

IDC センサ構造の 3 次元完全電磁界解析による検出特性向上の検討

A Study on Improvement in Sensing Properties of IDC Sensor by Electric Field Distribution Using 3-D Full Electromagnetic Field Analysis

京工繊大 ○高田 佳祐, 吉川 知貴, 張 子洋, 山下 馨, 野田 実

Kyoto Inst. Tech. ○K. Takada, T. Yoshikawa, Z. Zhang, K. Yamashita, M. Noda

E-mail: m2621020@edu.kit.ac.jp

バイオ分子であるリポソーム超分子はタンパク質などの重要な外来バイオ分子と相互作用を生じる特徴を有する。我々はリポソームをバイオセンシング分子として用い、誘電分散解析としてマイクロ波から準ミリ波に至る高周波帯での複素誘電率の測定を行うことで、リポソーム膜表面水和水の誘電緩和現象に由来する誘電率変化 $\Delta\epsilon_r$ からリポソーム-バイオ分子間相互作用を評価してきた[1]。従来方法である開口プローブ法による測定ではプローブ径に依存して対象バイオ溶液を 100 μL 程度は必要とし、使用量の低減が課題であったためマイクロスケールのインターデジタルキャパシタ(IDC)による lab-on-a-chip でのバイオ液滴評価センサを考案、作製している (Fig.1)。インターデジタルキャパシタは櫛歯状の導体線路から形成される高周波素子であり、その容量は櫛歯の長さ L , 櫛歯間の幅 S , 櫛歯の幅 W , 櫛歯の数 N に依存する。この IDC センサは、300 μm 厚 Si 基板に対し両面形成した熱酸化膜 1 μm を有する基板上部表面に Au/Cr による電極パターンを形成し、SU-8 厚膜レジスト 40 μm による液滴保持構造枠を設けた構造を持つ。本センサにより高周波帯での容量変化からリポソーム-バイオ分子間相互作用を従来法と同様に検出することができた[2]。本センサでは誘電緩和現象による $\Delta\epsilon_r$ をより正確に測定することで外来バイオ分子濃度やその動的挙動の検出を目的とするため、より高感度の IDC センサ構造を検討している。

今回 IDC センサ構造について、3 次元完全電磁界解析ソフト (Ansoft HFSS 9) を用いて電界強度分布から最適なセンサ構造を検討した。解析に使用した IDC モデルのうち、液滴および SU-8 液滴保持枠の高さ、動作周波数、構成要素の比誘電率などを検討パラメータとして解析を行った。このうち液滴高さについて 1 μm , 100 μm での解析を行い電界分布を調べたところ、今回の IDC 各寸法条件 ($L=100\ \mu\text{m}$, $S=10\ \mu\text{m}$, $W=10\ \mu\text{m}$, $N=10$) では液滴中の高さが 5 μm もあれば、IDC 容量を変化させうると考えられる電界強度の高い緑色部分 ($E > 1.0 \times 10^5\ [\text{V/m}]$) を液滴で全て網羅できることが示唆された (Fig.2)。また基板上の Au 電極および SiO_2 膜間にて電界が集中していることから、その電界を上手く上部液滴側に配分するために比誘電率の異なる基板を用いて感度向上できる可能性を示している。今後、構成要素の比誘電率に依存する最適な IDC センサ構造の検討を行う。

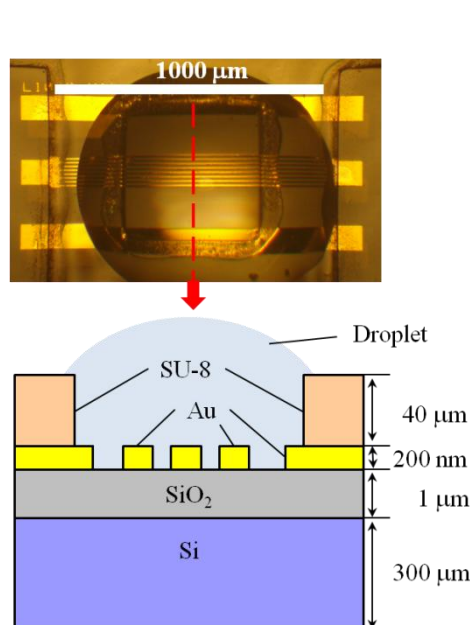


Fig.1 Surface photo of IDC sensor and its cross-sectional view.

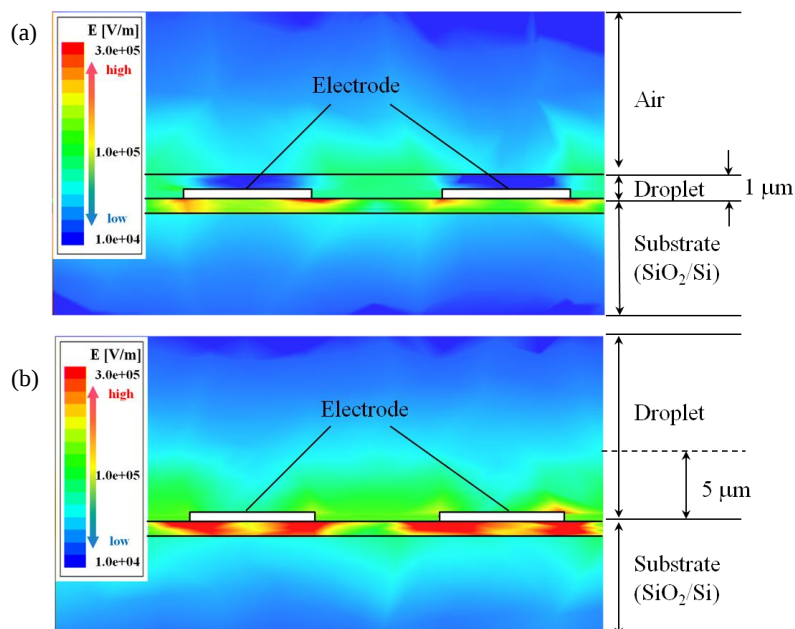


Fig.2 Cross-sectional electric field distribution in IDC section, where the height of droplet is (a) 1 μm and (b) 100 μm .

謝辞 : 本研究の一部は科研基盤 A(一般)25249048 の助成を受けて行われた。

参考文献 : [1] 高田 他 2012 年 秋季 第 73 回 応用物理学会学術講演会 13a-H3-1

[2] 高田 他 2013 年 春季 第 60 回 応用物理学会学術講演会 28p-G17-11