

ポテンシャル揺らぎが Hall 移動度とドリフト移動度の乖離に与える影響

Effects of Potential Fluctuation on Difference between Hall Mobility and Drift Mobility

阪大院工 ○田中 一, 森 伸也

Osaka Univ. ○Hajime Tanaka, Nobuya Mori

E-mail: tanaka@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

背景 SiC MOS 界面には多数の界面準位が存在するため、MOSFET のデバイス特性から抽出したチャネル移動度は、界面準位により捕獲された電子の分だけ、捕獲されずに反転層に存在する可動電子の移動度より低くなることが知られている。そこで、MOS 反転層に対して Hall 効果測定を行うことで、SiC MOS 界面における可動電子の移動度の測定が行われてきた [1,2]。Hall 効果測定により得られる Hall 移動度は、可動電子のドリフト移動度と比べ、Hall 因子 γ_H だけ異なるが、この γ_H は通常 1 に近いと考えられる [3]。しかし、SiC MOS 界面にポテンシャル揺らぎが存在する場合、これが Hall 移動度とドリフト移動度の乖離に影響を与えると思定される。そこで我々は、ポテンシャル揺らぎを有する 2 次元系における Hall 移動度およびドリフト移動度を、モンテカルロ法により計算し、ポテンシャル揺らぎがこれらに与える影響を検討した。

計算方法 本研究では、ポテンシャル揺らぎがキャリア輸送に与える影響を検討するためのモデルとして、ガウシアン型のポテンシャル

$$V_n(x, y) = -e\phi_n(x, y) = \Delta V \exp\left[-\frac{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}{R^2}\right] \quad (1)$$

を密度 N でランダムに配置した 2 次元系を考え、電場と磁場を考慮したモンテカルロ法で Hall 移動度 μ_H およびドリフト移動度 μ_d を計算した。この際、有効質量は等方的で $m^* = 0.3 m_0$ 、温度は 300 K、印加する磁場は 2 T とした。散乱過程としては、SiC MOS 反転層を模擬するため、厚さ 2 nm の量子井戸の基底サブバンドにおける弾性的な音響フォノン散乱および非弾性的な光学フォノン散乱を、SiC MOS 界面におけるパラメータ [4] を用いて考慮した。

結果 2 種類のポテンシャルサイズ $R = 2 \text{ nm}, 5 \text{ nm}$ に対して計算した、 μ_H と μ_d の輸送方向電界依存性を図 1 に示す。ここでは、密度 $N = 1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の斥力型 ($\Delta V = +0.1 \text{ eV}$) ポテンシャルを仮定した。 $R = 2 \text{ nm}$ (赤) に対しては、 μ_H と μ_d は近く、また高電界で移動度が低下する、速度飽和を反映した振る舞いを示している。一方、 $R = 5 \text{ nm}$ (青) に対しては、 μ_H より μ_d が低くなり、また高電界で移動度が増加する。これは、電子がポテンシャルの高い部分に囲まれた領域に捕獲される現象が生じ、この影響が μ_d に顕著に現れること、および高電界下では捕獲された電子がポテンシャル障壁を越えやすくなることから理解できる。

図 2 には、 $1/(R \times N)$ が 50 nm で一定となるように R と N を変化させた場合の、 μ_H および μ_d の変化を R 依存性として示す。 $\Delta V = 0.1 \text{ eV}$ の場合 (赤)、図 1 と同様に $\mu_H \approx \mu_d$ となっている。他方、引力型の $\Delta V = -0.1 \text{ eV}$ の場合 (青)、 μ_H は $\Delta V = 0.1 \text{ eV}$ の場合に近い一方で、 μ_d は大幅に低くなっている。これは、引力型のポテンシャルに電子が捕獲されることによる電子の変位量の減少に由来しており、このような電子を捕獲する深い引力型ポテンシャルが存在する系では、 μ_H と μ_d が大きく乖離する。 μ_H を可動電子移動度とみなす場合、この乖離は、界面準位への電子捕獲による可動電子の減少と類似の状況を生じる。

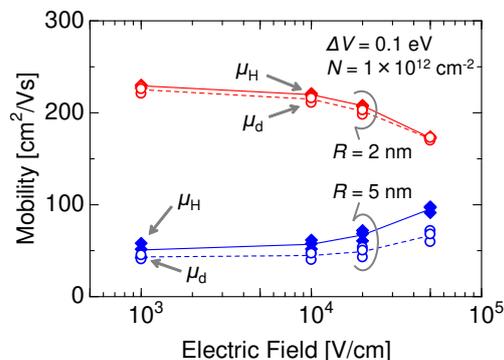
[1] M. Noguchi *et al.*, *IEDM2017*, 219 (2017).[2] T. Hatakeyama *et al.*, *APEX* **10**, 046601 (2017).[3] V. Uhnevionak *et al.*, *TED* **62**, 2562 (2015).[4] H. Tanaka *et al.*, *JJAP* **59**, 031006 (2020).

Fig. 1: Electric field dependence of Hall and drift mobility for two R values. Results for three different potential distribution patterns are plotted.

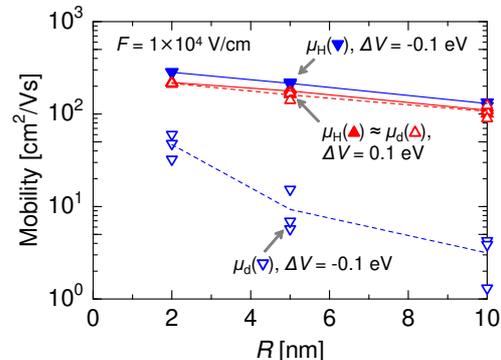


Fig. 2: R dependence of Hall and drift mobility for R and N values satisfying $1/(R \times N) = 50 \text{ nm}$. Results for $\Delta V = -1 \text{ V}$ and 1 V are compared.