

シュトゥットガルト大学での原子物理実験

背景：

シュトゥットガルト大学は、ダイヤモンド内の単一原子が窒素原子に置き換えられる実験のために、Spectrum 製任意波形発生器 (D/A ボード) を選択しました。この方法は、原子レベルの磁場検出器や量子コンピュータの Qubit (量子ビット) などのアプリケーションの基礎となります。



単一原子の除去：

シュトゥットガルト大学の物理学部は、炭素原子を除去しそれを窒素原子で置換して NV ペアを形成することによる、ダイヤモンドの窒素-空孔 (NV) センターに焦点を当てた単一の固体欠陥の研究をしています。NV 欠陥中心は原子サイズの磁場センサーとして使用できます。これは NV のスピンと強度と周波数の両方を検出する小さな局所磁場との相互作用を検出できるため、事実上ナノスケールの核磁気共鳴 (NMR) デバイスです。たとえば、ハードディスクドライブ上の小さな読み取り/書き込みヘッドの磁場強度を測定して、それらを特徴付けることができます。ナノスケールの NMR 機能は、通常のサイズの NMR とは異なり、これらの小さなサンプルを測定するのに数回のスピンしか必要としないため、単一のタンパク質または薄膜の構造解析にも使用できます。

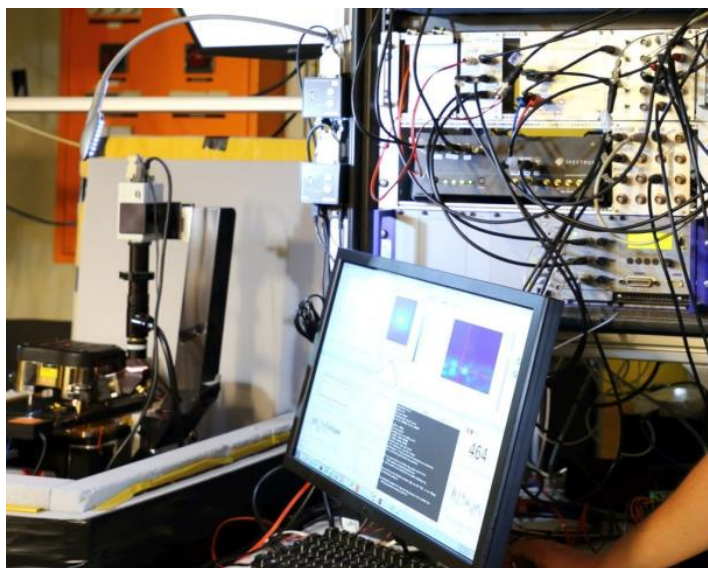


Figure 1 シュトゥットガルト大学の物理学部の NV 実験設備

NV は、2 つのスピン状態とそれらの間の重ね合わせを使用することにより、量子コンピューティングの関数を処理するための Qubit としても使用できます。これは、非常に低い温度と圧力を必要とする類似の選択肢とは異なり、室温で安定したスピン状態を持つため、特に興味深いものです。いくつかの NV は、通常、ダイヤモンド格子内に窒素原子を注入するために使用されるエネルギーに応じた深さで、ダイヤモンド内に 5nm で作成されます。目的は、それらを一度に 1 つずつ埋め込み、量子コンピューティング用のアレイを作成できるようにすることです。

任意波形ジェネレータの選択：

NV センターは、一連の光励起パルスとマイクロ波および無線周波数パルスで操作されます。これには、非常に短いパルスの非常に正確なシーケンスを作成する必要があります。

Spectrum 社の AWG (D/A ボード) が、要求される 10 個の出力チャンネル（4 つのアナログチャンネルと 6 つのデジタルチャンネル）を提供できるため、Spectrum 社の最新世代の任意波形発生器 (AWG) の 1 つが選択され導入されました。

Spectrum 社のモジュール設計思想により、同社はマザーボードにドーターボードを搭載して追加の接続を提供すること

とで、標準の 4 チャンネルにさらに 6 チャンネルのデジタルマーカーチャンネルを追加することができました。使用される AWG (D/A ボード) のモデルは DN2.663-04 generatorNETBOX です。これは、イーサネットを介して制御 PC に接続するスタンドアロンユニットです。



Figure 2 Spectrum 製 DN2.663-04 generatorNETBOX

AWG は、レーザー、IQ 変調を使用したマイクロ波信号、無線周波数パルスの生成、およびスピン状態を決定するためのデータ収集デバイスのトリガーを制御します。「多数の出力チャンネルのおかげで、実験全体を効果的に実行できます。」と、実験物理学者の Thomas Oeckinghaus 博士は説明しました。「Spectrum 社の AWG (D/A ボード) を選択する際のキーファクターは、10~20ns の非常に短いパルスを実験で必要とするため、その速度でした。1.25GHz で、非常に高い時間分解能でこれを制御できます。」

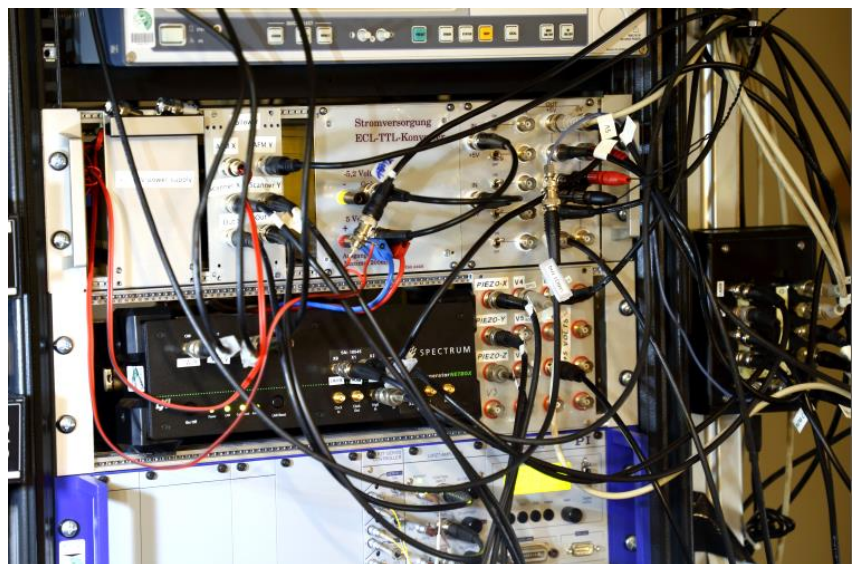


Figure 3 実験装置の中心にある Spectrum 製の AWG

新しい機器：

新しい機器、特に高レベルの柔軟性を提供する機器を使用することは常にチャレンジが伴いますが、ドキュメントが非常に優れておりセットアップが簡単であることがわかりました。発生した問題は 1 つだけで、Spectrum 社は次の日にドライバを修正し提供してくれました。「新しい機器を選択する際に、チェックリストで販売後のサポートを無視されることがよくあります」と彼は結論づけました。

「翌日に修正することに本当に感銘を受けました。これにより、問題が発生した場合、Spectrum 社がすばやく問題を解決できると確信できます。」

Spectrum 社 AWG (D/A ボード) の各チャンネルには 16 ビットの D/A コンバータ (DAC) があり、DC から 400 MHz の周波数成分を持つ正確で柔軟な波形を生成して実際の信号をエミュレートできます。長く複雑な波形の生成を可能にするために、AWG (D/A ボード) にはシングルショット、ループ、FIFO、ゲーティング、シーケンスリプレイなどの多数の動作モードがあります。FIFO モードでは、計測器は PXIe インターフェースを介して PC メモリから AWG (D/A ボード) の 4GB のメモリに連続的にデータをストリーミングできます。AWG は、新しい波形データがオンボードメモリに送信されている間に信号を出力することもできます。



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 を参照してください。