

Title	転写プリント法を用いた光ハイブリッド集積技術の研究
Sub Title	Investigation of photonic hybrid integration with a transfer printing method
Author	太田, 泰友(Ota, Yasutomo)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2023
Jtitle	学術振興資金研究成果実績報告書 (2021.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>転写プリント法を用いた半導体薄膜光ナノ構造の転写技術構築に取り組んだ。光ナノ構造は犠牲層を有する厚み130nmのGaAs薄膜中に電子線リソグラフィーを用いて形成した。その後、ウェットエッチングにより犠牲層を選択的に除去し引き剥がし可能な中空構造とした。転写実験は、光学顕微鏡下において、転写対象に粘弾性ゴムを接着し急速に引き上げることでピックアップし、熱酸化膜付きシリコン基板上へ貼り付けた後、ゴムをゆっくり持ち上げ転写対象のみをリリースすることで転写を完了した。転写前には、GaAs光ナノ構造および転写先シリコン基板の双方とも、UVオゾン照射もしくは空気プラズマに晒し、表面処理を施した。転写用のゴムは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) に対するモールド形成により作製した。モールドはシリコン基板に対する光リソグラフィーにより作製した。シリコンはKOH溶液によりエッチングした。レジストマスクのみではプロセス収率が低かったため、酸化シリコンマスクを中間層に含むことでウェットエッチングの安定性を高めた。エッチング中は、溶液を超音波洗浄機を用いて攪拌したが、若干のエッチングむらが見られたが大きな問題とはならなかった。転写実験では、まず転写ゴムのサイズを変えつつ転写の様子を調べた。ゴムが転写対象に比べて小さすぎる場合には、ピックアップが非常に難しくなった。同時に、部分的にピックアップされたり、ピックアップ時に光ナノ構造が損傷する事例が見られた。一方、大きすぎる場合には、リリースが難しくなった。また転写操作方法についても検討を行った。特にリリース時の転写ゴムの角度を調整し、転写成功率への影響を調べた。角度が小さすぎる場合には、リリースが難しくなった。一方、角度が大きすぎる場合には、光ナノ構造に損傷が見られる場合があった。これらの研究を通じて、転写対象毎にそれぞれ最適なゴム構造や操作方法を見出すことに成功した。</p> <p>We studied a hybrid integration technology for semiconductor thin-film optical nanostructures using a transfer printing method. The optical nanostructures were formed in a 130-nm-thick GaAs film with a sacrificial layer underneath using electron beam lithography. The sacrificial layer was selectively removed by wet etching to form a peelable airbridge structure. Transfer experiments were performed using a home-made transfer printing apparatus. Under an optical microscope, we manipulated a viscoelastic rubber to the transfer target. First, we bonded the rubber on the target and pulled it up rapidly to pick it up. Then, the target was adhered on a silicon substrate with a top thermal oxide layer and then released by slowly lifting the rubber. Before the transfer, both the GaAs optical nanostructures and the silicon substrate were exposed to UV ozone irradiation or air plasma for surface treatment. The rubber stamp for the transfer was fabricated by mold formation of polydimethylsiloxane (PDMS). The mold was fabricated by optical lithography on a silicon substrate and wet etching with a KOH solution. When using a resist mask alone, the yield of the wet etching process was low. Therefore, we inserted a silicon oxide layer between the resist and silicon, resulting in the improvement of the stability of the wet etching. During the wet etching, the solution was agitated using an ultrasonic cleaner, which accompanied inhomogeneity in the etching speed, though it was not a critical issue to proceed the experiment. The transfer printing experiment was first performed with changing the size of the transfer rubber. When the rubber was too small compared to the transfer target, the pick-up process became difficult. At the same time, the small rubber sometimes partially pick-up the target or damages it during the pick up process. On the other hand, when the size was too large, release became difficult. Optimal operation of the transfer process was also investigated. In particular, the tilt angle of the transfer rubber during release was examined as it affects largely on the success rate of transfer. When the angle was too small, release became difficult. On the other hand, when the angle was too large, damage to the optical nanostructure was sometimes observed. Through these studies, we succeeded in finding the optimal rubber structure and operation method for successful transfer printing process.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2021000003-20210190

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	300 (A) 千円
	氏名	太田 泰友	氏名 (英語)	Yasutomo Ota		
研究課題 (日本語)						
転写プリント法を用いた光ハイブリッド集積技術の研究						
研究課題 (英訳)						
Investigation of photonic hybrid integration with a transfer printing method						
1. 研究成果実績の概要						
<p>転写プリント法を用いた半導体薄膜光ナノ構造の転写技術構築に取り組んだ。光ナノ構造は犠牲層を有する厚み 130nm の GaAs 薄膜中に電子線リソグラフィーを用いて形成した。その後、ウェットエッチングにより犠牲層を選択的に除去し引き剥がし可能な中空構造とした。転写実験は、光学顕微鏡下において、転写対象に粘弾性ゴムを接着し急速に引き上げることでピックアップし、熱酸化膜付きシリコン基板上へ貼り付けた後、ゴムをゆっくり持ち上げ転写対象のみをリリースすることで転写を完了した。転写前には、GaAs 光ナノ構造および転写先シリコン基板の双方とも、UV オゾン照射もしくは空気プラズマに晒し、表面処理を施した。転写用のゴムは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) に対するモールド形成により作製した。モールドはシリコン基板に対する光リソグラフィーにより作製した。シリコンは KOH 溶液によりエッチングした。レジストマスクのみではプロセス収率が低かったため、酸化シリコンマスクを中間層に含むことでウェットエッチングの安定性を高めた。エッチング中は、溶液を超音波洗浄機を用いて攪拌したが、若干のエッチングむらが見られたが大きな問題とはならなかった。転写実験では、まず転写ゴムのサイズを変えつつ転写の様子を調べた。ゴムが転写対象に比べて小さすぎる場合には、ピックアップが非常に難しくなった。同時に、部分的にピックアップされたり、ピックアップ時に光ナノ構造が損傷する事例が見られた。一方、大きすぎる場合には、リリースが難しくなった。また転写操作方法についても検討を行った。特にリリース時の転写ゴムの角度を調整し、転写成功率への影響を調べた。角度が小さすぎる場合には、リリースが難しくなった。一方、角度が大きすぎる場合には、光ナノ構造に損傷が見られる場合があった。これらの研究を通じて、転写対象毎にそれぞれ最適なゴム構造や操作方法を見出すことに成功した。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>We studied a hybrid integration technology for semiconductor thin-film optical nanostructures using a transfer printing method. The optical nanostructures were formed in a 130-nm-thick GaAs film with a sacrificial layer underneath using electron beam lithography. The sacrificial layer was selectively removed by wet etching to form a peelable airbridge structure. Transfer experiments were performed using a home-made transfer printing apparatus. Under an optical microscope, we manipulated a viscoelastic rubber to the transfer target. First, we bonded the rubber on the target and pulled it up rapidly to pick it up. Then, the target was adhered on a silicon substrate with a top thermal oxide layer and then released by slowly lifting the rubber. Before the transfer, both the GaAs optical nanostructures and the silicon substrate were exposed to UV ozone irradiation or air plasma for surface treatment. The rubber stamp for the transfer was fabricated by mold formation of polydimethylsiloxane (PDMS). The mold was fabricated by optical lithography on a silicon substrate and wet etching with a KOH solution. When using a resist mask alone, the yield of the wet etching process was low. Therefore, we inserted a silicon oxide layer between the resist and silicon, resulting in the improvement of the stability of the wet etching. During the wet etching, the solution was agitated using an ultrasonic cleaner, which accompanied inhomogeneity in the etching speed, though it was not a critical issue to proceed the experiment. The transfer printing experiment was first performed with changing the size of the transfer rubber. When the rubber was too small compared to the transfer target, the pick-up process became difficult. At the same time, the small rubber sometimes partially pick-up the target or damages it during the pick up process. On the other hand, when the size was too large, release became difficult. Optimal operation of the transfer process was also investigated. In particular, the tilt angle of the transfer rubber during release was examined as it affects largely on the success rate of transfer. When the angle was too small, release became difficult. On the other hand, when the angle was too large, damage to the optical nanostructure was sometimes observed. Through these studies, we succeeded in finding the optimal rubber structure and operation method for successful transfer printing process.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
Yasutomo Ota	Hybrid integrated light sources on silicon assembled by transfer printing	IEEE IPC 2021	2021 年 10 月 18 日			
Yasutomo Ota	Transfer printing for hybrid-integrated nanophotonics on chip	OPJ2021	2021 年 10 月 27 日			