17a-A27-6

貫通転位が InSb HEMT のデバイス特性に与える影響の解析

Analysis of influence of threading dislocation on device characteristics of InSb HEMT

東理大院基礎工 [1]，情報通信研究機構 [2]，○初芝正太 [1]，長井彰平 [1]，藤川紗千恵 [1]，原紳介 [2]，遠藤聡 [2]，渡邊一世 [1,2]，笠松章史 [2]，藤代博記 [1]

Tokyo University of Science [1], National Institute of Information and Communications Technology [2]

○Shota Hatsushiba[1], Shohei Nagai[1], Sachie Fujikawa[1], Shinsuke Hara[2], Akira Endoh[2], Issei Watanabe[1,2], Akifumi Kasamatsu[2], and Hiroki I. Fujishiro[1]

E-mail: 8114635@ed.tus.ac.jp

はじめに：InSb HEMT はミリ波・サブミリ波帯で動作可能なデバイスとして注目されている．しかし結晶成長の困難さから貫通転位を生じやすく，それが電子輸送特性に影響を与えることが知られている[1]．我々は貫通転位が InSb HEMT の特性に与える影響を明らかにするために，量子補正モンテカルロ(QCMC)シミュレータに貫通転位の散乱モデルを導入し，シミュレーションと実験の結果を比較することでモデルの妥当性を検証した．次に貫通転位のデバイス特性に与える影響を解析した．

計算手法：チャネルの歪バンド構造をリジットイオン近似を用いた経験的擬ポテンシャル法により計算し[2]，バンドパラメータを導出して QCMC シミュレーションに用いた．QCMC シミュレーションでは実効ポテンシャル法とリジェクション法により量子効果と縮退効果を考慮した[3]．貫通転位を転位線に沿ったアクセプタの集合体として扱い，貫通転位によるクーロン散乱により電子の波数ベクトルが転位線に対して垂直方向の成分のみ変化するとした[4]．(1)式に散乱レートを示す．

$$\frac{1}{\tau_{dis}(k)} = \frac{N_{dis} m^* e^4 f^2}{\hbar^3 \varepsilon_0{}^2 \varepsilon_b{}^2 c_0{}^2} \cdot \frac{\lambda_D{}^4}{\left(1 + 4\lambda_D{}^2 k_\perp{}^2\right)^{3/2}} \quad (1)$$

ここでN_{dis}は貫通転位密度，m^*は有効質量，e は素電荷量，f は電子がトラップされている割合，ε_0 と ε_bは真空の誘電率及び InSb の比誘電率，c_0は格子定数，λ_Dはスクリーニング距離，$k_\perp$は波数ベクトルの転位線と垂直方向の成分を表している．

デバイスモデル：図 1 に解析に用いた InSb HEMT の断面構造図を示す．バリア・バッファ層は $Al_{0.25}In_{0.75}Sb$，チャネル層は InSb(圧縮歪率：-1.3 %)とした．チャネル厚さは 15 nm とした．チャネル層内のシートキャリア濃度は 1.0×10^{12} cm^{-2} とした．

解析結果：電子移動度 μ は実験的に(2)式で表されることが知られている[5]．

$$\frac{1}{\mu_{total}} = A_{dis} \cdot N_{dis} + A_{MT} \cdot N_{MT} + \frac{1}{\mu_{others}} \quad (2)$$

ここで N_{MT} は積層欠陥密度，A_{dis} と A_{MT} は貫通転位係数および積層欠陥係数，μ_{others} は貫通転位や積層欠陥以外のフォノン散乱等により決定される電子移動度を表している．まずゲートの無い構造で μ の N_{dis} 依存性を計算した．図 2 にシミュレーションと実験の結果を比較して示す．実験の値は積層欠陥の影響を取り除いた[5]．これらの傾きから A_{dis} を求めることができる．実験により導出された A_{dis} は 5.89×10^{-15} Vs [5]，シミュレーション(f = 1.00)では 1.44×10^{-14} Vs となった．

f = 0.53 とするとシミュレーションと実験の A_{dis} が一致した．貫通転位の InSb HEMT のデバイス特性への影響については当日報告する．

謝辞：本研究の一部は東京理科大学総合研究機構先端情報通信研究部門の援助を受けた．

[参考文献]

[1] J.R.Soderstom *et al.*,Semicond.Sci.Technol, **7** (1992) 337.
[2] H. Nishino *et al.*, Proc. 22nd IPRM, (2010) 156.
[3] H. I. Fujishiro *et al.*, PSS(C), **5** (2007) 2795.
[4] D.C.Look *et al.*, Phys Rev Lett,**82** (1999) 1237.
[5]T.D.Mishima *et al.*, Appl. Phys Lett, **109** (2011) 073707.

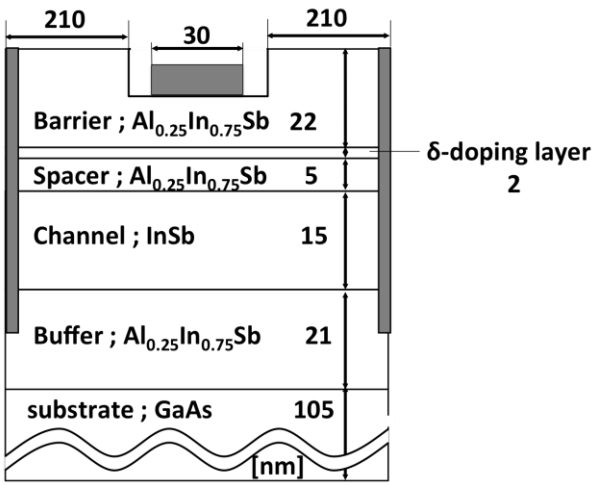


図 1 InSb HEMT の断面構造図

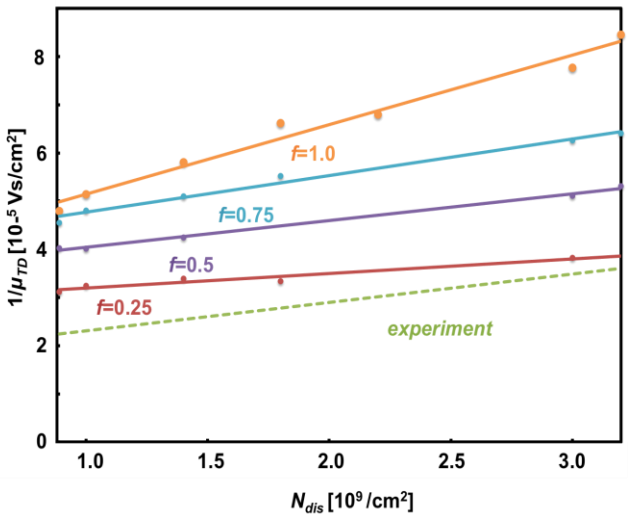


図 2 電子移動度 μ の転位密度 N_{dis} と依存性
N_{MT} = 0 /cm

© 2014 年　応用物理学会