4　キャリア濃度

この章では、あるエネルギーを持ったキャリア（電子あるいは正孔）がどのくらい（の数）そのエネルギー状態に存在しているのかを表す。そのキャリアの数を**キャリア濃度**または**キャリア密度**（**carrier density**）という。濃度（密度）であるので単位体積あたりのキャリアの個数を示す。電子の場合を**電子濃度**あるいは**電子密度**（**electron density**）といい、正孔の場合を**正孔濃度**あるいは**正孔密度**（**hole density**）という。

4-1　分布関数

分布関数 distribution function（または**分布則**）とは、状態密度（キャリアの器、次節で説明）に実際キャリアが存在しているかどうかの確率を表すものをいう。すなわち、キャリアが存在していれば確率は 1、存在していなければ 0 となる。温度 T が 0[K]であれば、電子（または正孔）は低い順位から順に占有していくが、温度が上がると必ずしも低い順に電子が占められていくとは限らない。

固体中の電子に適用可能な分布関数は次式で与えられている。

$$f(E)=\frac{1}{1+e^{(E-E_F)/kT}} \qquad \cdots(4.1)$$

この分布関数を**フェルミ・ディラクの分布関数(Fermi-Dirac distribution function)**という。ここで、E_F は**フェルミエネルギーFermi energy(フェルミ準位 Fermi level)**といい、$f(E)=1/2$ の時のエネルギー値を示す。この分布関数を図 1 に示す。T=0[K]では $f(E)$ が階段状に変化するが、温度が高くなるにつれて変化がなだらかになってくる。特にエネルギーが高い範囲では

$$f(E)\cong e^{-(E-E_F)/kT} \qquad \cdots(4.2)$$

と近似できる。この分布関数を**マクスウェル・ボルツマン分布関数**（**Maxwell-Boltzmann distribution function**）という。

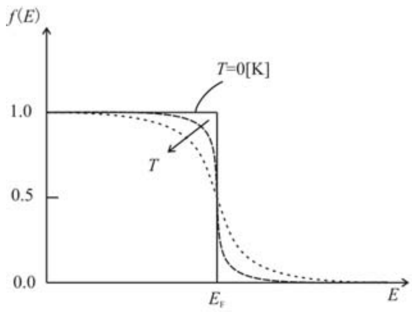

図 1　フェルミ分布関数

・正孔の存在確率

正孔の存在確率は、電子の存在していない確率に相当するので

$$1-f(E)=\frac{1}{e^{(E_F-E)/kT}+1} \qquad \cdots(4.3)$$

となる。特にエネルギーが高い範囲では次のように近似できる。

$$1-f(E)\cong e^{-(E_F-E)/kT} \qquad \cdots(4.4)$$

k を**ボルツマン定数**（**Boltzmann constant**）という。

$$k=1.381\times10^{-23}[\mathrm{J/K}]=8.617[\mathrm{eV/K}]$$

よく計算で使われる室温（300K）での kT の値： $kT\cong0.026[\mathrm{eV}]$