

量子研究に十分な精度の任意波形発生器

背景：

精度は研究において常に重要であり、量子研究よりも高い精度を必要とする研究分野はほとんどありません。オーストラリアのインスブルック大学の量子光学および量子情報研究所は、研究用にさまざまな信号を生成するために任意波形発生器（AWG）を必要としていました。

無線周波数の形態：

第1の用途は、無線周波数領域で多重周波数信号を印加することです。各周波数成分は正弦関数を用いて実現されます。結果として生じるビート信号は、トラップイオン量子シミュレータ内の個々のイオンを同時にアドレス指定するために使用されます。イオントラップを Figure1 と Figure3 に示します。

研究者である Christine Maier 氏は、次のように説明しています。

「これを達成するために、私達は音響光学偏向器（AOD）を通してレーザービームを送ります。この AOD クリスタルに適用される無線信号の周波数は、レーザービームの偏向角を定義し、それによって私達の線形イオン列のどのイオンがアドレス指定されるかを決定します。AWG によって、それぞれ任意の振幅を持った複数の周波数の信号を生成できるようになりました。つまり、イオン列の複数のイオンを同時にアドレス指定できるようになりました。

この利点の1つは、各イオンを個別に順番にアドレス指定することを繰り返す必要がないため、実験が高速になることです。しかしそれはまた私達にとって全く新しい研究分野を切り開いています。今までのところ私達はイオン鎖の中で乱れていないエネルギー輸送だけを調査することができました。

しかし、個々のイオンを任意の強度でアドレスすることで、任意のポテンシャル障壁を作り出し、無秩序な量子系におけるエネルギー輸送を調べることができます。AWG は動的な無秩序現象を研究するために時変ポテンシャルをプログラムすることも可能にします。」



Figure 1 イオントラップ

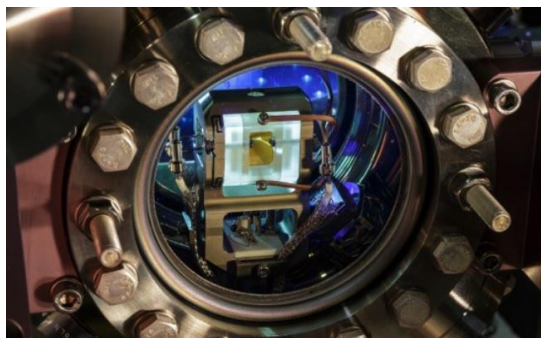


Figure 3 イオントラップ



Figure 2 イオンストリング

相殺的干渉：

第2の用途は、例えば音響光学変調器に多重周波数信号を印加するときを生じる望ましくない周波数の干渉による相殺です。「音響光学結晶に RF 信号を適用することは、私たちの研究室では基本的な技術です。」と彼女は付け加えます。「複数の周波数の信号を印加すると、いくつかの和-周波数成分と差-周波数成分が発生し、最後にイオンに送信している光信号にマッピングされます。これには2つの問題があります。1つは、実際に必要な周波数成分から電力を失うこと、2つ目は、混合項がイオン鎖のいくつかの共鳴周波数に当たって、シミュレートしたい量子モデルを破壊する可能性があるということです。AWG (D/A ボード)を使用することで、リアルタイム測定およびフィードバックループにおける相殺的な干渉を介して、これらの問題を相殺することができます。」用途が多岐にわたるため、出力を用途に合わせて簡単にカスタマイズできるように、PCを使用して簡単にプログラムできる AWG (D/A ボード)を用意することが重要でした。Figure5 に示すような Spectrum M4i.6631-x8 が選択されたのは、PCI Express カードであるためそれを PC に組み込んで直接駆動できるからです。



Figure 4 ラボラトリセットアップの様子

M4i.6631-x8 AWG の使用：

「それは高度に設定可能です。」、Maier は付け加えます。「2つの AWG (DAC) チャンネル、トリガオプションの選択、外部クロック入力、複数およびゲート再生モード、ルーピング機能、さらにロジックゲートを介して2つのトリガ入力を組み合わせることも可能。高解像度と 1.25 GS/s のサンプリングレートを組み合わせることで、現在あるプロジェクトに柔軟性を提供すること、そして重要なのは1つの機器で将来必要になる可能性を考慮し論理的な選択ができたことです。」

Spectrum 製 AWG (D/A ボード)は、4GB の内部メモリからロードされた波形を最大 1.25GS/s の速度で再生できます。デジタル信号は、16 ビットの D/A 変換を使用して定義されたオフセットと振幅を持つアナログ出力信号に変換され、現実の世界で見られるものをシミュレートする詳細な信号を提供します。過去に取得した波形や、DC から 400MHz までの計算波形、またはシミュレーション波形を再生することができます。オンボードメモリが限られているために信号



Figure 5 SPECTRUM 製 M4i.6631-x8 AWG

の再生時間が短縮されている他の AWG (D/A ボード)とは異なり、独自の FIFO ストリーミング機能を備えているため、一度に何時間も任意波形を生成することができます。これにより、テストをはるかに長期間実行することができます。



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。