様々な処理を施した4H-SiCの表面再結合速度の温度依存性解析

Analysis of temperature dependence of surface recombination velocities for 4H-SiC treated various processes

小濵公洋, 加藤正史, 市村正也
名古屋工業大学、名古屋市昭和区御器所町、*cko16545@stn.nitech.ac.jp*

研究背景

バイポーラデバイスにおいてキャリアライフタイムは
デバイス性能を左右する重要なパラメータである

キャリアライフタイムの制限因子である表面再結合速度Sの温度依存性に関する議論に結論が出ていない

[1] M. Kato et al., Jpn. J. Appl. Phys. 51, 02BP12 (2012).
[2] Y. Mori et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 335102 (2014).
[3] P. Klein et al., J. Appl. Phys. 108 033713 (2010).
[4] P. Ščajev et al., J. Phys. D. Appl. Phys. 46, 265304 (2013).

キャリアライフタイムの膜厚依存性から
表面再結合速度の温度依存性を見積もった[1,2]

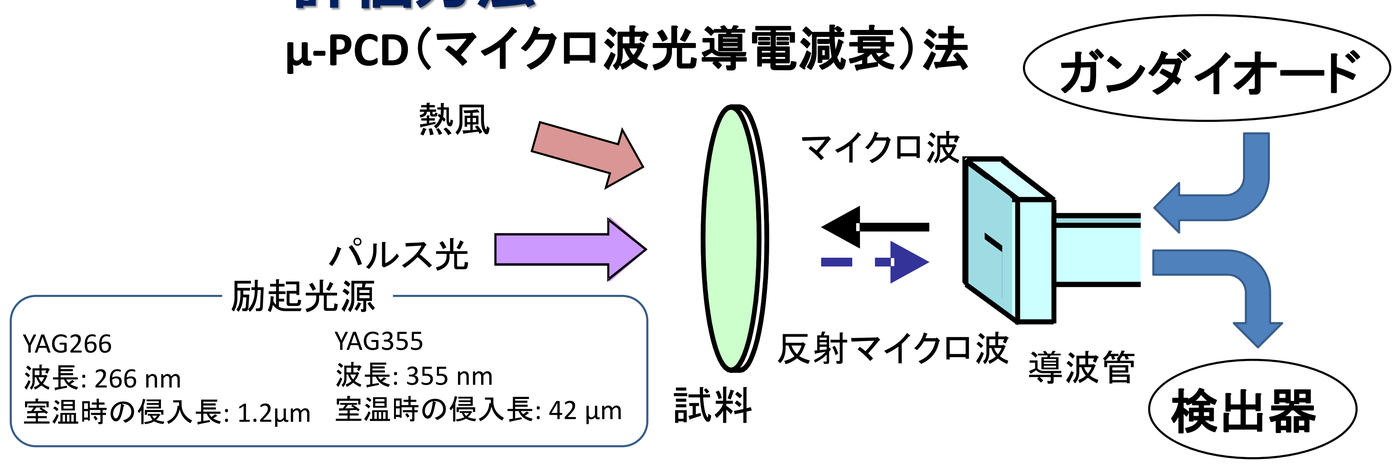
測定試料

n型4H-SiC自立エピ膜
膜厚のことなる試料を3つずつ用意、
ドーピング濃度10^{15} cm^{-3}

試料	表面処理
CMP	Si面、C面にCMP
NaOH	NaOHによるエッチング
RIE(Si)	Si面にRIE
RIE(C)	C面にRIE

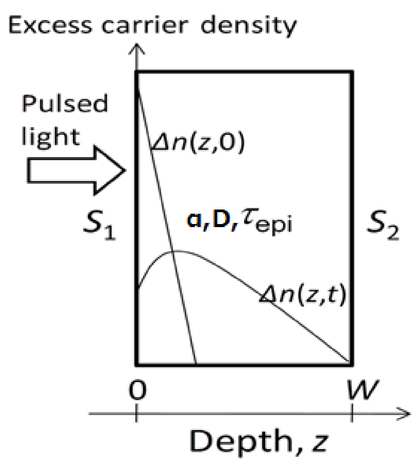
評価方法

μ-PCD（マイクロ波光導電減衰）法



1/eライフタイム($\tau_{1/e}$)： 過剰キャリアのピーク値を1とし、1/eまで減少する時間

キャリアの減衰モデル



$$\frac{\partial n}{\partial t} = D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \frac{n}{\tau_{epi}} - Bn^2 - Cn^3$$

$$D\left.\frac{\partial n}{\partial x}\right|_{x=0} = S_1 n_e \qquad D\left.\frac{\partial n}{\partial x}\right|_{x=W} = -S_2 n_e$$

S_1:励起面における表面再結合速度
S_2:裏面における表面再結合速度
$D(T)$:拡散係数[3]
$\alpha(T)$:光吸収係数[5]
$\tau_{epi}(T)$:バルクライフタイム
B:輻射再結合係数(2×10^{-14} cm^3s^{-1})[6]
C:オージェ再結合係数(5×10^{-31} cm^6s^{-1})[6]

[5] N.Watanabe et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53, 108003 (2014)
[6] P. Scajev et al., J. Phys. D. Appl. Phys. 46, 265304 (2013).

解析手順

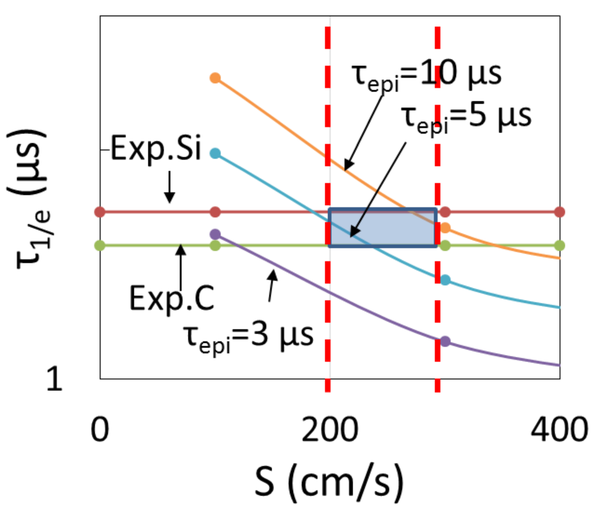
1. 表面再結合の影響を強く受ける条件
(最も薄い膜厚,YAG266)からSの範囲を仮定

2. 上記のSの範囲とバルクの影響を強く受ける条件
(最も厚い膜厚,YAG355)からτ_{epi}の範囲を仮定

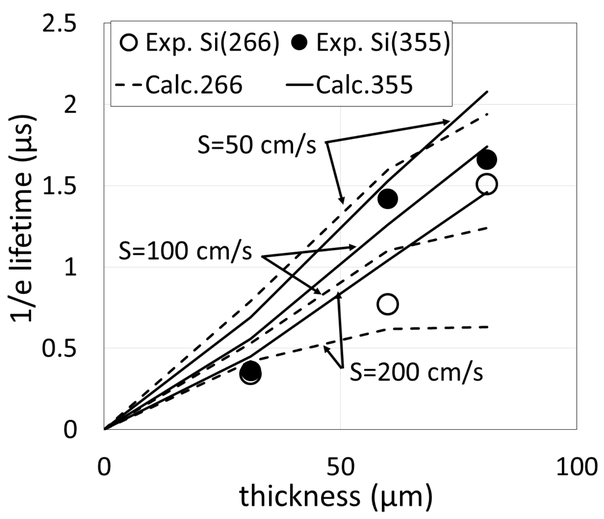
3. 最小二乗法により、実測と解析の$\tau_{1/e}$の差が最も小さくなるSi面のSとτ_{epi}を見積もる

手順1,2ではSi面とC面のS(S_{Si},S_C)は等しいという条件下で解析を行う

Sとτ_{epi}の範囲仮定



NaOH (81 μm)に対し波長355 nmで励起した場合における$\tau_{1/e}$の解析結果

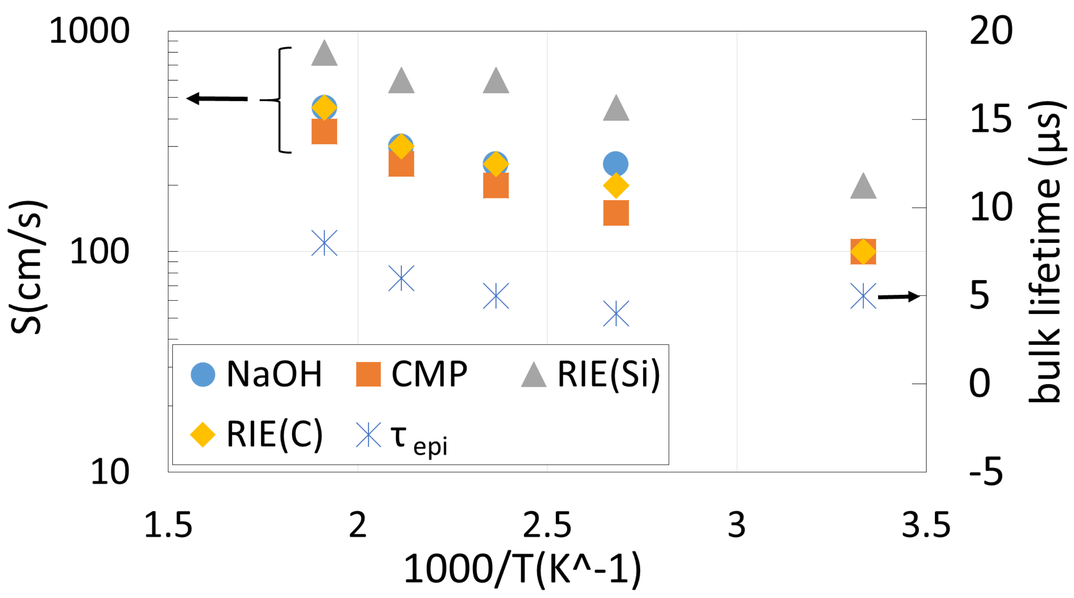


NaOHのSi面を励起した場合の膜厚依存性

膜厚が厚くなると波長266 nmでSi面を励起した場合の$\tau_{1/e}$の実測値と解析値の差が大きくなる場合がある

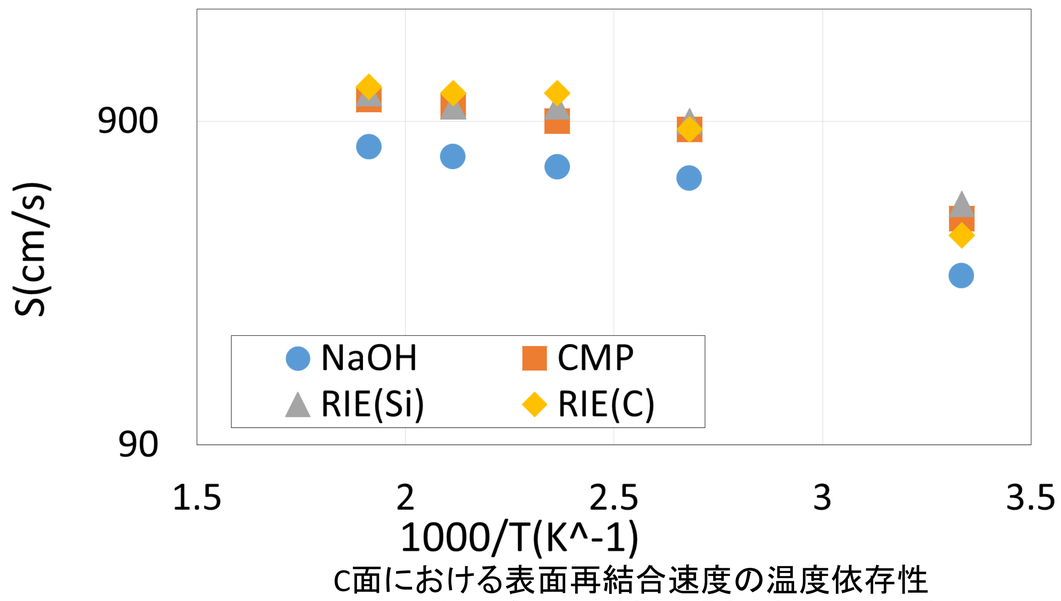
➡ 最小二乗法によりS_{Si}とτ_{epi}の最適値を求める

解析結果



Si面における表面再結合速度及びτ_{epi}の温度依存性

RIE(Si)のS_{Si}の値がその他の試料に比べ高い
RIE処理による欠陥の導入が要因と考えられる
活性化エネルギー:0.073~0.085 eV



C面における表面再結合速度の温度依存性

NaOHのS_Cの値がその他の試料に比べ低い
➡ NaOHエッチング処理による欠陥層の除去が要因と考えられる

まとめ

Sは表面処理及び温度に依存し、室温に比べ250℃ではSi面で3.5～4.5倍、C面で2.5～3倍に値が上昇した
本研究により得られた値をデバイス設計に用いることが可能であると考えられる

本研究はJSPS科研費25390067の助成を受けたものです。