

6-3 Si MOS構造の界面移動度を決定する要因と製作条件との関連

東大工 菅野卓雄・神 裕之・鳳 統一郎

S1 MOS型FETの高周波特性は 反転層中の相体の界面移動度に大きく左右される。しかし、その界面移動度を決定する要因については 検討は未だ不十分である。そこで本報においては 高温酸化法で形成した Si-SiO₂界面に対して種々の熱処理を施し、移動度に対するその効果を調べ、散乱のモデルと比較することにより半定量的な解析を行った結果について述べる。

S2 試料製作の諸条件

Si (10 Ω-cm) の (111) 面を高温酸化 (°C) し、SiO₂ 膜を形成し、燐による安定化を行う。次に熱処理(I)を施し、電極用 Al を蒸着後、熱処理(II)を行う。この後 MOS 型 Hall 素子に組立て 3 KOe の磁界中で Hall 測定を行った。熱処理 (I), (II) の内容は下の [表 I] に示す。

[表 I] 試料製作条件のリスト

試料群名	サニル	熱処理(I)	熱処理(II)	冷却
1N-x-y*	N	—	—	—
2N "	N	—	—	—
3N "	N	Ar	—	急
4N "	N	Ar	N ₂	急
5P "	P	—	—	—
6P "	P	Ar	N ₂	急
7P "	P	A20	—	炉
9P "	P	Ar	—	急

* ; 焼鈍処理の施していないもの

x ; 酸化雰囲気中の水蒸気分圧 (0.1 x 760)

y ; サンプル番号 mm Hg

Ar ; Ar 中 1050°C 30 分間の焼鈍処理

N₂ ; N₂ 中 500°C 6 分間の焼鈍処理

A20 ; Ar 1050°C 20 時間間の焼鈍処理

炉急 ; 炉冷 急冷 を意味し、熱

処理(I)を施した後の冷却法を示す。

なお電流の流れの方向は [110] とし

面内異方性の可能性を除去した。

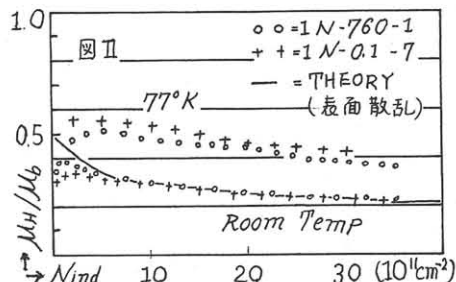
S3 測定結果及びその解釈

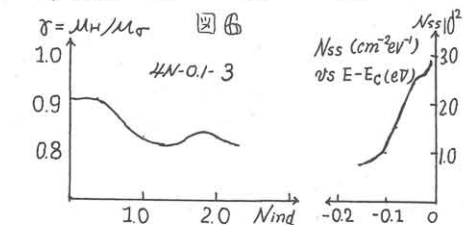
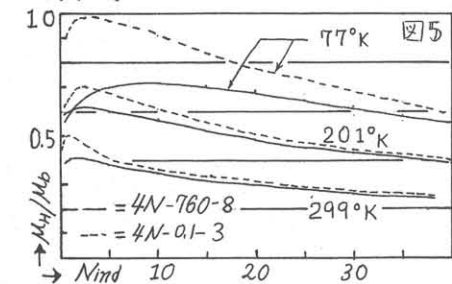
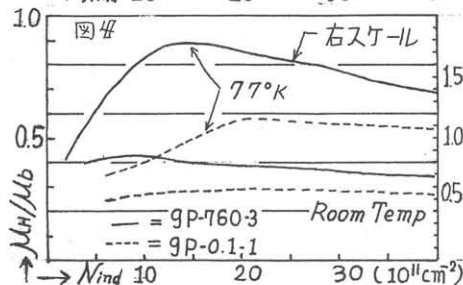
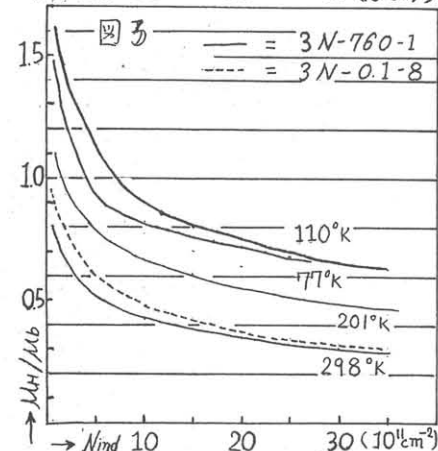
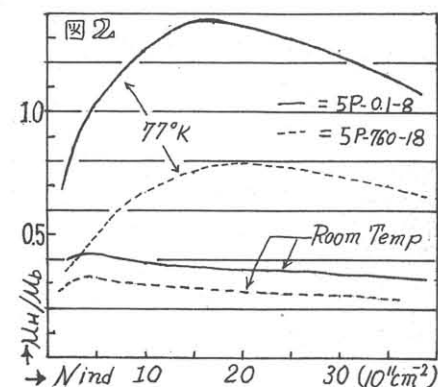
それぞれの試料群について移動度を測り、表面に誘起されたキャリアの数 N_{ind} ($10^{11}/cm^2$ 単位) の函数として表わす。温度を 110°K - 293°K とし室温 (293°K) 及び 77°K を主とする。縦軸の移動度は 300°K におけるバルクの移動度 (電子; $1250 cm^2/V \cdot sec$, 正孔; $475 cm^2/V \cdot sec$) で正規化されている。

(3-1) 熱処理の施していないもの

<N channel> 試料群 1N, 2N は図 1 に示すように、①室温において拡散散乱 (Diffuse Scattering) 理論と一致するが② N_{ind} が小さい所では不一致が著しく③試料間の差も顕著となる。これは荷電中心や欠陥に帰因する散乱機構が存在しており、遮蔽効果が小さくなる (N_{ind} が小さい) 領域で重要な散乱機構となるという推論を得る。

<P channel> 試料群 5P は図 2 に示す如く、室温においても試料間の差が顕著である。77°K では $\mu-N_{ind}$ 曲線は 1/N になり、ビークが右側にずれていること





から, Hole に対して 荷電中心 散乱が強く効いていると推定する。

(3-2) Ar 中 30 分間の焼鈍したものの (図3, 4) 参照
 <N channel> 図3によれば 室温での処理の結果 μ が 50% 程度改善されること ② $N_{ind} < 1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ の時 $\mu \approx \mu_b$ (バルク移動度) となること ③ 低温においてもグラフにビークは無く, 荷電中心散乱は小さいこと ④ $\mu_H(77^\circ\text{K}) \leq \mu_H(110^\circ\text{K})$ となることが判明した。④は 荷電中心散乱に帰因すると考えられるが ②と矛盾ない解釈には 表面散乱に対する二次元量孔の効果の差を要する。

<P channel> 図4によれば Dry O_2 中で作った試料は 常温低温共に低い移動度を持つ ② N_2 と O_2 中のものの μ にはやや改善のあとが見られるが, ビークの位置は 図2と変らず, 処理は N channel の場合ほど有効ではない。P チャネルと N チャネルとの差の原因は明かでないが, Ar アーノの O_2 型表面準位を発生させる又は ② アノード型表面準位を減少させると仮定すれば 定性的には説明できる。

アルゴン中の長時間アニール (20 時間) を施した試料については (試料群 7P) の Wet Oxide では試料群 9P と同様であり ② Dry Oxide では 9P よりも高移動度を持つ等の特性を有するが特異な現象は見られなかった。

(3-3) Ar 中の焼鈍後 N_2 中の Al 焼結を施したものの

<N channel> (3-2) で述べた処理の後 N_2 中で Al 焼結を行うと 図5 に示すように N_{ind} の小さい所で 移動度の減少が見られる ② この減少は試料 (4N-760-8 と 4N-01-3) によって異なり 300°K $\rightarrow$ 77°K へと冷やすと この差が更に顕著となる。③ ビークが再び明瞭になり 荷電中心散乱の寄与が大きくなることを示している。Al と SiO_2 との反応に帰因するらしい。

5. 結論

- ① 以上の測定の結果 明らかになったことは
- ② 室温の移動度は表面散乱と不純物散乱の混合散乱として 説明することができること
- ③ 低温の移動度には 荷電中心の散乱の寄与が大きくなり, 殊に P チャネルで顕著なこと
- ④ Ar 中の焼鈍で散乱を減少させるのに役立つこと。Al 焼結処理は Ar 焼鈍効果より減殺効果
- ⑤ ホール移動度と伝導度移動度の比 r を求めると N_{ind} と共に変化し (図6) 支配的な散乱過程が N_{ind} に依存することを示している N_{ind} が小さい時に r が大きくなることは前述の 荷電中心散乱の仮定とも consistent である。