

三次元光実装に向けたマイクロレンズのエッチングプロセスと評価

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

電気素子と光素子を同一基板上に実装する光実装分野では、集積回路上のシリコン系光導波路と光ファイバーを近接して配置するためには、ポリマー光導波路を介して3次元で結合する必要がある。しかし、シリコン系光導波路とポリマー光導波路の寸法が1桁違うことや、設置する高さが異なることから、段差を乗り越えての直接的な結合は困難である。我々は、これまで光硬化法を用いてマイクロレンズを3次元造形する方法で、研究開発^[1]を推進してきた。今回、シリコン系光導波路に近接して設置するマイクロレンズを、半導体の異方性エッチングを利用して形成したので報告する。

■ 実験方法

今回の実験では、Si基板上に直径が40 μm 、20 μm 、10 μm のマイクロレンズを2種類のエッチングプロセスで試作した。パターン半径やエッチングプロセスによってマイクロレンズの集光性を示す指標となる曲率半径にどのような影響が出るのかを調べた。エッチングマスクにはエッチング選択比より酸化アルミニウム(Al_2O_3)を採用した。

1. レジストパターンの形成

ポジ型のレジストをスピンコート法にて均一に塗布したのち、電子線描画法により露光を行った。使用した装置はCRESTEC社製の型式:CABL-200である。

2. 酸化アルミニウムエッチング

エッチングマスク材料である Al_2O_3 を2種類の方法でエッチングした。1種類目は、エッチングガスに CHF_3 を利用した場合である。この方法では、フッ化物が堆積したため、エッチングレートが0.7nm/minと遅く、改善が必要な状況であった。2種類目は、 CHF_3 と O_2 の2種類のガスを混合したエッチングである。この方法では、酸素を加えたことによりレジストの変性が低減され、エッチングレートが20nm/minと改善された。

3. Siエッチング

全てのパターンに対して SF_6 ガスを用いて10分間エッチングを行った。このドライエッチングの異方性により、シリコン基板上のパターン内に凹面が形成される。

■ 測定結果

表1は、エッチングガスに CHF_3 のみを利用した場合であり、表2は、エッチングガスに CHF_3 と O_2 を利用した場合の結果である。測定結果を図

1に示す。表1と表2の結果を比較すると、表1の結果では直径の実測値と設計値が同じだが、表2の結果では設計値より実測値の直径が大きくなった。曲率半径の小さい結果は、表2の条件であった。

■ まとめと考察

今回、直径が10、20、40 μm のマイクロレンズ構造を、2種類の Al_2O_3 エッチングガスの条件で試作を行った。 Al_2O_3 のエッチングガスを CHF_3 のみから、 CHF_3 と O_2 に変更したことにより、レジストの変性と反応材料の析出を防止出来たことから、エッチング表面がスムーズになり、曲率半径を更に小さくして、目標の30 μm 以下を実現した。課題としては酸素を含むことからレジストが早く離れてしまうため、エッチング時間の許容度が少ないことと、開口部の円形パターンが大きくなってしまふ事である。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

[1] A. Noriki et. al., "Mirror-based silicon-photonics vertical I/O with coupling efficiency enhancement for standard single-mode fiber," J. Lightwave Technol., 38, 3147-3155 (2020).

・産業技術総合研究所 ナノプロセス施設

表1 エッチングガスが CHF_3 の場合のエッチング形状

	直径の実測値[μm]	曲率半径の平均値[μm]
10 μm	9.3	24.1
20 μm	20.3	27.9
40 μm	40.3	85.9

表2 エッチングガスが2種類混合のエッチング形状

	直径の実測値[μm]	曲率半径の平均値[μm]
10 μm	19.7	13.8
20 μm	31.1	26.9
40 μm	51.6	73.0

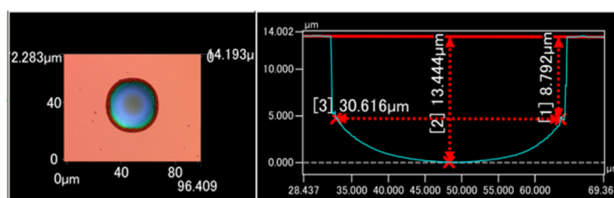


図1 シリコンマイクロレンズの測定結果例

代表発表者 菊地 圭人(きくち けいと)
所 属 東京都市大学 総合理工学研究科 情報専攻
産業技術総合研究所 プラットフォームフォ
ニクス研究センター 光実装研究チーム
問合せ先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目
28-13 号館 2 階
TEL: 03-5707-2181
E-mail: g2481415@tcu.ac.jp

■キーワード: (1) 光実装
(2) マイクロレンズ
(3) ドライエッチング
■共同研究者: 板谷 太郎 産業技術総合研究所
天野 健 産業技術総合研究所
岡野 好伸 東京都市大学