

1-11-5 アクセプタ

半導体中に微量の不純物(Si の場合、III族原子)を混入させると、正孔を価電子帯に供給する。このような不純物を**アクセプタ (acceptor)**と呼ぶ。

Break Time

次世代半導体のアクセプタ準位

室温での熱エネルギーは 26 meV です。現在使われている Si のドーパントのイオン化エネルギー(ドナー準位とアクセプタ準位)は熱エネルギーの 2 倍程度ですので、室温ですべてイオン化しています。

ところが、Si 半導体デバイスでは動作しない 200°C以上の温度で動作でき、電気自動車で使われる可能性のあるワイドバンドギャップ半導体は比誘電率が小さく、正孔の有効質量が大きいため、アクセプタ準位は 100 meV 以上です。そのため、正孔密度を高くすることができず、困っています。

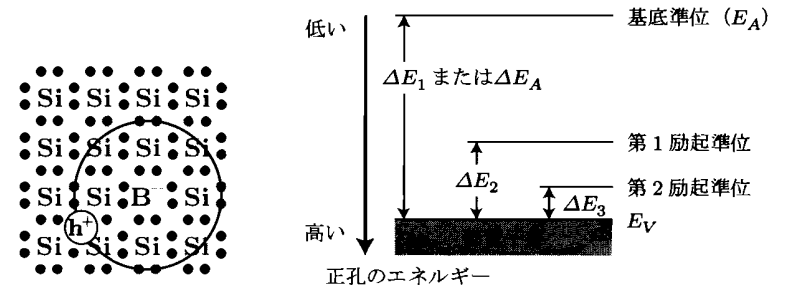
さらに、Si の場合励起状態のエネルギーが小さいため、励起状態は無視され、フェルミ・ディラック分布関数が使われてきました。ところが、ワイドバンドギャップ半導体のアクセプタの励起状態のエネルギーは Si のアクセプタ準位とほぼ等しい値です。このため、励起状態を考慮した分布関数が必要となります。

表 水素原子モデルで計算したアクセプタのエネルギー準位

半導体	Si	4H-SiC	GaN	C(ダイヤモンド)
バンドギャップ E_g [eV]	1.12	3.23	3.39	5.47
比誘電率 ϵ_s	11.9	9.7	8.9	5.7
正孔の有効質量 m_h^*/m_0	0.55	1	0.6	1.21
アクセプタ準位 $\Delta E_A = \Delta E_1$ [meV]	52.8	144.5	103.0	506.5
第1励起状態 ΔE_2 [meV]	13.2	36.1	25.8	126.6
第2励起状態 ΔE_3 [meV]	5.9	16.1	11.4	56.3

1-12 アクセプタのイオン化エネルギー

■ Si 中の B 原子の振る舞い



(a) Si 結晶中の B⁻イオンと正孔 (b) アクセプタのエネルギー準位

図 1-12-1 Si 結晶中の B 原子とアクセプタ準位

■ Si 中のアクセプタ準位 (ΔE_A)

計算で求めたアクセプタ準位: $E_A - E_V = \Delta E_A = \Delta E_1 = 0.053eV$

	ホウ素(B)	ガリウム(Ga)	アルミニウム(Al)
実験で求めたアクセプタ準位:	0.045 eV	0.067 eV	0.072 eV

■ エネルギーバンド図中のアクセプタの表し方

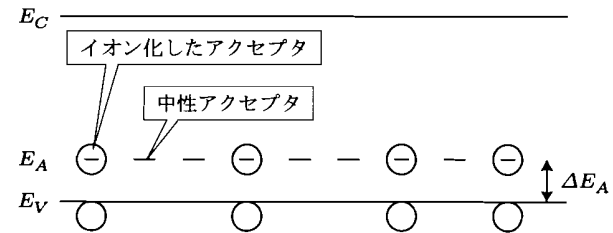


図 1-12-2 イオン化したアクセプタと中性のアクセプタ