ヘリウムイオン顕微鏡技術を用いた Si・Au 表面での微細加工の検討

Study of direct nano patterning on gold and silicon surfaces with helium ion microscope

東大工 [1]，産総研 [2]　○前田 悦男 [1]，米谷 玲皇 [1]，飯島 智彦 [2]，右田 真司 [2]，小川 真一 [2]
UTokyo[1], AIST[2], ○Etsuo Maeda[1], Tomohiko Iijima[2], Shinji Migita[2], Shinichi Ogawa[2], Reo Kometani[1]
E-mail: maeda.etsuo@nanome.t.u-tokyo.ac.jp

ヘリウムイオン顕微鏡（HIM）技術による Si および Au 表面における加工性能を評価したので報告する. HIM は, フィラメント尖端単原子から引き出した点光源イオンビームを使用するため, sub-10 nm の加工が可能になると期待される．今回は，HIM の加工性およびヘリウムにより生じるブリスタリングについて検討した. HIM の Dose 量および照射幅による Si および Au 表面における加工結果の違いを評価した. 加工対象として, Si 基板および熱酸化膜付 Si 基板（SiO_2 層 500 nm）に製膜した Au 薄膜（250 nm）を用いた．加工部位は各基板のエッジ部分である．Dose 量に対する実加工幅の評価実験では，設計幅を 5 nm に固定し，Dose 量を $1.0\times10^{17,\ 18,\ 19,\ 20,\ 21}$ ions/cm^2 に設定した．設計幅に対する実加工幅の評価実験では，Dose 量を 1.0×10^{19} ions/cm^2 に固定し，設計幅を 1，3，5，7，9 nm に設定した．

まず, Si 表面における Dose 量に対する評価実験結果について述べる（図 1, 以下図中の白線は 200 nm をあらわす）．Dose 量 1.0×10^{17} ions/cm^2 では加工痕が確認できなかった．1.0×10^{18} ions/cm^2 以上の Dose 量では, 設計幅よりも加工幅が増大し，それぞれ 8.4，12.7，16.7，25.5 nm の幅となった．また，1.0×10^{20} ions/cm^2 以上の Dose 量では，Si 内部からブリスタリングが生じることが分かった．これは，イオン源として用いたヘリウムのガスによる影響である. そこで, 最も加工性のよい Dose 量を 1.0×10^{19} ions/cm^2 として設計幅に対する評価実験を行った（図 2）．Dose 量の実験結果から予想された通り，ブリスタリングは発生せず，加工幅はそれぞれ 5.0，10.8，12.8，15.5，20.3 nm（設計幅 1，3，5，7，9 nm）となった．Side view 観察像にみえる黒色のコーン状の箇所は，ヘリウムがイオン注入され，結晶構造が破壊されたと考えられる．

次に，Au 表面において Si 表面と同様の実験を行った．Dose 量に対する評価実験結果（図 3）では，1.0×10^{19} ions/cm^2 以上の Dose 量において，設計値よりも加工幅が増大し，それぞれ 7.4，14.9，38.8 nm の幅となった．また，Au 層および SiO_2 層では，ブリスタリングが発生せず，Si 層においてのみブリスタリングが確認された. SiO_2 層が緩衝層となったことで, 加工幅の増加量が抑制されたと考えられる．設計幅に対する評価実験結果（図 4）では，Dose 量を 1.0×10^{19} ions/cm^2 とした．設計値 1 nm では加工痕が確認されず，設計値 3 nm 以上において 2.7，5.4，7.8，11.0 nm（設計幅 3，5，7，9 nm）となった．以上の結果から，HIM を用いた Au 表面の微細加工においては，適切な Dose 量（1.0×10^{19} ions/cm^2）を用い，ブリスタリングの緩衝層を設けることで設計忠実性を向上できると予想される．なお，本実験には産総研 SCR ステーションの HIM を用いた。

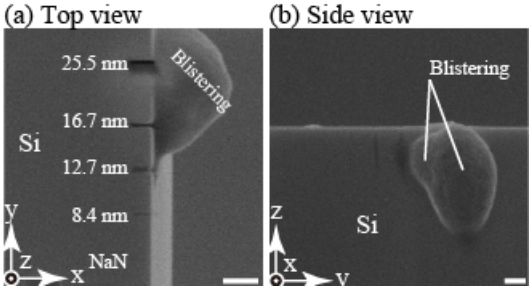

図 1. Si 表面における Dose 量実験（設計幅 5 nm, Dose 量 $1.0\times10^{17,\ 18,\ 19,\ 20,\ 21}$ ions/cm^2）.

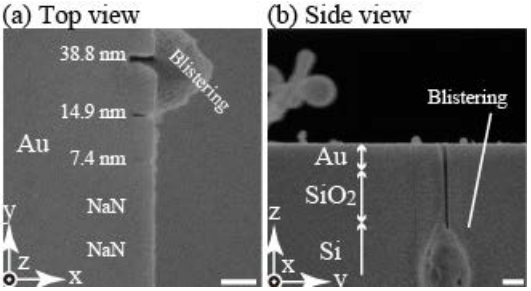

図 3. Au 表面における Dose 量実験（設計幅 5 nm, Dose 量 $1.0\times10^{17,\ 18,\ 19,\ 20,\ 21}$ ions/cm^2）.

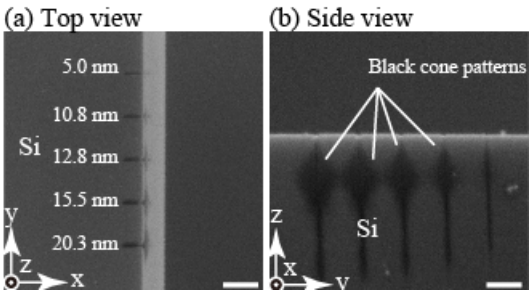

図 2. Si 表面における設計幅実験（Dose 量 1.0×10^{19} ions/cm^2，設計幅 1，3，5，7，9 nm）.

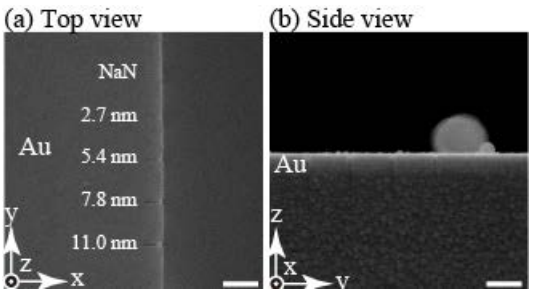

図 4. Au 表面における設計幅実験（Dose 量 1.0×10^{19} ions/cm^2，設計幅 1，3，5，7，9 nm）.

© 2016年 応用物理学会