

● 超伝導・核四極共鳴・近赤外分光法を利用した センシング技術の開発

超伝導、核四極共鳴、近赤外分光法を利用したリモートセンシング技術の開発を進めた。超伝導では、レーザーSQUID(超伝導量子干渉素子)顕微鏡を作製し、太陽電池の非接触検査を行って、太陽電池の異常個所を特定する技術の開発を進めた。NQR(核四極共鳴)では、特定波長のMHz帯のラジオ波を照射・検出することにより、爆発物・不正薬物のリモートセンシング技術を発展させ、NQR手荷物検査装置、NQR身体検査装置、NQR靴検査装置を開発した。NIR(近赤外分光法)では、容器内の液体危険物の検知技術として、非破壊分析である近赤外分光法を用い、PETボトル中での液体爆発物の濃度推定を行う試作検査装置を開発した。

1. レーザSQUID顕微鏡による非破壊検査

SQUIDは、最も高感度な磁気センサで、非破壊検査、異物検査など、幅広く応用研究が進められている。本研究では、図1のようなレーザーSQUID顕微鏡装置で、半導体の非接触検査を行った^[1]。

半導体にバンドギャップエネルギー以上のエネルギーを持った光を照射すると、光励起電流が流れる。この電流による磁場をSQUIDで測定した。レーザー照射位置とSQUIDの位置関係は固定し、その間で、サンプルのみをスキャンさせ、磁場像を得た。サンプルとして、多結晶シリコン太陽電池を用いた。780nmと1065nmのレーザーを用い、レーザーSQUID顕微鏡画像を取得したところ、ある結晶粒については、1065nmのレーザーを使用した場合にはっきりと確認でき、この結晶粒の電気的特性が他の結晶粒と異なることを確認できた。

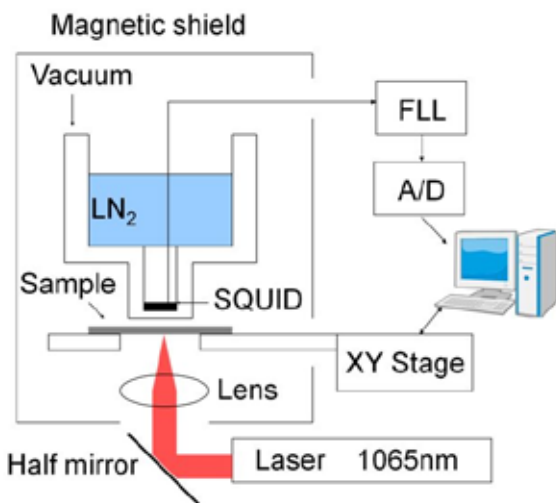


図1 Laser-SQUID 顕微鏡の構成図

2. 核四極共鳴を利用した爆発物・麻薬探知技術の実用化

荷物や衣服の中に爆発物や不正薬物を隠匿し、空港のX線装置をすり抜けて機内に持ち込むケースが発生している。この様な事例に対し、本研究室で



図2 NQR 身体検査装置

はそれらの物質を検知できる技術として核四極共鳴(NQR)を研究している^[2, 3]。NQRでは、物質内の安定状態にある¹⁴N(窒素原子核)に共鳴させるための周波数を持った電波を照射すると、¹⁴Nが共鳴し高いエネルギー状態に遷移する。遷移した後に電波の照射を止めると、¹⁴Nはエネルギーを照射しながら元の安定状態に戻っていく。この時に放出されたエネルギーは電波として観測することで物質検知を行うことができる。また、共鳴周波数は物質の構造ごとに異なるため、目的の物質だけを検知することができる。この¹⁴Nは、爆発物や麻薬などに含まれるので、NQR検知装置を空港などに設置することでテロリストによる爆発物を用いた無差別爆破テロ、衣服

や荷物に隠匿し国内に持ち込まれる不正麻薬の密輸を未然に防ぐことができる。さらに、靴や衣類を透過する電波を用いるので衣類や荷物を触ることなく、中の物質を検知することができる。

空港でのNQR装置の実用化に向けて、用途に合った検知アンテナの構造が必要となる。一例として、NQR身体検査装置を図2に示す。衣服や身体の中に隠された物質を任意の箇所を検査できる小型で柔軟な検査ができる構造となっている。計測時間は、5秒以内であり簡便ですばやい計測が可能である。

3. NIR容器内液体爆発物検知技術の実用化

液体危険物によるテロ防止のために、飲料水等の液体類の機内持ち込み前検査を目的として、NIRを利用した液体爆発物検知技術を開発した。検出装置の作製において、照射光には、短波長のNIR光(600nm~1100nm)を用いた。この光は、水を透過しやすいので、比較的大量のサンプルの測定が可能だが、吸収が微弱であることから、測定には高いS/Nをもつ高精度の分光光度計が必要となる。そこで当研究室では、専用の検出装置を開発した(図3)。

市販の飲料水PETボトルの多くは、ボトルの側面部がラベルで覆われており、光源と受光部との配置が問題となるが、この装置ではボトルの底部から光を照射し、底部で受光するので、多様なボトルへの対応が可能である。

作製した装置で、過酸化水素の濃度を変えてNIRスペクトルを測定し、その2次微分スペクトルについて、変動要因に液量・PETボトルの形状を組み込んだ多変量解析(重回帰分析・PLS回帰分析)から濃

度推定を行った^[4]。その結果、PLS回帰モデルでは、総量やペットボトル形状によって変動したスペクトルでも、十分な精度で濃度推定を行うことができ、重回帰分析よりも実用的な検量線が作成できることがわかった。よってNIR分光は、PETボトル内の過酸化水素水検知に有用であり、試作装置がペットボトル中過酸化水素水の濃度推定に対して十分な性能であった。



図3 NIR容器内爆発物検査装置

参考文献

- [1]Koichi Kojima, Sachio Suda, Xiangyan Kong, Hideo Itozaki, "Non-destructive evaluation of semiconductor using laser SQUID microscope", Physica C, Vol. 445-448, pp979-981 (2006)
- [2]G. Ota, H. Itozaki, "Emission of nuclear quadrupole resonance from polycrystalline hexamethylenetetramine," Solid State Nuclear Magnetic Resonance, Vol. 33, No. 3 ,pp. 36-40,(2008)
- [3]H. Itozaki, "核四極共鳴(NQR)による爆発物・不正薬物の検知," 日本磁気学会第167回研究会資料, pp. 29 (2009)
- [4]H. Itozaki, and Y. Yamauchi, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 7298, art. no. 72983X.