

6.2 極端紫外光リソグラフィー用光学素子の開発

(1) 研究の背景と目的

次世代のリソグラフィー技術と目されている波長 15nm の極端紫外光を用いたリソグラフィー技術において、光学系に用いる高精度非球面ミラーは、φ300mmの大きさと形状誤差が RMS:0.2nm 以下、表面粗さが 0.15nm 以下の仕様を満たす必要がある。

本拠点では、平成 15 年度より、経済産業省の支援の下、極端紫外光リソグラフィー (Extreme Ultraviolet Lithography: EUVL) 技術の研究開発を目的として設立された EUVA (Extreme Ultraviolet Lithography System Development Association) に参画し、共同で、超高精度非球面ミラーのための加工技術開発を実施した。

本プロジェクトでは、ミラーの平坦性の向上に、本拠点が開発した EEM (Elastic Emission, Machining) の適応が計画された。そこで 21 世紀 COE プログラムでは、本技術のミラー材料である低熱膨張材料 (Zerodur, ULE) 表面の加工への適応と、本格的な適応のために必要な加工除去レートの大幅な向上を実施した。

(2) EEM 加工特性の大幅な向上

本研究では、EEM における回転球工具の大型化を行った。大型化は、回転球と加工物表面間における高速流れ発生領域 (図 6.2.1 の回転球と被加工物表面とのギャップ) の増大が見込まれ、大幅な性能向上が期待できるからである。しかしながら、回転球工具の大型化は未踏領域であり、大きくなればなるほど、回転球工具作製の困難さが増し、従来の作製方法の改善が必要であった。約 2 半の研究の結果、本研究では、従来の直径の 2 倍の回転球工具の作製に成功した。

スポット加工領域を調べたところ、従来の回転球工具を用いた場合、加工領域が約 1mmφ 領域であったのに対して、大型回転球を用いた場合約 2mmφ 領域であり、スポット加工における加工領域の大幅な拡大を確認した。また、工具の作製を行った後約 8 ヶ月経過しても、加工特性は安定しており、回転球工具の耐久性は、工業的応用に対して、まったく問題のないレベルであることも確認した。

図 6.2.2 は、各年度における達成した除去レートを比較したものである。本研究において、最終的に得られた除去レートは Zerodur において、 $0.025\text{mm}^3/\text{h}$ 、ULE では、 $0.02\text{mm}^3/\text{h}$ であり、本研究開始前に比べ二桁加工速度を確認した。

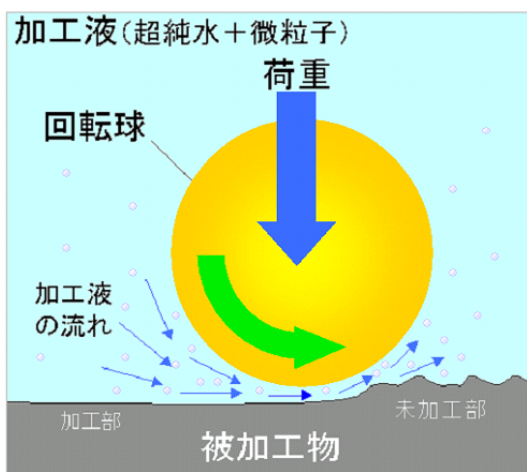


図 6.2.1 回転球 EEM の概念図

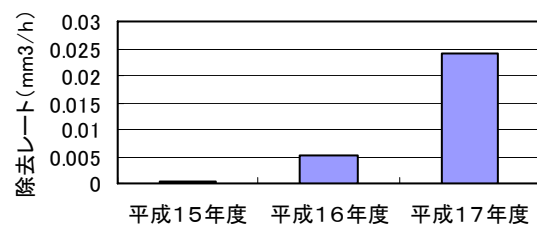


図 6.2.2 達成した除去レート (Zerodur)

(3)加工表面の評価

図 6.2.3 に未加工と 70nm 深さの加工を行った後の Zerodur 表面を示す。RMS 値、PV 値が大きく改善されており、目標である RMS:0.1nm レベルを達成していることを確認した。次に、図 6.2.4 に未加工と 70nm 深さの加工を行った後の ULE 表面を示す。ULE においても、RMS 値、PV 値が大きく改善されており、RMS:0.1nm レベルの平坦性を達成していることが確認できる。

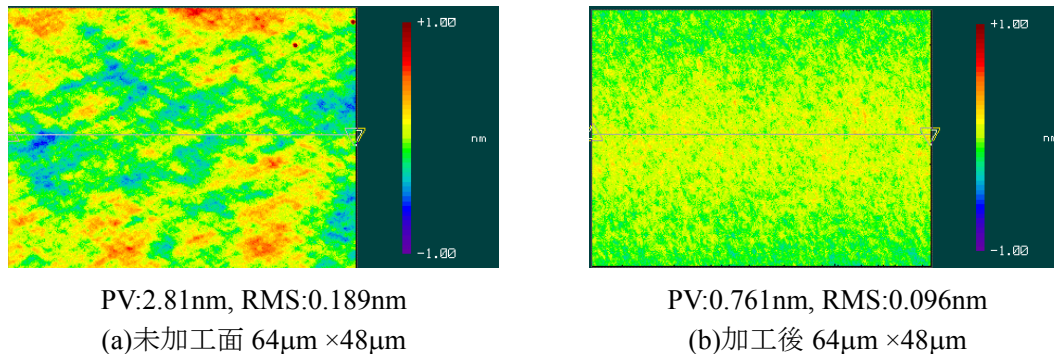


図 6.2.3 Zerodur 表面の加工前後の表面粗さの位相シフト干渉顕微鏡による評価

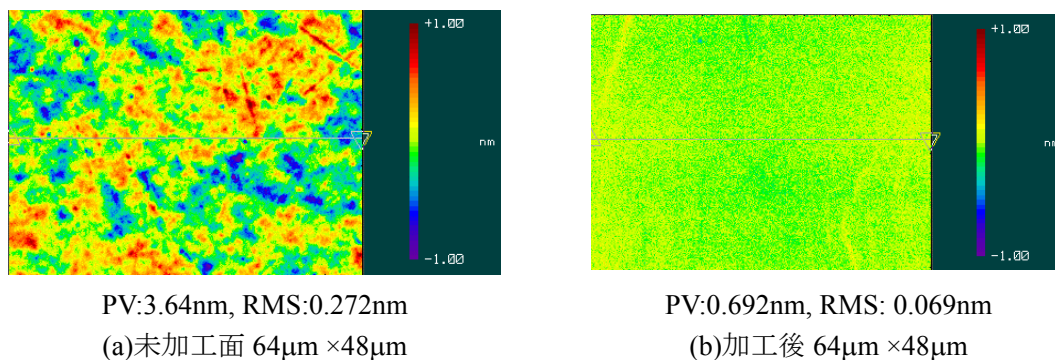


図 6.2.4 ULE 表面の加工前後の表面粗さの位相シフト干渉顕微鏡による評価

(4) 総括と今後の展望

この 5 年の間において、加工除去レートを二桁向上させ、また、新規の材料である低熱膨張材料ガラスの Zerodur、ULE の加工における大幅な表面平滑性の向上を確認した。このように、本プロジェクトの推進により、EUVL 用のミラーに、EEM が適応可能であることを実証した結果、EEM は実際の EUVL 装置に搭載されるミラーへの適応が決定し、EUVA の下それに対応した非球面ミラー加工装置の開発が進められている。

参考文献

- [6.2-1] M.Kanaoka, H. Takino, K. Nomura, Y. Mori, H. Mimura and K. Yamauchi, *Science and Technology of Advanced Materials*, **8** (2007), 170-172.