ミニマルレーザ加熱装置における高速昇温時の転位制御について

On Dislocation Control at the Time of Rapid Temperature Elevation in Minimal Laser Heating Furnace

ミニマルファブ推進機構 [1], 産総研 [2], 坂口電熱 [3]
°佐藤 和重 [1,3],千葉 貴史 [1,3], 寺田 昌男 [1,3], 池田 伸一 [1,2], クンプアン ソマワン [1,2], 原 史朗 [1,2]
MINIMAL[1] , AIST[2] and Sakaguchi E.H VOC Corp.[3]
°Kazushige Sato[1,3], Takashi Chiba[1,3], Masao Terada[1,3], Shinichi Ikeda[1,2], Sommawan Khumpuang[1,2], and Shiro Hara[1,2]
E-mail: kazushige-sato@minimalfab.com

[はじめに]

現在、産総研を中心に開発を進めているミニマル装置の加熱炉の一つに、高速で昇降温ができるレーザ加熱装置がある。ウェハのみレーザ光を照射し加熱するので、ウェハ周辺の温度が冷えており熱逃げのためウェハ面内の温度分布を均一にすることが難しいという弱点があった。高温短時間の加熱においては、ウェハの温度分布に勾配が生じると熱応力起因のスリップ転位が発生する。スリップ転位はデバイス性能を著しく劣化させ不良の原因にもなる。この弱点を克服するため、これまでビーム形状の異なる 2 種類のレーザ光を重ね合わせ、ウェハ外周の低温になりやすい領域を補うよう加熱できる装置を開発すると共に、ウェハを支えるサセプタのツメの形状を可能な限り縮小し加熱均一化の向上を図ってきた[1]。しかしながら、転位については 2 種類のレーザを重ねることで制御できることを過去に報告したが[2]、詳細に調べられていなかった。そこで今回は、一方のレーザ出力を変えることにより、急速昇温時の温度分布を意図的に変え転位の発生状況を調べたので報告する。

[実験方法]

図 1 にレーザ加熱装置の構成を示す。ウェハの温度は放射温度計により中央と外周を測定し、実験前に 2 つの温度計で加熱したウェハの同じ位置を同時に測定し測定温度の差を結果に反映した。加熱は、円形レーザの出力を 130W と固定しリングレーザ出力を 0W(照射無し)から 60W の範囲で変え、加熱温度 1150℃、時間 270 秒で実施した。ウェハ面内での温度分布を知るために、熱酸化膜形成し、その膜厚分布を温度分布に変換することとした。熱酸化は 1 気圧の酸素雰囲気で行った。スリップ転位は昇温時に発生すると考えられる。ただ、転位発生の確認を容易にするのと、後で酸化膜厚分布評価を容易にするため、酸化時間を 270 秒とした。転位の観察は微分干渉顕微鏡により実施した。酸化膜の分布はミニマル干渉膜厚計(堀場エステック製)を用いた。

[実験結果]

図 2 はレーザを ON してからの経過時間を横軸にとった昇温特性で、代表的なリング形レーザ 35W の特性である。ウェハの中央と外周の温度は、約 1.5 秒の短時間で 1150℃近くまで昇温される。図 3 はリング形レーザの出力を変えた時の中央と外周の温度差を示す。経過時間 1 秒での温度差で見ると、0W で外周が 50℃低く、レーザの出力を上げていくと外周が高くなり 60W で 100℃の温度差が生じること分かる。表 1 に転位の観察結果を示す。表より転位の発生を抑えるには、リング形レーザが必要であること、更にその出力も適切な値があることが分かった。以上を通じて、本来温度が均一ではないレーザ加熱において、ウェハ内での精密温度制御が可能となってきたと言える。

[1] 佐藤, 千葉, 寺田, 中戸, 三浦, 池田, クンプアン, 原, ミニマルレーザ加熱熱酸化膜のウェハ面内均一性評価(2), 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 2017 16a-E206-2 (2017)
[2] 遠江, 千葉, 寺田, 清水, 山口, 石田, 池田, クンプアン, 原, 二重のレーザ加熱によるハーフインチウェハ面内の温度均一性 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 2014 20a-A19-4 (2014)

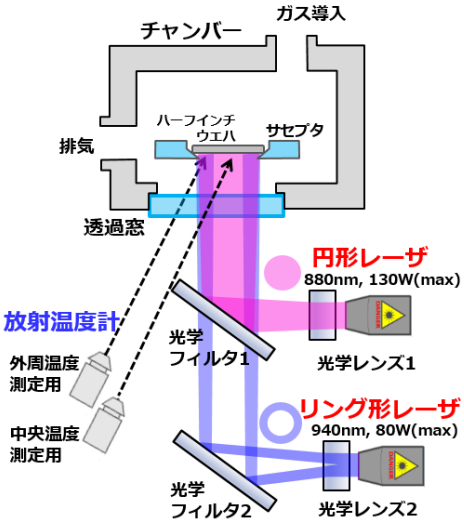

図 1 レーザ加熱装置の構成

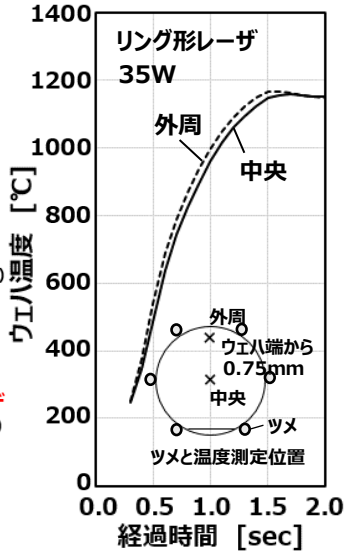

図 2 昇温特性

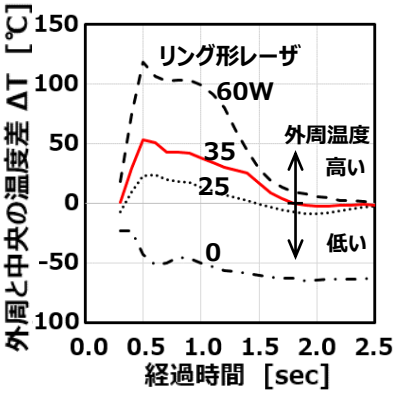

図 3 ウェハ外周と中央の温度差

	リング形レーザ出力 [W]			
	0	25	35	60
転 位 発生状況	有り	僅かに有り	無し	僅かに有り

表 1 転位観察結果(微分干渉顕微鏡)