

Si の陽極化成時におけるレーザ照射の効果

薄膜・表面物性研究室 大澤 修一
M063503 Shuichi Osawa

1. 目的

陽極化成で多孔質シリコン (PSi) を作製する場合には、正孔が重要な役割を果たすといわれている。そのため、n 型 Si を陽極化成する際、レーザなどの光源により基板表面に正孔を供給する必要がある。p 型 Si の場合は元々多数キャリアとして正孔が存在しているため、レーザなどを照射しなくても PSi の作製は行える。だが、局所的に正孔を増加させた場合に変化が生じることが考えられる。本研究では、p 型 Si に He-Ne レーザを照射しながら陽極化成を行い、レーザ照射部分で測定されるフォトルミネッセンス (PL) への影響を調べた。

2. 実験

直径 100mm の p 型 Si (100) ウェーハ ($\rho = 6 \sim 9 \Omega\text{cm}$) から切り出した $1.0 \times 2.0\text{cm}^2$ の Si 基板の酸化膜を除去した後、片面に Al 膜を電極としてスパッタ蒸着した。電極面は酢酸ビニル系のプラスチックを融解塗布して保護した。陽極化成は、フッ酸エタノール混合溶液 [HF(46w%) : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1$] を用いて、暗闇で He-Ne レーザ (632nm) 照射の下、電流密度は約 $1.0 \times 1.0\text{cm}^2$ の試料面に 5~40mA で 20 分間通電した (Fig.1)。PL は GaN 半導体レーザ (409nm) を励起源とし、光学式顕微鏡を用いて直径数十 μm 程度の領域から観測した。

3. 結果および考察

Fig.2 は電流密度 5~40mA/cm²、化成時間 20 分で作製した PSi のレーザ照射部における PL スペクトルを表している。電流密度の増加に伴い、発光ピークの PL 強度は増加し、化成電流 30mA をピークに減少した。発光ピークのエネルギーは低電流 (5~20mA) では、1.85~1.88eV であったが、化成電流 30mA で 1.78eV、40mA で 1.57eV と減少した。また、30mA 以上の電流で作製した試料表面は、平坦ではなく傷ついていた。これは電流が高すぎたため、表面が電解研磨に近い状態になったと考えられる。逆に、化成電流 5mA で作製した試料表面はレーザ照射部分が電解研磨されたように光沢があり、PL 発光はレーザ照射部の周辺で観測された。照射域に電流が流れているとすると表面が平坦で、発光強度が強い PSi は化成電流 20mA の時、約 300mA/cm²

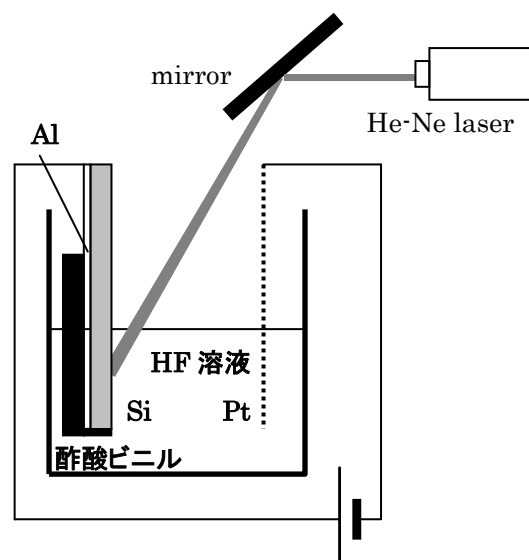


Fig.1 陽極化成装置

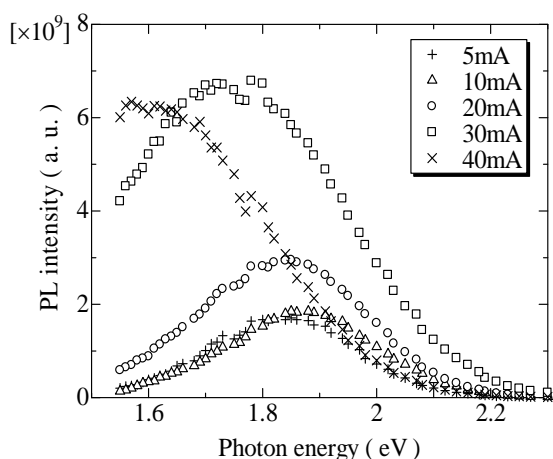


Fig.2 電流密度と PL スペクトル

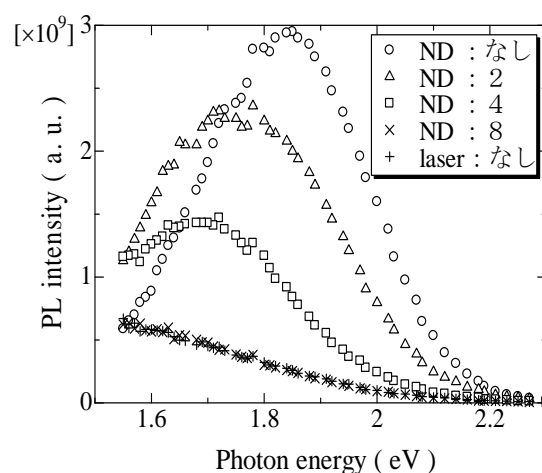


Fig.3 照射レーザーの光量と PL

に相当する。

Fig.3は陽極化成時の照射レーザー光量をNDフィルターを使用して変化した時のPLスペクトルを表している。比較用にレーザー照射せず作製した試料からのPLスペクトルも載せてある。作製条件は化成電流20mA、化成時間20分で行った。化成時における照射レーザーの光量を減少させるにつれ、発光ピークの強度、エネルギー共に減少した(Table.1)。特にND8で作製したPSiのPLは、レーザー照射せず作製したPSiのPLと同様にほとんど発光を示さなかった。陽極化成時に照射するレーザーの光量を変化させることで、PSiの発光ピークの強度とエネルギーをコントロールできる。

これらの結果を考察すると、レーザー照射により基板表面の照射部分で電流の集中が起こり、局所的に陽極化成反応が進んだと考えられる。Fig.2で見られた電流密度の増加に伴うPL強度の増加は、照射部分における電流集中によりPSi層が厚くなりSi微結晶も増え、発光強度が強くなったと考えられる。Fig.3の照射レーザーの光量を減少させるにつれ、発光強度が減少したのは、照射部分の電流集中の効果が弱まり陽極化成反応が緩やかになったためと考えられる。実際化成中の反応槽内の水素気泡は、レーザーの光量を減少させるにつれ

減少した。照射レーザーの光量をコントロールすることで、試料表面の発光を制御できることを示す。

Table.1 照射レーザーの光量と発光ピーク

Laser intensity		Energy (eV)
100 %	ND 無し	1.85
50 %	ND2	1.78
25 %	ND4	1.70
12.5 %	ND8	1.56
0 %	laser 無し	1.55

4. まとめ

p型Siにレーザー照射を行いながら陽極化成を行ない、PLスペクトルへの影響を調べた。レーザー照射部では電流集中が起こり、非照射部に比べ陽極化成反応が促進した。化成時の電流を増加させるにつれ、発光強度は増加したが、30mA以上で表面が傷ついた。照射レーザーの光量を減少させると電流集中が弱まりPL発光も弱くなった。光量を8分の1にするとレーザーを照射しない場合と比較してほとんど変化がなかった。