

研究課題構想・概要

課題名 「ボールSAW水素ガスセンサの開発」
経費受給機関代表者名(所属機関名) 「山中 一司 (東北大学)」
共同研究機関代表者名(所属機関名) 「中曾 教尊 (凸版印刷)」

研究の目標・概要

1. 共同研究の主旨 将来の水素社会では水素ガスセンサの需要が極めて高いが、現在のセンサは高価かつ性能が不十分で課題が多い。我々は、球の赤道を伝搬する弾性表面波(SAW surface acoustic wave)は、回折損失を受けずに細い平行ビームを形成して何回も周回する現象を発見しており、本研究ではこれに基づいて、水晶の球をSAW伝搬基材として用い、パラジウム(Pd)合金を感応膜として用いる高性能な水素ガスセンサを開発する。

2. 目標

研究開始後1年目の目標 パラジウム(Pd)合金による安定な水素感応膜開発
研究開始後2年目の目標 燃料電池運転環境における水素センサ性能の実証

3. 内容 本センサの構想と直径10mmの球での予備実験結果は、国際学会で発表して大きな反響を得た。本研究では、直径1mmの球における電極加工精度の向上、感応膜の耐久性と応答速度向上及び高温高湿度下での試験を行い、小型・高性能で自己診断可能な水素センサを開発する。

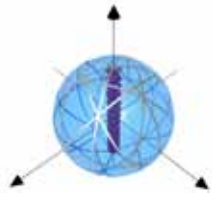
4. 共同研究体制 東北大学は、3次元音場解析と球面露光方式の高度化により、球のSAWの多重周回・長距離伝搬技術を確立する。凸版印刷は東北大学と共同して、電子ビーム蒸着により耐久性と応答速度が高いPdNi感応膜を開発し、マルチルート化により自己補正と他ガス測定機能を開発する。山武は、東北大と共同でレジスト膜厚制御による球面露光プロセスの確立と、高温・高湿度下での特性試験を行い、製品化の基盤技術を確立する。

研究開発の現状等

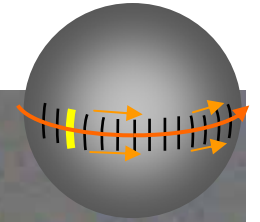
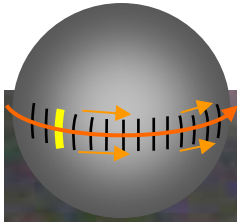
現状では、半導体、接触燃焼、光学、FET、電気抵抗など多様な方式の水素ガスセンサ開発競争が行われているが、単独で濃度0.01%~10%をカバーできるものがない。SAWセンサは高い潜在能力を持つが、感度が不十分で厚い膜を必要とするため応答が遅い。しかし我々は、球のSAWの多重周回に基づく直径10mmの水晶ボールSAWセンサで、応答時間を従来の1/5に短縮することに成功し、遅延時間と振幅が異なるメカニズムで作用することも突き止めた。また、直径1mmの水晶球にすだれ状電極(IDT)を方位制御して加工し、SAWの送受信を行うことにも成功している。

研究進展・成果がもたらす利点

超音波は、Pd結晶粒界の水素結合による音速変化や、粒内のPd格子サイト間の水素原子のホッピング緩和減衰など、物質の自由度とナノスケールで多様な相互作用を持つため、適切に使えば他の方式にない多機能・高機能化が可能である。感度は超音波センサの課題であったが、球のSAWの多重周回による長距離伝搬はこれを解決し、超音波の利点を最大限に引き出すことを可能にする。そこで、単一素子で水素濃度0.01%~10%をカバーでき、自己診断機能も有する水素ガスセンサを実現でき、水素社会における戦略的技術を確認できる。同時に、感応膜を変えることでCO、NO_x、など多くの種類のガスセンサに展開でき、環境分析やセンサ業界の広範な活性化が期待される。



共同研究体制



凸版印刷：リーダー 中曾

- ・電子ビーム蒸着によるPd合金水素感応膜
- ・マルチルート化

無回折・多重周回
長距離伝搬

東北大学：研究総括 山中

- ・3次元音場解析による設計高度化
- ・球面露光方式の高度化
- ・感応膜のAFM観察

ボールSAW
水素ガス
センサの確立

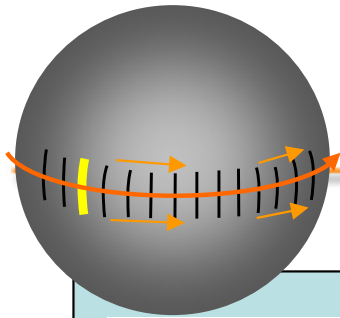
山武：リーダー 風戸

- ・高温高湿度下水素検出実験
- ・レジスト膜厚制御

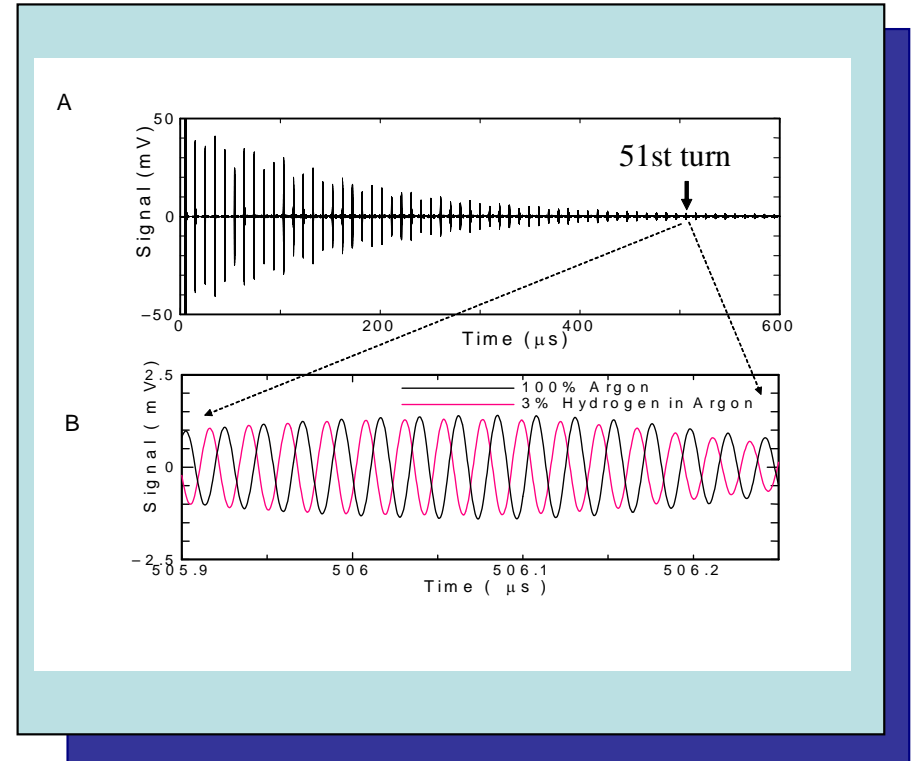
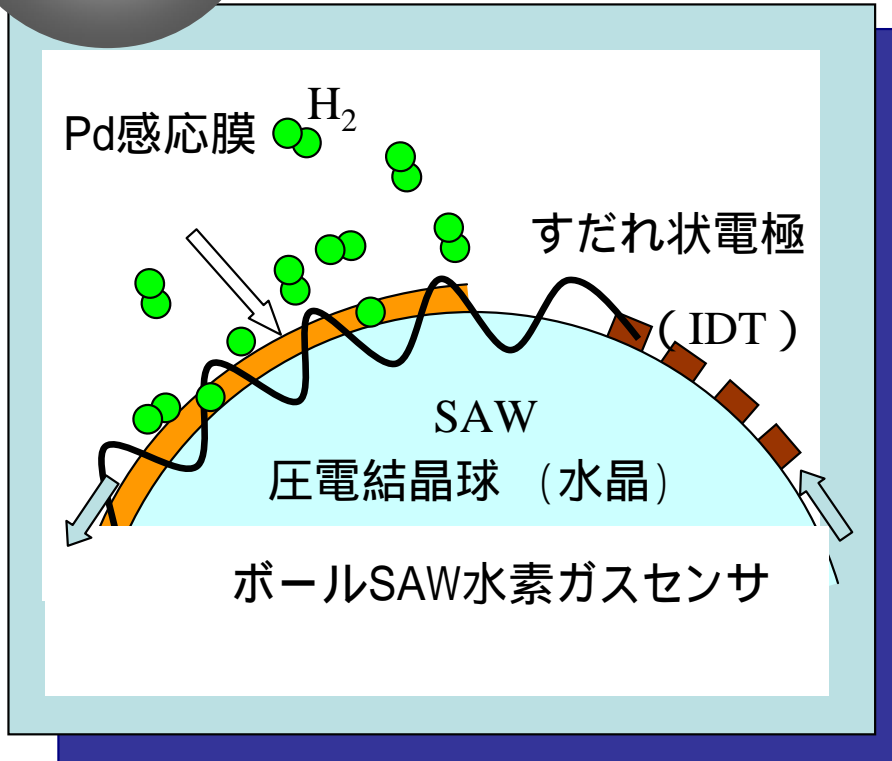
球面露光
プロセス

自己補正
マルチセンサ

ボールSAWセンサの実装例



ボールSAWセンサ技術 周回する表面波



球の表面に沿った弾性表面波の多重周回
コリメートビーム(新発見)を利用
水素ガスを吸蔵したPd膜と繰り返し相互作用

周回(51周)により遅延時間の変化(ex.粒界
の弾性変化)と振幅の変化(ex.水素原子のホッ
ピング)を増幅 高感度

特徴: ・長距離伝搬による高感度 ・音速と減衰による広い濃度範囲 ・Pdと水素の特異性
目標: ・水素濃度0.01%~10% ・燃料電池運転環境 ・安定な感応膜 ・マルチセンサ