

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 5 日現在

機関番号：51201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350208

研究課題名(和文) 永久磁石利用により組立調整可能でメンテナンスフリーな小型核磁気共鳴吸収装置の開発

研究課題名(英文) Maintenance-free The development of the maintenance free NMR using a permanent magnet

研究代表者

貝原 巳樹雄 (Kiahara, Mikio)

一関工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：20290687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：4つの特徴を持つ永久磁石を利用したメンテナンスフリーのNMRを開発した。第一に、装置全体の低コスト化、コンパクト化、汎用性を高めることができた。第二に、高周波信号を低コストに信号処理するための工夫として、乗算器の1素子を用いるだけの周波数変換方式を採用した。通常ではGHzレベルのスペクトラムアナライザーが必要な場面ではあるが、今回の周波数変換方式により、極めて低コストの信号処理を実現することができた。第三に、分析に必要な試料量が少ない(5mm × 2mm：約40マイクロリットル)ことから、試料準備がより容易となる利点を持っている。第四に、永久磁石を用いたメンテナンスフリー性能が特徴である。

研究成果の概要(英文)：Maintenance-free NMR using a permanent magnet with four features was developed. First, it was possible to reduce the cost, compactness, and versatility of the entire device by using Raspberry Pi. Secondly, as a device for signal processing of high frequency signals at low cost, a frequency conversion system using only one element of the multiplier is adopted. Although it is a scene where a spectrum analyzer at the GHz level is usually required, extremely low cost signal processing can be realized by this frequency conversion method. Third, since the amount of sample required for analysis is small (5 mm × 2 mm: about 40 μl), it has the advantage that sample preparation is easier. Fourth, it features a main nonself performance by using a permanent magnet.

研究分野：分光学

キーワード：NMR 永久磁石 メンテナンスフリー 周波数変換 FT-NMR

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

NMR は出荷価格が効果少なくとも数千万円から1億円程度で、さらに通常では超伝導磁石の維持費として年間150から200万円程度の予算が必要である。そこでメンテナンスフリーの永久磁石を用いた小型のNMRを開発して組み立て調整できる教育用NMRキットを開発できれば量子化学や電子回路など多方面の知識を統合して作られている分光器としての理解が深まると考えた。

2. 研究の目的

大学生、大学院生、一般社会人向けのNMRを理解し、簡単な化合物のNMRスペクトルを測定できるメンテナンスフリーの教育キット開発を目的とした。この装置の組み立てや利用によって量子化学や電子回路など多方面の知識を統合して作られている分光器としての理解を深めてもらうことができる。

3. 研究の方法

平成26年度

磁界強度が5,000 Gauss前後、プロトンの共鳴周波数で21 MHz前後において動作する試験システムを設計製作した。静磁場形成用のネオジウム磁石は万力の両頭に取り付けた。万力を応用することにより簡易に磁束漏れのない磁気回路を形成することができた。

平成27年度

磁束密度1.4 Tesla、ギャップ間隔10mm磁気回路が完成した。これを使って高周波発振器、高周波増幅回路、パルス高周波発生回路、クリッピング付きプリアンプが完成した。高周波増幅については多段式により出力10W程度の増幅を実現すべく検討進めた。またFID信号については内蔵型の

LCDに表示すべくオシロスコープの実装化を進めた。

平成28年度

高周波信号を低コストに信号処理するための工夫として乗算器の1素子を用いるだけの周波数変換方式を開発した。またFID信号の積算を可能とするマイコン(Raspberry Pi+広画面LCD+AD変換器を用いたオシロスコープに微弱過渡信号測定分析装置(Weak Transient Phenomenon Analysis Equipment:WTPAE)を自作した。

4. 研究成果

開発装置とその特徴

最終的に4つの特徴をもつ永久磁石を利用したメンテナンスフリーのNMRを開発することができた。



写真1 磁気回路外観



写真2 NMRの調整の様子

写真1は磁気回路の外観写真である。写真2はNMRの調整の様子である。写真2の右下のプラスチック容器でカバーした中に磁気回路と試料ホルダー部分が格納されている。写真2の左下は電子回路の動作チェック用外付けのオシロスコープ、写真2の左下の2つの金属ケース内に電子回路が格納されている。上段をケース1(図1)、下段をケース2(図2)としてそれぞれの内部構成を説明する。

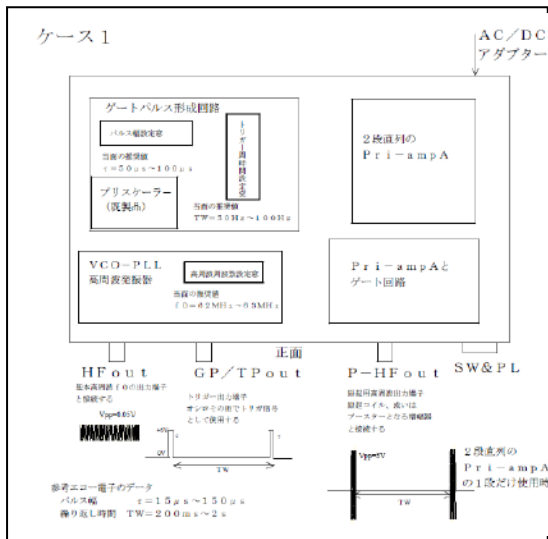


図1 ケース1の内部構成

ケース1の内容は図1に示す。ケース1では高周波発信機とゲートパルス発生機を格納している。さらにプリアンプを備えている。出力端子は4つ、左から基本高周波出力端子、ゲートパルス出力端子、励起用パルス高周波出力端子とスイッチ、パイロットランプである。ケース2の内容は図2に示す。左から基本高周波の入力端子、信号検出コイルから出た信号をプリアンプで増幅した信号の入力端子、モニター出力端子、内臓オシロスコープ (Raspberry Pi) への FID 信号出力端子そしてスイッチ、パイロットランプである。

装置の4つの特徴について説明する。

第一に近年広く普及している低コスト高パフォーマンスのマイコン、Raspberry Piを

装置のコントロールとデータの処理に用いる方式とした。具体的には高周波パルスの照射開始の制御、パルス幅、FID(Free Induction Decay)信号の積算回数とAD変換等である。これによって装置全体の低コスト化、コンパクト化、汎用性を高めることができた。装置のコンパクト化は装置周辺の環境ノイズを拾いにくくなることからもある望ましい。

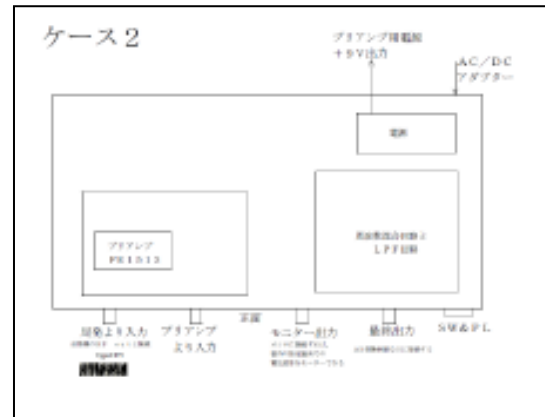


図2 ケース2の内部構成

第二に高周波信号を低コストに信号処理するための工夫として乗算器の1素子を用いるだけの周波数変換方式を採用した。これは基準となる高周波とその基準の高周波とわずかに異なる周波数を持つ2種類の信号を入力してその差異となる信号を low pass filter によって抽出する方式である。通常では GHz レベルのスペクトラムアナライザが必要な場面ではあるが、今回の周波数変換方式により極めて低コストの信号処理を実現することができた。

第三に分析に必要な資料量が少ない(5 mm × 2 mm φ、40 マイクロリットル)ことから試料準備がより容易となる利点を持っている。これは信号の絶対強度が小さいことを意味するため、SN比の高い信号取得にとってはマイナスとなる。

第四に永久磁石を用いたことによるメインテナンスフリー性能を特徴とする。今回のNMRでは自由誘導減衰(FID)の中心磁場強度は約1万5,000ガスとなりプロトンの共鳴周波数は約65MHzとなった。なお、自由誘導減衰信号は長時間の積算により明瞭な信号となって現れる。よって積算回数を指定して得られたFID信号のフーリエ変換は窓関数を指定して変換する方式とした。当初、初心者であっても自分で組み立て調整できるNMRキットとしての装置開発を予定していたが、本試作機は教育キットとしての応用ができるまでには至っていない。今後は電子回路の簡素化をすすめ学習用教育キットとしての応用を推進したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
貝原 巳樹雄 (KAIHARA Mikio)
一関工業高等専門学校・物質化学工学科・教授

研究者番号：20290687

(2) 研究分担者
川谷 亮治 (KAWATANI Ryoji)
福井大学・機械工学系・准教授
研究者番号：30169734

(3) 連携研究者
梅野 善雄 (UMENO Yoshio)
一関工業高等専門学校・一般教科・名誉教授

研究者番号：30042211

(4) 研究協力者
金野 茂男 (KINNO Shigeo)
小山工業高等専門学校・名誉教授