

チタンサファイアレーザーのモニタリング

○岡田宏太^{A)}

^{A)} 装置開発技術支援室 極限環境機器開発技術グループ

概要

レーザー共鳴イオン化-二次中性粒子質量分析では、2色のレーザーパルスの発振タイミングのジッタにより信号強度が変化する。よって高精度な測定を行うためには、ジッタを測定する必要があるが、レーザーのパルス幅は30-50 nsであるため、ジッタを測定するには高速なADCが必要である。また、イメージングに必要な測定時間(約10分)における測定で発生する大量のデータを蓄えるシステムが求められている。そこで、市販のFPGAボードと内作したADCボードを組み合わせ、安価なデータ収集装置を製作した。

1 背景

レーザー共鳴イオン化-二次中性粒子質量分析法は、集束イオンビームによって試料表面よりスパッタリングされた2次中性原子を波長可変パルスレーザーにて元素選択的に励起・イオン化し、質量分析を行うことで、微小領域の元素・同位体組成の分析が可能となる手法である。特に、環境微粒子表面を収束イオンビームでスキャンすることにより、同重体干渉を抑制しつつ、同位体(放射性同位体を含む)のマイクロイメージングが可能となるため、その起源や環境動態の解明につながると期待されている。イメージングを行うためには、高繰り返し率(～10 kHz)で動作可能な共鳴イオン化レーザー光源が必要とされるため、これまでにグレーティング型チタンサファイアレーザーの開発を進められてきた。特に、高効率に共鳴イオン化を行うには、2つのチタンサファイアレーザーを用いた2色イオン化が有用であるが、2色のレーザーパルスの発振タイミングのジッタにより信号強度が変化する。そこで、2台のグレーティング型チタンサファイアレーザーの発振パルス時間をモニタリングするシステムが必要となった。当初は市販品でのシステム構築を検討していたが、ADボード自体が数十万円と高価であったため、内作を試みる事となった。

2 装置概要

レーザーのパルス幅は30-50 nsであるため、ジッタを測定するには高速なADCが必要である。また、イメージングに必要な測定時間(約10分)における測定で発生する大量のデータを蓄えるシステムが求められている。

図1にモニタリングシステムの中核をなすADボードのブロック図を示す。フォトダイオード(PD)でレーザーを検出し、外部トリガ(TTL,10kHz)に同期してAD変換を行う。100 MPPSのADCをインターリーブ動作させることで200 MPPSを実現している。取得データはFIFOを介してDRAM(メモリ)にDMA転送されるが、1回の測定で収集するデータ量が数GBとなるため、全てのデータをDRAMに蓄える事が出来ない。そこで測定データはネットワーク(TCP/IP)を経由して外部PCに転送する事にした。

3 測定

3.1 動作確認

図2に取得した波形を示す。レーザーパルスによるフォトダイオードの出力を測定したところ、5ns程度の

ジッタを測定可能であることを確認した。初期の動作確認では、スパイク上のノイズが見られたが、これらは ADC と FPGA のタイミングのズレに起因するものであったため、FPGA のクロックの位相を調整して回避した。

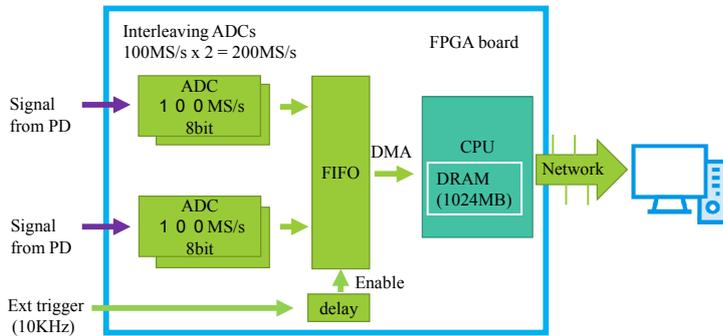


図 1 AD ボードブロック図

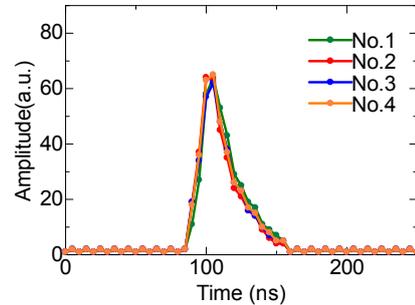


図 2 チタンサファイアレーザー発振波形

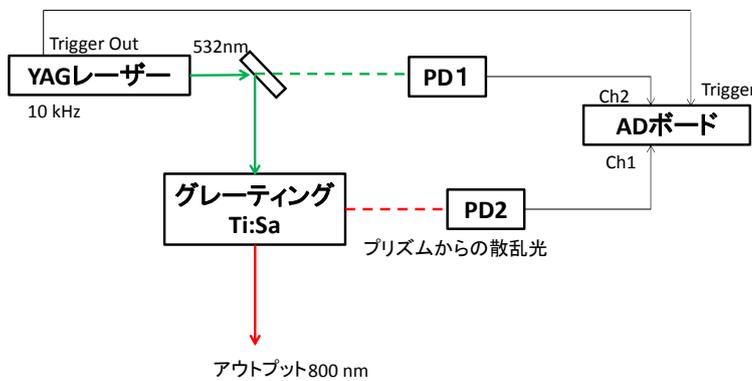


図 3 測定体系

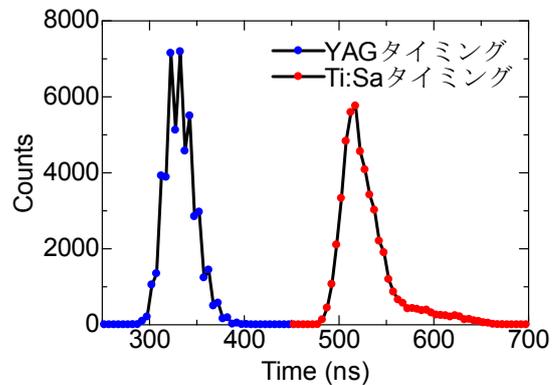


図 4 ジッタのヒストグラム

3.2 ジッタ測定

図 3 に測定体系を示す。ポンピング用の YAG レーザー及びチタンサファイアレーザーの発振パルスをフォトダイオードで検出し、その出力を製作した AD ボードで測定する。ジッタ測定は各レーザーパルスにおいてトリガからレーザーが発振するまでの時間を求め、これを積算しヒストグラムとすることでジッタを見積もった。図 4 に、チタンサファイアレーザーおよび YAG レーザーの 5 万パルス分の測定結果をヒストグラムで示した。どちらのレーザーも 100ns 程度のジッタが観測された。チタンサファイアレーザーの発振タイミングは、YAG レーザーの波高値が低い時に遅くなる傾向があり、ジッタを抑える為には YAG レーザーの出力安定化が必要であることがわかった。

4 まとめ

市販品で構成すると数十万円となるデータ収集装置を安価に製作した。

測定の結果、ジッタは 100ns 程度と見積もられ、質量分析における測定データの劣化が懸念される。今後、測定結果からマイクロイメージングの補正についての検討が必要である。