

三次元微小構造による新たな価値創出

情報工学研究院 機械情報工学研究系 准教授 村上 直



はじめに

平成30年5月に大学院情報工学研究系・機械情報工学研究系の准教授を拝命しました村上直と申します。この度、明専会報へ紹介記事を執筆する機会を与えていただきました。本稿では、私自身の紹介をさせていただきます。ただいた後、現在進めている研究課題の一例を紹介させていただきます。と思います。

私は、大学院の修了までは、福岡市内を拠点に過ごして参りました。大学の学部および大学院では、機械系と化学系との間で進路選択を迷っ

ていた高校生当時、両分野も含む広範な学問を学ぶことができるという話を聞いた「化学工学」を専門分野に選択しました。学部4年生での研究室への配属以降、大学院の修士課程および博士後期課程までは、両親媒性分子（いわゆる「石けん」）の自己組織化・分子会合体の利用、さらには、動物細胞や生体高分子（主に蛋白質・糖類）の機能・特性の応用に関わる研究テーマに従事し、脂

質分子会合体に関わる研究内容にて、博士（工学）の学位を取得しました。大学院の修了後は、初めて九州の外に拠点を移し、最初の1年間は国立循環器病センター・研究所（大阪府吹田市）にて、その後の5年間は産業技術総合研究所（産総研）（茨城県つくば市）にて、研究開発に携わりました。そのうち産総研では、その時点までの化学・バイオ関連の専門領域とは別に、半導体デバイス等の製造技術をベースとする「微細加工」や「MEMS (micro electro

mechanical systems)」と呼ばれるマイクロデバイス、微小な流路構造を含む「マイクロ流路システム」に関わる研究開発課題を通して、専門領域を大きく拡大する機会も得ることができました。また、学位取得前までとは大きく異なる環境にて、視野の拡大にもつながる多様な経験を得ると共に、今も関係が続く様々な方々と出会うこともできました。その後、平成24年3月の九州工業大学への助教としての着任を経て、今日に至っております。

研究紹介

日常生活の中で意識する機会はほとんどありませんが、マイクロメートルサイズの機械構造（機械的要素）を微小な電子回路などの電気的要素と同一の基板上に組み込んだデバイス・システムであるMEMSの実利用が、様々な用途・サイズの製品群で広がりを見せています。例えば自動車では、衝撃感知によるエアバッグの作動制御、エンジン内の各種圧力やタイヤ空気圧の状態監視などに、三次元の微小な機械構造体（基板貫通構造やダイヤフラム構造など）を含むMEMSがセンサとして利用さ

れています。さらに、スマートフォン等のモバイル機器・家庭用ゲーム機のコントローラーなどにおける物理量（加速度・傾き・圧力などの）センサ、インクジェットプリンターのヘッド、短焦点プロジェクターや大型ディスプレイのデジタルミラーデバイスなども、MEMSの実用化例として挙げられます。本研究室（伊藤・村上研究室）では、主要な対象テーマの一つとして、MEMSを含む三次元微小構造の設計・製造および利用に関わる研究開発を、基礎と応用の両面より進めています。本稿では特に、三次元微小構造との組み合わせにより、マイクロデバイスの高付加価値化・機能の高度化を目指す研究の一例をご紹介します。具体的には、「弾性表面波 (surface acoustic wave: SAW) デバイス」(図1)の化学センサへの適用に際して「三次元マイクロ構造 (基板貫通溝構造)」を同一基板上で組み合わせた試作例についてご紹介いたします。

SAWは圧電効果を有する固体基材（圧電性基材）の表面近傍を伝搬する振動波であり、SAWデバイスは、圧電性基材の表面に櫛型・並行

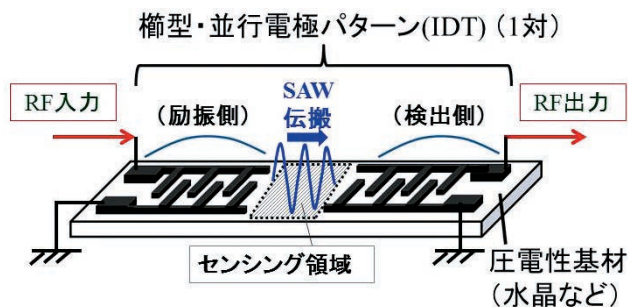


図1 SAWデバイスの構造

電極パターン (interdigital transducer: IDT) を作製することで、電気信号より機械的な振動波である SAW を発生 (励振) 可能な圧電デバイスです。IDT (励振側) で生じた SAW はその基材の表面近傍を伝搬しますが、その伝搬経路上に IDT (検出側) を作製することで、その SAW を電気信号に再変換・検出することも可能です。さらに、励振・検出側の IDT 間の SAW 伝搬領域 (図1の斜線領域) などを、非真空環境下での化学センサ等のセンシング領域として利用可能です。

それらのセンサ用途では、同時並列的にガス検知する際などに、多数のセンサ素子を立体的に配置することが有用なケースも存在します。そこで本研究室では、SAW デバイスのセンサ応用に際して、複数組の SAW デバイス素子を基板上に配列 (アレイ化) した「SAW デバイスアレイ」基板をさらに複数枚組み合わせさせた「三次元アレイ化」実現を目指す研究も進めています。

本稿では、その研究の一部として、基板の立体的な配置を想定した基板貫通構造を SAW デバイスアレイ基板上に組み合わせさせた結果を示します。

図2 (a) は、SAW デバイス (写真中では2組) および基板貫通溝構造のパターンを組み込んだ SAW デバイスアレイ基板の外観です。さらに、SAW デバイスの IDT の上面より拡大観察像 (光学顕微鏡) および断面観察像 (走査型電子顕微鏡) の一例を、図2 (b) および (c)、(d) に順に示します。なお本稿では、電気絶縁材の薄膜を形成した単結晶シリコン基板 (Siウエハ) 上に圧電材の薄膜を成膜した上で、最上面に金属薄膜の IDT を作製した多層薄膜型の SAW デバイスの試作結果について

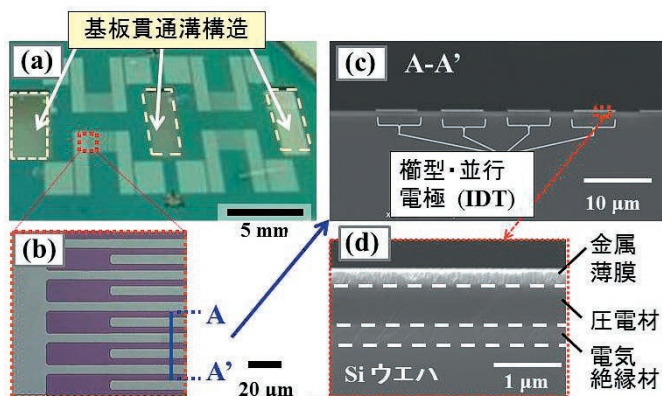


図2 SAW デバイスアレイへの基板貫通溝構造の組み合わせ

示しています。多層薄膜型の SAW デバイスを作製した基板上での基板貫通溝構造の作製では、図2 (d) 中の全ての層の除去加工が必要ですが、現時点では、構成各層の除去・パターニングを半導体デバイスや MEMS の製造に利用される要素プロセスを組み合わせ、各層毎に順次行うことで実現しています。しかし、その現状の基板貫通溝の作製プロセスは、非常に煩雑なため、今後は試作プロセスの簡易化についても検討予定です。さらに、基板貫通溝構造

のパターンや SAW デバイス素子構造の配置の変更等により「三次元アレイ化」実現に向けても進めていく予定です。

おわりに

本稿では、現在進めている研究課題から、三次元マイクロ構造の利用に関わる研究テーマの一例を紹介させていただきます。一方、それらのマイクロ構造のさらなる活用のためには、用途や目的に応じて、その構造表面をさらに化学的に修飾・変化したり、より微小なナノ構造と複合化させたり、より大きなサイズのシステムへ組み込んだりすることも必要です。そこで今後は、(本研究室が主に研究開発の対象としている) ナノ〜センチメートルの範囲のサイズを有する要素を、(機能および機械構造面よりの) 構成単位として含む様々な「系」を階層的に組み合わせ・一体化することも含め、三次元微小構造の活用による新たな価値の創出に向けての研究開発を進展させていきたいと考えております。