

センサー用狭ギャップ対向電極の開発

加工技術課 釣谷浩之 小幡勤

電子技術課 横山義之

1. 緒言

近年、DNA等の生体分子を電氣的に測定しようとする試みがさかんに行われている。当センターでも、知的クラスター創成事業（とやま医薬バイオクラスター）において、DNAチップ、細胞チップ等の研究開発を推進している。

このような生体分子を電気化学的に測定しようとする場合、電極のごく表面付近における電氣的特性の変化を捉える必要がある。

こうしたセンサーの場合、電極間のギャップを非常に狭くすることで、外乱を小さくし、検出したい信号の感度の高上が期待できる。

しかしながら、既に提案されている狭ギャップ電極の構造は、非常に面積の小さいものか、高価で特殊な製造プロセスを要するものがほとんどである。

本研究では、シリコンの異方性エッチングとガラス、シリコンの陽極接合技術を用いた、新しい電極構造を提案し、狭いギャップと大きな電極面積を持つセンサー用の電極の開発を試みた。

2. 電極構造と試作

今回、開発した電極は以下のようなプロセスを用いて作製する。

まずシリコン基板に異方性エッチングで極浅い窪みを作る。この窪みの深さが最終的に電極間のギャップを決定する。

次に窪み上にアルミ電極を形成し、対向するアルミ電極をガラス基板上にもパターンニングする。

最後にガラスと、シリコンを陽極接合で張り合わせることで、ガラス上の電極とシリコンの窪み上の電極が非常に狭い間隔で向かい合い、狭ギャップ電極を形成する。図1は、その断面を模式的に示したものである。

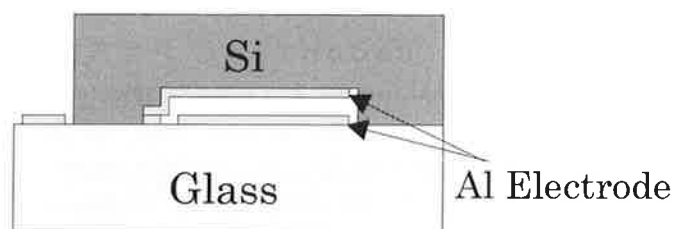


図1 電極の構造

最終的な目標としては、電極ギャップ $1\mu\text{m}$ 以下、電極面積 1mm^2 以上をめざすが、前段階として、電極ギャップ約 $10\mu\text{m}$ 電極面積 144mm^2 の電極を試作して、その特性を測定した。

3. 実験結果

図2は試作したチップの外観写真である。試作した電極について窪みの深さを実測したところ約 $9.22\mu\text{m}$ であった。ここに一辺 3.8mm の正方形のアルミ電極を厚さ 250nm で構築した。

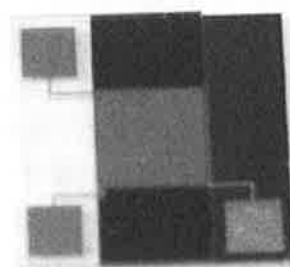


図2 ギャップ $10\mu\text{m}$ のチップの外観

試作した電極は、平らな電極が平行に向かい合っている一種の平行平板コンデンサと考えることができる。このことから、実際に試作したチップについて静電容量を測定し、理論値との比較を行った。

一般に平行平板コンデンサの静電容量は、次式であらわされる。

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r S/d \quad (1)$$

C: 静電容量
 ϵ_0 : 真空中の誘電率
 ϵ_r : 媒質の比誘電率
S: 電極面積
d: 電極間ギャップ

今回試作したチップについて式(1)により静電容量を計算すると、およそ 14.66pF となる。

1 回のプロセスで作製された 4 つのチップについて静電容量を実測したところ、表 1 のような結果となった。

チップ番号	静電容量[pF](測定周波数 1MHz)
チップ 1	14.96pF
チップ 2	14.95pF
チップ 3	12.70pF
チップ 4	14.44pF

表 1 静電容量の測定結果

理論値と非常に良く一致しており、設計どおりにチップを構築できていることがわかる。チップ 3 の静電容量が他のものと比較して小さいが、測定後に確認したところ、一部接合不良をおこしており、その分静電容量が小さくなっていたことがわかった。

このことから、静電容量の測定によりチップ自身の電極間ギャップの推定や、故障状態を判断することができる可能性がある。

4. さらに狭い電極の試作と結果

10 μm の電極ギャップの試作で良好な結果を得られたので、当初の目標であった 1 μm 以下のギャップを持つ電極の試作を行った。

確認のため、試作したチップを切断し、断面を SEM を用いて観察した。図 3 は SEM による断面写真である。下がシリコン基板、上がガラス基板である。設計どおりほぼ 1 μm のギャップなのが見取れる。断面付近のアルミ電極は切断時に剥離したものである。

試作した電極についてギャップが 10 μm のものと同様に、静電容量の測定を試みたが、故障率が高

く、ほとんどの電極が短絡していたため、有効な測定結果が得られなかった。

原因として、チップ切断時に発生する切削粉が、ギャップが狭くなった影響で十分洗い流せていない、アルミ電極を蒸着した際の膜厚のムラが影響している等、考えられるが、はっきりとした原因究明には至っていない。

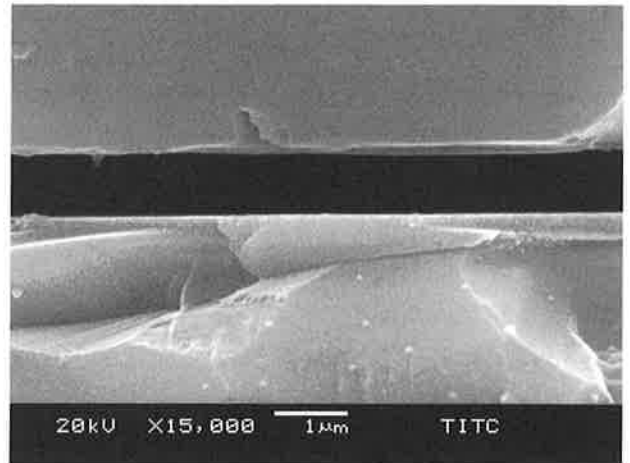


図 3 試作チップの断面 SEM 写真

5. まとめ

シリコンのエッチングとガラスとの陽極接合技術の応用により、既存の安価なプロセスのみで、1 μm 以下のギャップでかつ 1mm² 以上の面積を持つ狭ギャップ対向電極を形成する手法を開発した。

同じ構造を持つ 10 μm のギャップの電極を用いてその静電容量から、ギャップの評価や電極の検査を行える可能性を示した。

一方、以前 1 μm 以下のギャップの電極では故障率が高く、十分に電気的特性の評価が行えず、この電極の感度面での優位性を示すには至らなかった。

優位性を示すには故障率を改善し、実際にセンサーとして用いた場合の測定データを収集することが不可欠である。

キーワード： バイオセンサー、DNA、マイクロマシニング、ナノギャップ

Development of Nanogap Parallel Plate Electrode for Sensor Chip

Hiroyuki TSURITANI, Tsutomu OBATA, Yoshiyuki Yokoyama

In this development we tried to fabricate the nano gap electrode for sensor chip. The nano gap electrode with large area has high detection ability. But it is very difficult that fabricate a nano gap electrode with large area.

We developed fabrication process for nano gap electrode that has large area.

At first, We fabricate some electrodes that has about 10 μm gap. These capacitance corresponds with theoretical figure.