

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 年度 ～ 2012 年度

課題番号：23656264

研究課題名（和文） 圧電効果を用いた不正薬物検知技術の研究

研究課題名（英文）

Study on a detection method of illegal drugs using piezoelectric effect

研究代表者

糸崎 秀夫 (Itozaki Hideo)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：70354298

研究成果の概要（和文）：

本課題では、MHz帯の電磁波と圧電効果を用いて不正薬物を非破壊・非接触で検知できる要素技術開発とその有効性について評価した。要素技術では、MHz帯の電磁波の送受信回路と遠方での放射強度を抑えたグラジオ構造を有するプローブを開発した。また、実際に覚せい剤を用いた検出評価実験を行い、圧電効果を用いた新しい覚せい剤の検知方法の有効性を確かめることが出来た。

研究成果の概要（英文）：

Development and evaluation of a non-destructive and remote sensing method to detect illegal drugs were carried out. We constructed a transceiver unit for excitation and detection of piezoelectric effect from crystalline grains and a gradiometer-type probe for reducing far field electromagnetic wave emission. The effectiveness of this method was confirmed after number of detection tests of stimulants.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：圧電効果、不正薬物、覚せい剤、非破壊検査、電磁波

1. 研究開始当初の背景

麻薬や覚せい剤などの不正薬物の撲滅は重要な社会的課題である。日本における不正薬物は、海外製のものが主流である。そのため、空港や港など水際での摘発が必要となる。現状では、不正薬物の検挙に麻薬犬を利用しているが、現場からは麻薬犬に頼らない新たな非接触不正薬物検査装置の導入が望まれている。

現在、開発されている非破壊検知技術は、いずれの方法も物質透過性が低く内部に隠匿された薬物の検出には応用できない（例えば、漏れガス検知法、ミリ波撮影法、テラヘルツ波分光法、ラマン分光法など）。そのため、国内において実用化されていない。本課題の圧電効果を用いた探知技術は、MHz帯の電磁波を用いるため、物質に対する透過性が

高く、身体内部に隠匿された薬物の薬物検出に 응용が原理的に可能であるため、開発することの社会的意義は大きい。

2. 研究の目的

本課題では、MHz 帯の電磁波を利用し、圧電効果を用いて不正薬物を非破壊で検出できる要素技術開発に挑戦する。不正薬物の摘発を可能にする技術開発は、安全安心な社会の構築に貢献することができ、近年その技術開発が国際的にも期待されている分野である。覚せい剤、コカインなどは、圧電効果を有するため原理的に圧電効果[図 1 参照]を検出することにより簡易的な検査が可能となる。未だ覚せい剤などの不正薬物を密閉状態で検出する方法は実用化されていない。そこで、圧電効果を利用した新しい検査方法の可能性について評価することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究課題は、圧電性結晶検出技術の開発と圧電効果による検出の有効性評価の 2 つのサブプロジェクトから構成されている。

(1) 圧電性結晶検出技術の開発

圧電性結晶の非接触、非破壊検出に特化した装置を開発することを目指し、電磁波送受信回路、送受信アンテナ、パルスシーケンス、制御用ソフトウェアの開発を行った[図 2 参照]。電磁波送受信回路は、圧電物質を励振させるための MHz 帯の正弦バースト波を生成する波形生成器、送信用パワーアンプ、低ノイズ受信回路、アナログデジタル変換回路、位相検波回路、信号対ノイズ比を高めるための圧電効果信号積算回路、送受信切替回路等から構成した。

送受信アンテナは、圧電物質に強い交流近傍電界を印加し、その後圧電物質から生成される微弱な電界信号を効率よく受信できる必要がある。そのため、近傍電界を高感度に

受信できる LC 直列共振回路を持つ構造を新規に開発した。

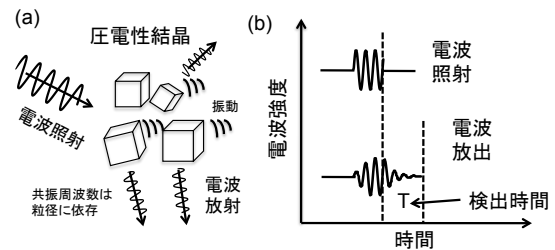


図 1 (a) 圧電結晶の電磁波による励振、(b) 励振用送信波と圧電効果信号について

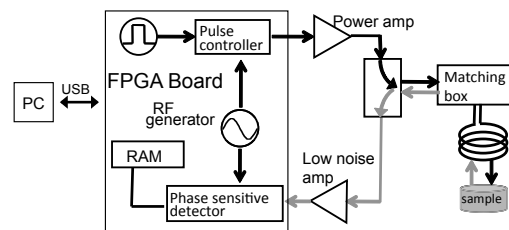


図 2 圧電性結晶探知装置の概略

しかし、LC 直列共振回路からなるアンテナは、入力インピーダンスが数 Ω と低くなるため、送受信ともに低入力インピーダンスなアンプが必要となった。低入力インピーダンスとなる低ノイズ受信アンプを実現するため、電子回路シミュレータを用いて、電流電圧変換アンプ回路を設計した。制御用ソフトウェアの開発では、FPGA のプログラミングに Altera 社製の Quartus を使用し、PC-FPGA 間の通信や、GUI を構築するために National instruments 社の計測システム開発支援ソフトである LabVIEW を用いた。

(2) 圧電効果による検出の有効性評価

圧電素子の周波数は、素子サイズによって変化するため、同様に覚せい剤、コカイン等においても粒径依存性が顕著に現れることが推測できるため、事前に既知のサイズの圧電素子を用いて共振周波数の粒径依存性について評価した。関税中央分析所の協力のもと、開発した装置による覚せい剤等の

検出感度を評価し有効性について研究した。また、誤検知につながる可能性がある不正薬物以外の圧電性結晶について調査した。

4. 研究成果

(1) 圧電性結晶検知技術の開発

開発した圧電性結晶検知装置を図3に示す。低放射型アンテナ（近傍電界に比べ、遠方電界の減衰が特に大きいアンテナ）とバッテリーを含む制御装置から構成されている。PCによるマニュアル計測とPCを必要としない自動計測を行うことが可能である。送受信周波数は1~10MHzとした。

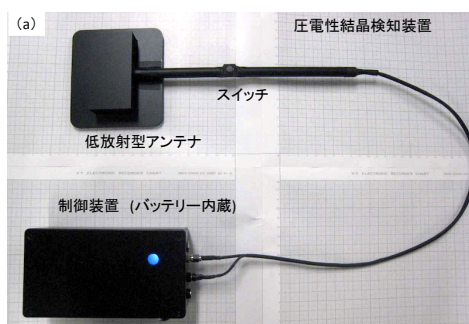


図3 本課題にて開発した圧電性結晶探知装置

交流近傍電界の生成と受信は金属板の間にテフロンを入れた平行平板コンデンサと共振周波数を調整するためのインダクタによって行った。送信アンプ入力信号を送信アンプに入力し、その出力をアンテナに印加することで、アンテナから交流近傍電界が生成される。その近傍電界をアンテナで検出したものを、図4示す。立ち上がりや立ち下がりが、なだらかになるのは、プローブのQ(クオリティファクタ)特性によるものである。また、プローブへの入力電圧の~60倍の電圧が、平行平板コンデンサに加わったため、共振をとることで、効率よく電界を生成することが可能となった。複数周波数タイプの近傍電界アンテナを用いて、二つの異なる周波数を送信した場合の送信波形を図4に示す。それぞ

れ単体で送信した場合のものを足し合わせた波形が送信されていることが分かった。

圧電性結晶からの圧電効果信号を発生させるには、それぞれの結晶に固有の機械的な

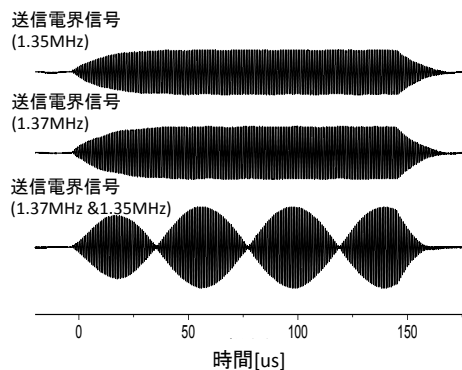


図4 単一周波数、2つの周波数による励振用送信波形

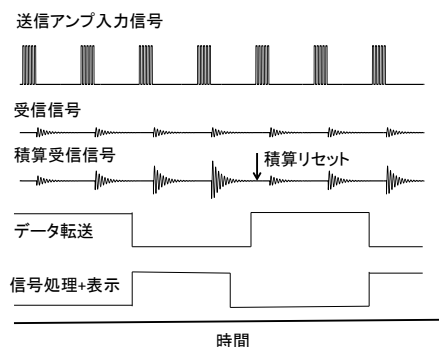


図5 圧電効果信号取得パルスシーケ

共振周波数を含む交流電界を印加する必要がある。ただし、圧電効果信号は励起用交流電界に比べ、非常に微弱であったため、受信時には、交流電界の送信を止め、その後減衰しながら振動している結晶から発生する交流電界信号を受信した。減衰時間は、通常1ms程度以下であった。また、ある程度信号が減衰すると、再び送信用の交流電界を印加し、結晶を人為的に励振させ、圧電効果信号を受信した[図5参照]。送信交流電界の位相は、毎回リセットを行い、常に同じ位相で送信を行うことにより、受信信号の位相が同じとなり、微弱な圧電効果信号の積算が可能となった。リアルタイムに、圧電結晶を検出す

ることを目的とするため、積算された受信信号は、周波数解析を FPGA 回路内で行い、圧電効果信号の有無を判定した。積算後は、受信信号をリセットし、再度積算を行うこととした。

(2) 圧電効果による検出の有効性評価

圧電性結晶として、ロッシェル塩微結晶を用いて、圧電効果周波数と粒径依存性について調べた。図6におよそ数 mm 程度に粒径を揃え、開発した圧電結晶探知装置を用いて、圧電効果信号を送信周波数を掃引ながら取得したものを示す。その結果、おおよそ 1~3MHz 程度に圧電効果信号が分布していることが分かった。

結晶の機械的共振周波数は、その大きさに反比例するため、検査対象の結晶の大きさにより送信周波数を決める必要があることを確認することができた。また、粒子径は、常に分布を持つため圧電効果を起こす周波数も分布を持ち、複数の周波数で計測することで、圧電効果信号の検出感度を高めることができると思える。

財務省関税中央分析所の協力のもと、覚せい剤(160g)に関して、距離依存性の実験を行った。図7にアンテナからサンプルまでの距離が 4cm 離れた位置において、圧電効果信号を受信したものを示す。積算時間は 150ms と短く、覚せい剤の有無を判別するのに十分な

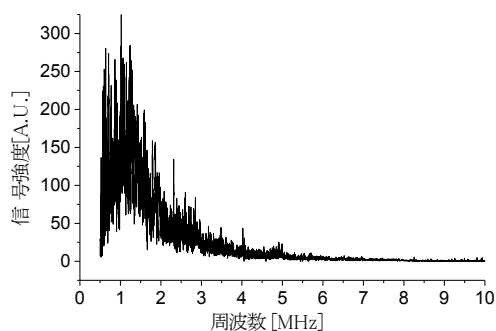


図6 ロッシェル塩微結晶からの圧電効果信号の周波数依存性

感度を有することが分かった。

本課題では、圧電効果を用いた検出方法で、これまで困難であった隠匿された不正薬物を非破壊・非接触で検知できるかを評価し、その有効性を示すことが出来た。また、結晶の粒径分布などを、非破壊・非接触で調べることが出来るため、この技術の産業用途への可能性も今後検討していきたい。

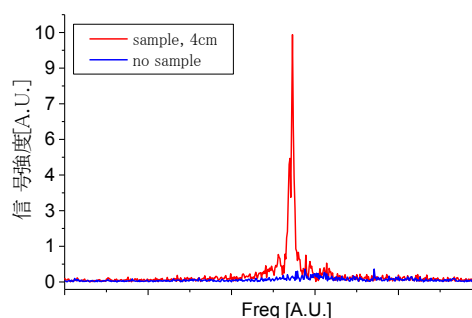


図7 覚せい剤からの圧電効果信号: 覚せい剤 160g (赤色), サンプル無し (青色)

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)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 近傍電界プローブとその制御システム
および圧電性結晶探知装置

発明者: 赤羽 英夫, 糸崎 秀夫, 篠原 淳一郎
宮戸 祐治, 勝谷 郁也

権利者: 国立大学法人 大阪大学

種類:

番号: 特願 2013-086553

出願年月日: 2013年4月17日

国内外の別:

6. 研究組織

(1) 研究代表者

糸崎 秀夫 (Itozaki Hideo)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号: 70354298

(2) 研究分担者

赤羽 英夫 (Akaba Hideo)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号: 00552077