強誘電体膜作成基板における残留プロトンの検討

Investigation of Residual Proton in Substrate of Ferroelectric Film Deposition

*芝浦工大工，**芝浦工大 RCGI・***八戸工大工
○山口正樹*, **，増田陽一郎***，山﨑美沙*，平出惇*
Shibaura Inst. of Tech., *Hachinohe Inst. of Tech.,
○M. Yamaguchi, Y. Masuda*, M. Yamasaki and J. Hirade
E-mail: yamag@sic.shibaura-it.ac.jp

1．はじめに

昨今の急速な微小電気機械システムの発展・普及に伴い，強誘電体をはじめとする材料の新しい加工・成膜法，たとえば 3D プリンタ印刷などに関する報告がなされるようになった．[1]その中で我々は，プロトンビーム照射による厚膜加工が有用であると考え，照射ダメージを利用したアモルファス化，強誘電特性の劣化などについての報告を行っている．[2]

しかしながら，薄膜・基板内に残留すると予想されるプロトンについては，その状態について明らかにできていない．そこで今回，強誘電体膜形成用基板に残留させたプロトンについて，評価・検討を行ったので報告する．

2．実験方法

水素化アモルファスシリコンでは，未結合種の安定化を図ることを目的として，10%程度の水素が添加されている．[3]しかし，本研究において用いたプロトンビーム照射装置では，この量の添加は非現実的な値となる．したがって，プロトンの侵入深さが 1 μm 程度であると仮定して，ドーズ量が 0.4%ほどの値となる 30,000 nC/mm^{2}を，今回の照射プロトン量として設定した．

ビームの照射には 1 MV の高電圧で加速したプロトンを用い，ナイフエッジを用いて数 mm 角となるように成形をした．したがって，照射領域内でのドーズ量分布は，発生が予想されている．

一方，既報のモンテカルロシミュレーションの結果から，強誘電体／シリコン基板構造に照射したプロトンのほとんどが，シリコン基板内で止まることになる．[4]そこで本研究では，シリコン基板のみを試料として用いることとした．また，残存プロトンの検出方法としては，比較的感度の高い乾燥窒素雰囲気化での透過型のフーリエ変換赤外分光法を選択した．

3．結果および考察

プロトン照射試料のシリコンの赤外透過スペクトルを図に示した．ここには比較として，Si-H 結合が切断される温度[3]よりも高い 500℃において大気中 30 分の熱処理を施した試料の測定結果についても，あわせて掲載した．

この図から明らかなように熱処理の有無にかかわらず，Si-H，Si-H_2，Si-H_3 に起因する吸収が認められないことから，残留水素量は少なくとも検出限界以下であると考えられる．ほとんどのプロトンが脱離してしまった原因として，照射時の基板温度の上昇が挙げられる．

謝辞
本研究におけるプロトンビーム照射に関連して，芝浦工業大学 西川宏之教授ならびに林秀臣氏には，有形・無形のご協力をいただきました．この場をかりて深く感謝いたします．

参考文献
1) Z. Chen *et. al.*, IFAAP2018, 28am-F03 (2018).
2) 平出他，電子情報通信学会，SDM2017-83 (2017).
3) 高橋他，最新アモルファス Si ハンドブック，(1983).
4) 山口他，第 79 回応物秋季講演会，19p-133-11 (2018).

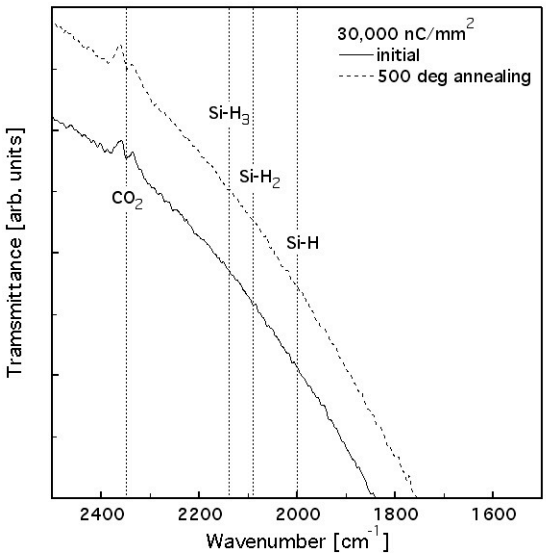

Fig. FT-IR spectrum of 30,000 nC/mm^2 proton dosed Si wafers.

© 2019年 応用物理学会