

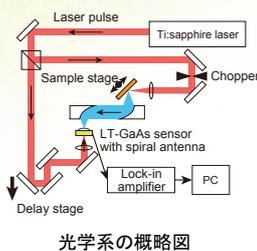
# コロナ放電とレーザーテラヘルツエミッション顕微鏡による電界効果パッシベーションの評価法

望月敏光、棚橋克人、高遠秀尚  
産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

研究の目的：レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡 (LTEM) による素子評価の物理的解釈と発展

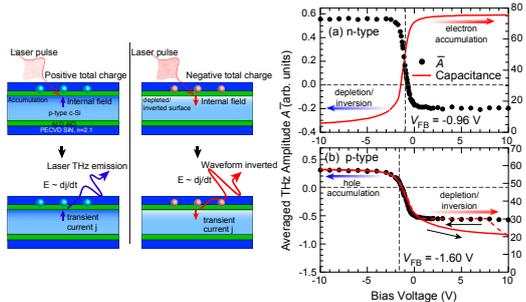


LTEM実証機外観



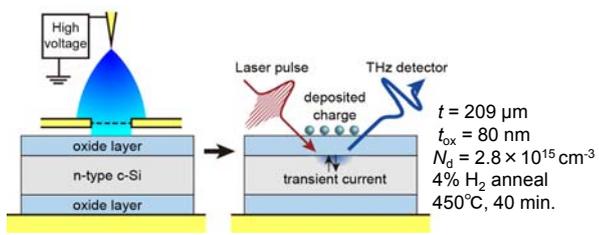
光学系の概略図

レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡(LTEM)は、半導体素子にパルス光を照射して出てくるテラヘルツ放射の波形を、時間分解分光法により測定する。さらにその位置依存性をマッピングでき、Si-MOS素子の異常検出などに応用されてきた[1-3]。



LTEMがSi系で何を見ているのかの定量的・系統的検証が無かったため、異常の原因や性質、そもそもLTEM像の異常が素子の異常なのか不明だったが、以前我々は容量-電圧(C-V)法と同じ情報を読み取っていることを示し、更なる応用のため非接触測定法への展開を試みている[4]。

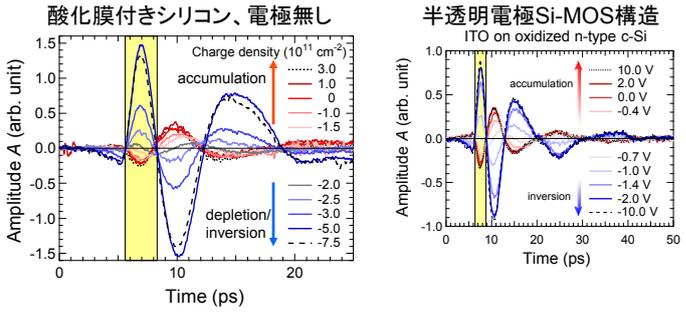
## 実験



$f = 209 \mu\text{m}$   
 $t_{\text{ox}} = 80 \text{ nm}$   
 $N_d = 2.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$   
4% H<sub>2</sub> anneal  
450°C, 40 min.

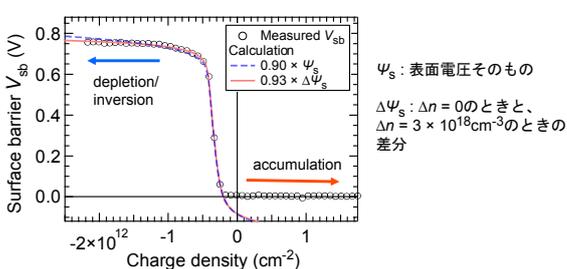
- 電極のない酸化膜付きシリコンの表面電場を、コロナ放電によってイオンを吹き付けることにより操作しつつLTEMで測定
- 表面電場の評価手法として先行するV-Q法とLTEMを定量比較
- ライフタイム測定も併せ、酸化膜についての理論計算と比較

## 結果

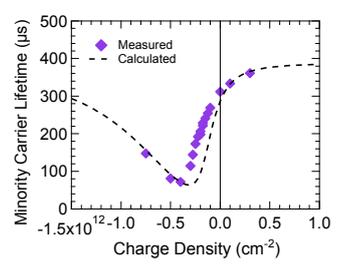
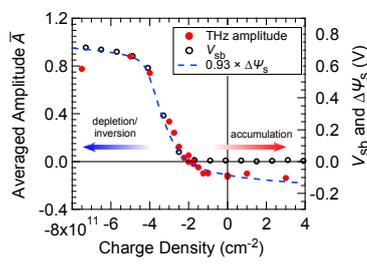


- Si-MOSに外部電圧をかけた時と同様に、THz放射の波形が反転
- 電極が無い分THzの信号はより強くなりS/N比が向上
- 酸化膜中に  $2 \times 10^{11}$  個/cm<sup>2</sup> の電荷があると判断できる

## 考察



$\psi_s$ : 表面電圧そのもの  
 $\Delta\psi_s$ :  $\Delta n = 0$  のとき、 $\Delta n = 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  のときの差分



- V-Q法は空乏層あるいは反転層のある表面の表面電圧を測定できる
- LTEMは電荷蓄積領域も評価できる
- ライフタイムも表面電圧で変わる
- 電界効果パッシベーションに関する計算と合う

## 結論

- ◎ 理論的な考察から、今回作製した酸化膜試料について、コロナ放電によるV-Q法が空乏/反転領域の表面電圧をよく測定しており、ライフタイムもそれによく追従している系になっていることが分かった
- ◎ そのうえでLTEMによって測定されるTHz放射が表面電圧とよく一致しており、電荷蓄積領域まで感度が良いことが分かった [5]
- ! トンネル酸化膜やヘテロ接合系などの、非絶縁膜下の表面電圧の評価法として展開していく

## 参考文献

[1] M. Tonouchi, Nature Photonics, **1**, 97 (2007).  
[2] H. Nakanishi et al., AIP Adv., **5**, 117129 (2015).  
[3] H. Murakami et al., Photonics Res., **4**, A9 (2016).  
[4] T. Mochizuki et al., Appl. Phys. Lett., **110**, 163502 (2017).  
[5] T. Mochizuki et al., J. Appl. Phys., **125**, 151615 (2019).