

## サーフオンとシリコン反転層の電子移動度

学習院大理 川 路 紳 治

p型シリコン基板上のn型反転層の電子移動度に対するサーフオン散乱の寄与は、江沢、中村と著者により計算された。サーフオンは、表面を持つ固体の弾性波量子で、その波動関数は、表面に垂直方向に位置座標  $z$  をとり、表面に平行な2次元位置ベクトルを  $\rho$  として

$$U^{(J)}(r) = (2\pi)^{-1} u^{(J)}(z) e^{ik \cdot \rho}$$

と書かれる。ここで、 $k$  は3次元波数ベクトル  $K$  を表面に射影した2次元波数ベクトルである。量子数  $J$  は、 $\kappa$  のほかに波面が表面に沿って移動する速度  $C$  とモード  $m$  を含む。電子のサーフオン散乱は変形ポテンシャル相互作用を用いて計算されたが、このとき必要なサーフオンの相関関数を

$$D(\rho, z, \rho', z') = (2\pi)^{-2} \int d\kappa e^{-i\kappa \cdot (\rho - \rho')} D(z, z'; \kappa)$$

と書くと、サーフオンの分布に高温近似をとると、関数  $D(z, z'; \kappa)$  は

$$D(z, z'; \kappa) = D^{bulk}(z - z'; \kappa) + D^{refl}(z, z'; \kappa)$$

のように書かれることが判る。即ち、サーフオン散乱においては、バルク・フォノン散乱に現れる関数  $D^{bulk}$  のほかに表面の効果  $D^{refl}$  が付け加わる。さらに、それぞれの関数の形をみると、

$$D^{bulk} \propto e^{-\kappa |z - z'|} f(z - z')$$

$$D^{refl} \propto e^{-\kappa(z + z')} g(z, z')$$

川路紳治

のようになって、バルク・フォノン散乱とサーフオン散乱によって附加された項との関係が明らかにされる。なお、電子散乱に対するサーフオン散乱による附加項の寄与は、バルク・フォノン散乱のみの場合の約30%であった。

実験との比較を行なうには、移動度の計算にあたってとられた二つの近似、(a)すべての伝導電子は反転層ポテンシャル内で $z$ 方向の運動が量子化された基底サブバンド内にある。(b)シリコン表面は自由端である、を吟味しなければならない。近似(b)については、現実のシリコン表面には厚い $\text{SiO}_2$ 層があることを考慮すると、表面による反射の寄与は、約15%となることが(100)面の計算で確かめられているので、他の面でも同等と考えることにする。また、近似(a)については、(111)面が最も良く、(110)面、(100)面の順に近似が悪くなるので、上のサブバンド内電子の移動度を基底サブバンド電子の移動度から、散乱強度はそれぞれの電子波動関数の $z$ 方向の広がり inverse に比例すると仮定して、推定して、実験と比較すべき平均移動度を算出することによって、近似度を高める。こうして、温度  $T = 300\text{ K}$ 、電子濃度  $N_s = 10^{13}/\text{cm}^2$  で、(111)、(110)、(100)各面の移動度の比は、実験値をほぼ再現できた。また、移動度の  $N_s$  依存、 $T$  依存も、上のサブバンドでの電子分布を考慮すると、実験値と一致する傾向にある。しかし、移動度の絶対値は、谷間散乱の寄与を取り入れても、実験値の約3倍であり、変形ポテンシャル定数、音速、実効質量などのいずれかが、表面ではバルクでの値と異なるとしなければ説明できない。実験値が格子散乱以外の散乱の寄与を含んでいる可能性もあるが、サーフオン以外の散乱機構で、移動度の  $N_s$  依存、 $T$  依存、面指数依存をよく説明し得るかどうかは疑問である。