

解説:化合物半導体(1)

1. 化合物半導体の種類

図1に化合物半導体の種類を示します。現在のエレクトロニクスはSiを中心とした半導体材料によって構築されていますが、その中核をなすSiが単一の元素からなる単元素半導体であるのに対して、化合物半導体は周期律表中の2種類以上の元素から構成された材料です。Ⅲ-Ⅴ族(GaAs、GaP、InP等)、Ⅱ-Ⅵ族(CdTe、ZnSe、CdS等)、Ⅳ-Ⅳ(SiC、SiGe等)族に分類され、さらに3元、4元の混晶(GaAlAs、CdZnTe、InGaAlP、GaInNAs等)を生成し、ヘテロ構造をつくることが可能で、Siでは実現し得ない機能を有するデバイスを作製することが可能です。

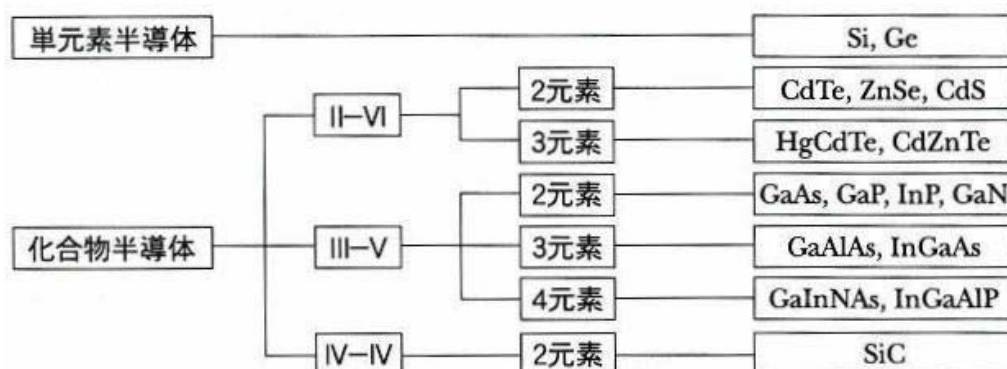


図1 化合物半導体の種類

2. 化合物半導体の物性

主な化合物半導体の物性を表1にまとめています。デバイス物性として重要なバンドギャップ、遷移型、格子定数、熱膨張係数、熱伝導率、移動度、絶縁破壊電界等の値を示しています。ヘテロ構造の作製には格子定数の値が近いことが重要であり、混晶を含めた化合物半導体では、その多様性のおかげでヘテロ構造形成が可能です。

Siのバンドギャップは1.11eVで波長113nmの赤外域に対応しますが、光遷移の確率が低く光デバイスには適しません。一方、化合物半導体の多くは直接遷移型の半導体(GaP、SiCを除く)で光遷移確率が高く、そのバンドギャップは材料によって赤外、可視、紫外までの広範囲な波長域をカバーしています。移動度に関しては、GaAsおよびInPはSiの約5倍大きく、高周波特性に優れています。

NやCといった周期律表第2周期の軽元素を含むGaPやSiCに代表される軽元素半導体は、結晶格子定数が小さくバンドギャップが大きいという特徴をもつワイドギャップ半導体で、SiおよびGaAsで代表される半導体とはその特性が大きくかけ離れています。小さい格子定数は原子間の結合力が強いことをあらわしており、化学的安定性、熱伝導率、絶縁破壊電圧等が高いという特性をもっています。

Si等では適用が困難となる高密度記録・エンジン制御・電力変換・移動体通信等の分野でそのニーズは強く、このような分野では、短波長光デバイス、高周波デバイス、耐環境デバイス、高温動作デバイス等に対して軽元素ワイドギャップ半導体の期待は高い状況です。

表 1 主要化合物半導体の物性

	バンドギャップ (eV)	遷移型	格子定数 (Å)	熱膨張係数 ($10^{-6}/\text{K}$)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{cm}\cdot\text{K}$)	移動度300K ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)	絶縁破壊電界 (MV/cm)
Si	1.11	間接	5.43	2.4	1.3	1500	0.3
GaP	2.26	間接	5.45	5.3~5.81	1.1	200	—
GaAs	1.43	直接	5.65	6.0	0.55	8500	0.4
InP	1.34	直接	5.87	4.5	0.68	5400	—
GaN	3.39	直接	a=3.189 c=5.185	5.59 3.17	1.3~2.0	1200	2.6
SiC	3C	間接	4.36	—	4.9	800	4.0
	4H	間接	a=3.073 c=10.053	4.2 4.68	4.9	850/1000	2.8
	6H	間接	a=3.080 c=15.12	4.2 4.68	4.9	80/400	3.0

3. 化合物半導体の主な用途

図 2に化合物半導体の主な用途をまとめています。用途は電子デバイス用と光デバイス用の 2 つに大きく分けられます。

電子デバイス用としては、携帯電話用 MMIC、HEMT などの高周波デバイスやインバーター、ショットキーバリアダイオード(SBD)などの高効率高出力デバイスがあります。

光デバイス用としては、可視光 LED、赤外 LED、紫外線 LED などの発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)があり、各種表示デバイス、液晶バックライト、白色照明などに使用されています。またレーザーダイオード(LD:Laser Diode)は光通信デバイス、CD、DVD などに使用されます。化合物半導体の用途としては LED、LD に代表される光デバイス用が過半を占めていますが、最近では移動体通信関連での高周波デバイス用や自動車関連の高出力デバイス用としての用途も拡大しています。

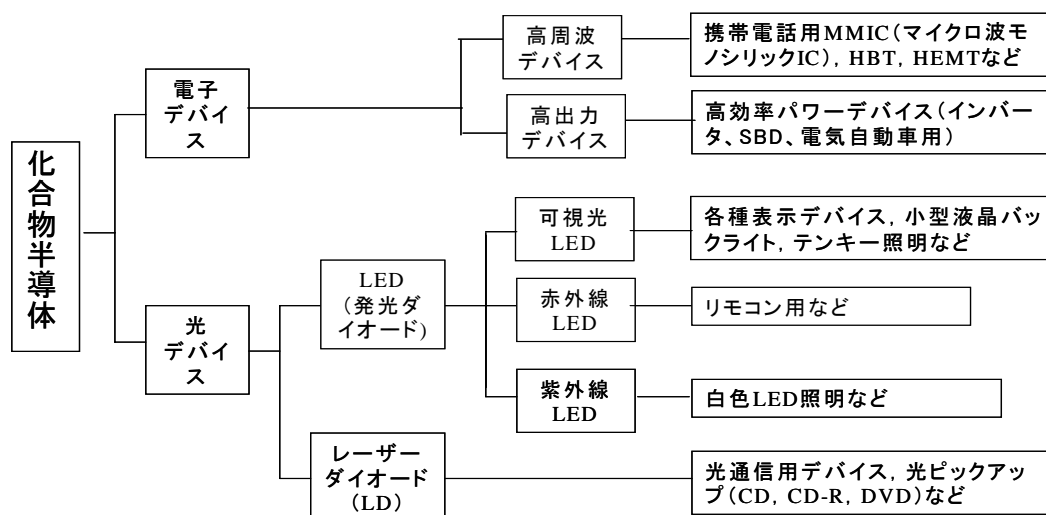


図 2 化合物半導体の主な用途

次回は表示・照明装置として飛躍的に使用量が増えている LED 用の化合物半導体について解説します。ご期待下さい。

(出典:JRCM/平成 18 年度「窒化物系化合物半導体の技術戦略マップ作成に関する調査」)