で金属錯体や有機ラジカルの電子構造を研究するために使用されます。従来、EPR 分光法には 1 トンを超える重さの巨大な電磁石が必要であり、そのため地下室に設置されることがよくあります。米国ボストン近郊の Bridge12 社は、現在の機器の約半分のコストでサイズと重量が 10 分の 1 のため建物のどの階にも設置できる次世代 EPR 分光計を発売しました。システムの中核となるのは、パルスを生成するための任意波形発生器 (AWG) と、信号をキャプチャするためのデジタイザの 2 つの Spectrum Instrumentation 製ボードです。

Bridge12 社の Magnetic Resonance 担当副社長 Thorsten Maly 氏は次のように語っています。「スタートアップ企業として、当社は EPR 分光計の設計を一から行い、最新の技術を使用して既存の製品よりもはるかにコンパクトな次世代製品を作成することができました。これにより、この技術をより多くの研究者が利用できるようになります。当社の顧客のほとんどは、共同研究を通じてこの技術を利用する大学の研究者です。より安価で最先端の機器があれば、この強力な技術を利用できる機会が増えます。次の目標は、経験豊富なオペレーターを必要とする既存の機器よりもはるかに使いやすくすることで、あらゆる科学者が研究に使用できるようにし EPR 分光法の普及を促進することです。当社の制御ソフトウェアは多くの機能が自動化されており直感的に使用できるように設計されているため、セットアップが簡単で実験が正しく機能しているかどうかはすぐにわかります。よって、結果を得るために EPR 分光法の専門家である必要はありません。」

### EPR の仕組み

EPR 分光法が使用される例としては、構造生物学でラジカル間の距離を決定して(膜)タンパク質の折り畳み形状を決定することが挙げられます。これにより、これらのタンパク質が他の分子またはタンパク質とどのように相互作用するかについての洞察が得られます。これは、タンパク質に 2 つのスピンラベル(マーカー)を取り付け、パルス EPR 分光法的一种であるパルス双極子分光法を使用してそれらの距離を測定することによって行われます。

スピンラベルは特別に設計された非反応性のラジカル分子であり、EPR 分光法は一連のマイクロ波パルスでラジカルを励起し、その応答を検出することでこれを検出できます。スピン間の双極子結合は、2 つのマーカー間の距離に直接つながります。スピンラベルのペアをタンパク質のさ



小型/軽量/コスト効率に優れた Bridge 12 社の EPR 分光計

さまざまな場所に配置して、タンパク質がどのように折り畳まれているかの3次元モデルの決定に使用できる一連の距離を生成することができます。

## 低ノイズとモジュール式コンポーネント

「EPR分光法は1~100オングストロームの範囲の距離を測定できますが、非常に正確に生成されたパルスシーケンスが必要です。そのため、ノイズレベルが非常に低いSpectrum製カードを使用しました。」とMaly氏は語ります。

「さらに、当社の分光計はモジュール式に設計されているため、お客様は必要なパフォーマンスを正確に指定でき、Spectrum社の幅広い製品群から最適なAWGとデジタイザを選択できるためオーバスペックなカードを使用する必要はありません。Spectrum製カードで特に気に入っているのは、イーサネット経由でPCに接続できるNetboxです。これにより、カードを挿入するのに十分な大きさのPCやラックマウントソリューションを使用する必要はなく、コンパクトなPCを使用できます。また、現場での機器のメンテナンスやコンポーネントの交換もはるかに簡単になります。」

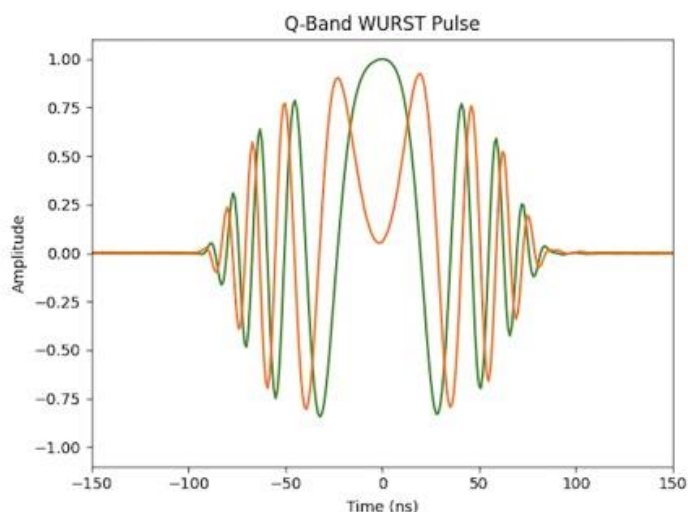
## 35GHz Qバンドレンジでの動作

EPR分光法は、レーダ技術とモバイル通信の進歩により、過去数十年にわたって進化してきました。これらの進歩により、解像度を高めるためにますます高い周波数を必要とするマイクロ波技術を使用するEPRハードウェアの構築に使用できる機器が生まれました。歴史的に、EPR分光計は10GHz(Xバンド)で動作していましたが、5G技術のおかげでこの種のアプリケーションに非常に望ましい周波数である35GHz(Qバンド)などのはるかに高い周波数で動作できる新しい商用機器が登場しました。

AWGは、実験に必要な200~500MHzの範囲で10~100nsの長さのパルスを生成し、最初にRF I/Qミキサーを使用してXバンドレンジにアップコンバートし、次にQバンドレンジにアップコンバートします。次に、マイクロ波パルスは100Wソリッドステートアンプに送られ、EPR共振器に送られます。反射信号は、200~500MHzの範囲のIF

周波数にダウンコンバートされ、デジタイザに送信されます。EPR分光法では、信号は従来DCにダウンコンバートされますが、この新しいアプローチによりノイズとアーティファクトが大幅に削減されます。

最新のEPR実験で使用されるAWG生成パルスの種類の例を図に示します。WURST(広帯域、均一レート、スムーズランケーション)パルスは、単純な矩形パルスをはるかに超える励起帯域幅とプロファイルを備えた広帯域マイクロ波パルスです。このようなパルスにより、EPR分光法での広帯域励起が可能になり、AWGのパフォーマンスに大きく依存します。



AWGで生成した34GHzのWURSTパルス

## はるかに軽い磁石で強力な磁場を実現

もう1つの要因は、従来は巨大で重い電磁石を必要とする 1~1.5 テスラの強力な磁場を生成できることです。Maly 氏は説明します、「必要な磁場強度を生成するために、はるかに小型の超伝導磁石を使用しています。この実験では、サンプルをヘリウムを使用して常に極低温まで冷却する必要があるため、液体冷媒を含まない（ドライ）磁石のサプライヤーを見つけました。この磁石はコンパクトで、1.2 テスラの高磁場を生成できますが、サイズと重量は 130kg 程度と、従来の磁石の数分の1です。この装置では、液体ヘリウムを使用する代わりに、コールドヘッドとヘリウムコンプレッサーを使用します。これは、実質的には閉サイクルで極低温を実現する冷蔵庫です。液体ヘリウムの入手がますます困難になっているため、これは非常に重要です。」と結論付けました。Maly 氏は、「これらのカードは EPR 分光計の主要部分であるため、Spectrum 製品の5年間保証は非常に安心できます。技術サポートも機器のセットアップの支援において最高のサービスを受けることができ、将来的にお客様に何か問題が起きても Spectrum 社に頼れると確信しています。」

Bridge12 Technologies 社の新しい EPS 分光計は現在購入可能で、詳細は <https://www.bridge12.com> でご覧いただけます。



## Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。最も一般的な業界標準（PCIe、LXI、PXIe）で 500 を超えるデジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト & メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、[www.spectrum-instrumentation.com](http://www.spectrum-instrumentation.com) を参照してください。