

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-332365

(P2006-332365A)

(43) 公開日 平成18年12月7日(2006.12.7)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 33/00 (2006.01) HO 1 L 33/00 C 5 FO 4 1
 HO 1 L 33/00 N

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-154382 (P2005-154382)	(71) 出願人	000241463 豊田合成株式会社 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地
(22) 出願日	平成17年5月26日 (2005. 5. 26)	(74) 代理人	100071526 弁理士 平田 忠雄
		(72) 発明者	瀧 哲也 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内
		(72) 発明者	奥野 浩司 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内
		(72) 発明者	山田 修平 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

最終頁に続く

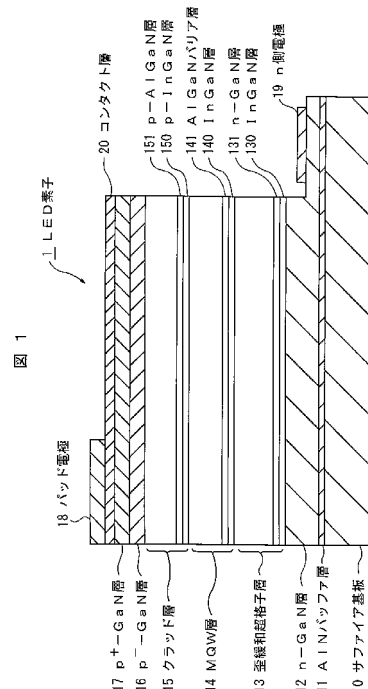
(54) 【発明の名称】 III 族窒化物系化合物半導体発光素子およびそれを用いた発光装置

(57) 【要約】

【課題】 注入電流の増大に対応でき、熱による発光効率の低下を抑えて大光量の光照射を実現できる III 族窒化物系化合物半導体発光素子およびそれを用いた発光装置を提供する。

【解決手段】 MQW層 14 のバリア層を AlGaIn で形成し、その厚さと Al の添加量を最適化することで高注入電流の通電に対するキャリアオーバーフローの発生を抑えることが可能となり、発光効率を向上させることができる。また、発光効率の向上によって熱損失を抑えることができ、LED 素子 1 自身が発する熱によって発光特性の低下が生じにくく、連続通電でも安定した発光特性を示す LED 素子 1 が得られる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、
 第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、
 前記第 1 および前記第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、
 井戸層と A l を 3 ~ 6 % 含むバリア層からなる M Q W 層とを有することを特徴とする I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】

第 1 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、
 第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、
 前記第 1 および前記第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、
 I n G a N からなる井戸層と A l を 3 ~ 6 % 含む A l G a N バリア層からなる M Q W 層とを有することを特徴とする I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子。

10

【請求項 3】

前記 M Q W 層は、I n G a N 層と n - G a N 層とを交互に所定のペア数で積層して構成される歪緩和超格子層と、p - I n G a N 層と p - A l G a N 層とを交互に所定のペア数で積層して構成されるクラッド層との間に設けられる請求項 1 に記載の I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】

第 1 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層と、前記第 1 および前記第 2 の導電型の I I I 族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、I n G a N からなる井戸層と A l を 3 ~ 6 % 含む A l G a N バリア層からなる M Q W 層とを有する I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子と、

20

前記 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子と同等の熱膨張率を有して構成される素子搭載基板と、

前記 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子および前記素子搭載基板を同等の熱膨張率を有して構成されて前記 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子および前記素子搭載基板を封止する無機封止部とを有することを特徴とする発光装置。

【請求項 5】

前記無機封止部は、低融点ガラスからなる請求項 4 に記載の発光装置。

30

【請求項 6】

前記 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子は、前記素子搭載基板にフリップ実装される構成の請求項 4 に記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子およびそれを用いた発光装置に関し、特に、注入電流の増大に対応でき、熱による発光効率の低下を抑えて大光量の光照射を実現できる I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子およびそれを用いた発光装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子は、青系から緑系色にかけての光を放出する L E D (Light-Emitting Diode:発光ダイオード)素子として知られている。また、I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子は、可視光より更に短波長の光(近紫外~紫外)を放出する L E D 素子としても用いられる。

【0003】

近年、L E D の用途拡大に伴い、より大電流型、高出力型の L E D 素子の需要が高まっている。このような要望に応えるものとして、L E D 素子を構成する井戸層およびバリア層を厚くすることによりキャリア漏れの防止、p 側層からの M g の拡散防止、キャリア閉

50

じ込め性の向上によって発光強度の向上を図ったIII族窒化物系化合物半導体発光素子がある（例えば、特許文献1参照。）。

【特許文献1】特開2002-84000号公報〔0013〕

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来のIII族窒化物系化合物半導体発光素子によると、LED素子を駆動する注入電流を大にしたときキャリアオーバーフローが生じて光度の向上に限界がある。また、発光に伴って生じるLED素子自身の熱で発光効率が低下し、大光量の光を安定的に放射させることができないという問題がある。

10

【0005】

従って、本発明の目的は、注入電流の増大に対応でき、熱による発光効率の低下を抑えて大光量の光照射を実現できるIII族窒化物系化合物半導体発光素子およびそれを用いた発光装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記の目的を達成するため、第1の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、前記第1および前記第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、井戸層とAlを3～6%含むバリア層からなるMQW層とを有するIII族窒化物系化合物半導体発光素子を提供する。

20

【0007】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、第1の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、前記第1および前記第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、InGaNからなる井戸層とAlを3～6%含むAlGaNバリア層からなるMQW層とを有するIII族窒化物系化合物半導体発光素子を提供する。

【0008】

上記のIII族窒化物系化合物半導体発光素子において、MQW層は、InGaN層とn-GaN層とを交互に所定のペア数で積層して構成される歪緩和超格子層と、p-InGaN層とp-AlGaN層とを交互に所定のペア数で積層して構成されるクラッド層との間に設けられても良い。

30

【0009】

また、本発明は、上記の目的を達成するため、第1の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層と、前記第1および前記第2の導電型のIII族窒化物系化合物半導体層の間に設けられ、InGaNからなる井戸層とAlを3～6%含むAlGaNバリア層からなるMQW層とを有するIII族窒化物系化合物半導体発光素子と、前記III族窒化物系化合物半導体発光素子と同等の熱膨張率を有して構成される素子搭載基板と、前記III族窒化物系化合物半導体発光素子および前記素子搭載基板を同等の熱膨張率を有して構成されて前記III族窒化物系化合物半導体発光素子および前記素子搭載基板を封止する無機封止部とを有することを特徴とする発光装置を提供する。

40

【0010】

上記の発光装置において、無機封止部は、低融点ガラスからなるものを用いることが好ましい。また、III族窒化物系化合物半導体発光素子は、素子搭載基板にフリップ実装されることが好ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、注入電流の増大に対応でき、熱による発光効率の低下を抑えて大光量の光照射を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0012】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るIII族窒化物系化合物半導体発光素子の層構成を示す断面図である。

【0013】

(LED素子1の構成)

このフェイスアップ型のIII族窒化物系化合物半導体発光素子1(以下、「LED素子1」という。)は、発光波長が460~470nmの青色光を放射する青色LED素子1であり、下地基板となるサファイア基板10上に順次AlNバッファ層11と、n-GaN層12と、歪緩和超格子層13と、MQW層14と、クラッド層15と、p⁻-GaN層16と、p⁺-GaN層17と、コンタクト層20とを積層して構成されており、コンタクト層20上にはAuからなるパッド電極18が形成されている。また、コンタクト層20からn-GaN層12にかけてをエッチングによって除去することにより露出させたn-GaN層12にAlからなるn側電極19が設けられている。なお、同図においては各層の構成を明確にするために実寸と異なるサイズで各部を示している。

10

【0014】

歪緩和超格子層13は、InGaN層130と、n-GaN層131とを交互に10ペア積層させることによって形成されている。

【0015】

MQW層14は、InGaN層140と、AlGaNバリア層141とを交互に6ペア積層させることによって形成されている。

20

【0016】

クラッド層15は、p-InGaN層150と、p-AlGaN層151とを交互に5.5ペア積層させることによって形成されている。

【0017】

コンタクト層20は、GaN系半導体化合物と略同等の熱膨張率($=7 \times 10^{-6} /$)と光透過性を有するITO(Indium Tin Oxide)によって形成されており、パッド電極18から通電される電流を拡散させてp⁺-GaN層17に供給する。なお、LED素子1がフリップ実装される場合には、ITOに代えて光反射性を有するロジウム(Rh)を用いることもできる。

30

【0018】

以下に、本実施の形態のLED素子の製造方法について説明する。

【0019】

まず、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)装置の反応装置内へ水素ガス(H₂)を流通させながらウエハー状のサファイア基板10を1130℃まで昇温して表面(a面)をクリーニングする。その後、その基板温度においてトリメチルアルミニウム(TMA)およびアンモニア(NH₃)を導入して厚さ20~40nmのAlNバッファ層11をMOCVD法で成長させる。次に、基板温度を1130℃に維持した状態でトリメチルガリウム(TMg)、窒素ガス(N₂)、H₂、NH₃、およびシランガス(SiH₄)を導入してn-GaN層12を成長させる。

40

【0020】

次に、n-GaN層12上に歪緩和超格子層13を形成する。歪緩和超格子層13は、まず、反応装置内温度を800℃としてトリメチルインジウム(TMI)、TMg、N₂、H₂、NH₃、およびSiH₄を導入し、厚さ20~50nmのIn_xGa_{1-x}N層(0.06 ≤ x ≤ 0.14)130を形成する。次に、温度を850℃に昇温してTMg、N₂、H₂、NH₃、およびSiH₄を導入し、厚さ30~60nmのn-GaN層131を形成する。この工程を繰り返してInGaN層130およびn-GaN層131を10ペア積層する。

【0021】

次に、歪緩和超格子層13上にMQW層14を形成する。MQW層14は、まず、反応

50

装置内温度を770℃としてTMG、TMI、N₂、H₂、およびNH₃を導入し、厚さ20～40nmのInGa_{0.95}N層140を形成する。次に、温度を880℃としてTMA、TMG、N₂、H₂、およびNH₃を導入し、厚さ20～80nmのAl_{0.5}Ga_{0.95}Nバリア層141を形成する。この工程を繰り返してInGa_{0.95}N層140およびAlGa_{0.95}Nバリア層141を6ペア積層する。

【0022】

次に、MQW層14上に超格子状のクラッド層15を形成する。クラッド層15は、まず、TMI、TMG、N₂、H₂、NH₃、およびシクロペンタジニエルマグネシウム(Cp₂Mg)を導入し、厚さ20～80nmのp-In_xGa_{1-x}N層(0.05<x<0.12)150を形成する。次に、TMA、TMG、N₂、H₂、NH₃、およびCp₂Mgを導入し、厚さ20～40nmのp-Al_xGa_{1-x}N層(0.25<x<0.40)151を形成する。この工程を繰り返してp-InGa_{0.95}N層150およびp-AlGa_{0.95}N層151を5.5ペア積層する。

10

【0023】

次に、クラッド層15上にp⁻-Ga_{0.95}N層16を形成する。p⁻-Ga_{0.95}N層16は、反応装置内温度を1000℃としてTMG、N₂、H₂、NH₃、およびCp₂Mgを導入し、厚さ800nmのp⁻-Ga_{0.95}N層16を形成する。

【0024】

次に、p⁻-Ga_{0.95}N層16上にp⁺-Ga_{0.95}N層17を形成する。p⁺-Ga_{0.95}N層17は、反応装置内温度を1000℃としてTMG、N₂、H₂、NH₃、およびCp₂Mgを導入し、厚さ300nmのp⁺-Ga_{0.95}N層17を形成する。

20

【0025】

このようにして形成されたGa_{0.95}N系半導体層の表面にITOからなるコンタクト層20を形成し、コンタクト層20からn-Ga_{0.95}N層12にかけてをウエットエッチングによって除去することによりn-Ga_{0.95}N層12を露出させる。次に、露出したn-Ga_{0.95}N層12上にAlからなるn側電極19を形成する。次に、コンタクト層20の表面にAuからなるパッド電極18を形成する。次に、ダイシングソーで所定のサイズのLED素子1にカットする。なお、ウエハーのカットはダイシングソーによるものに限定されず、スクライプ等の他の切断方法で行っても良い。

【0026】

図2は、図1に示すAlGa_{0.95}Nバリア層を有するLED素子1の通電特性を示し、(a)はAlGa_{0.95}Nバリア層の厚さを変化させたときの電流値の変化を示す特性図、(b)は、電流の変化に対する光度の変化を示す特性図である。

30

【0027】

このLED素子1では、図2(a)に示すように、AlGa_{0.95}Nバリア層141の厚さを50nmとしたときのI_vが145μWと優れた特性を示し、電流を増加させた場合についても図2(b)に示すGa_{0.95}Nバリアで見られる光度飽和を生じることなく大光量が得られることを確認している。

【0028】

(第1の実施の形態の効果)

上記した第1の実施の形態によると、MQW層14のバリア層をAlGa_{0.95}Nで形成し、その厚さとAlの添加量を最適化することで高注入電流の通電に対するキャリアオーバーフローの発生を抑えることが可能となり、発光効率を向上させることができる。また、発光効率の向上によって熱損失を抑えることができ、LED素子1自身が発する熱によって発光特性の低下が生じにくく、連続通電でも安定した発光特性を示すLED素子1が得られる。

40

【0029】

第1の実施の形態では、バリア層をAl5%添加のAlGa_{0.95}Nとしたが、膜厚を50nmとしたときのAlの添加量を変化させて電流特性を調べたところ、図3に示すようにAlの添加量が3～6%の範囲でI_vが130μW以上の良好な特性を有しており、特に5%

50

の添加量とすることでI_vが145 μWと最も良好な特性を示すことがわかる。

【0030】

(第2の実施の形態)

図4は、第2の実施の形態に係る発光装置を示す断面図である。

【0031】

この発光装置21は、第1の実施の形態で説明したLED素子1を光源とするものであり、LED素子1を搭載するAl₂O₃基板22と、LED素子1およびAl₂O₃基板22を封止する低融点ガラスからなるガラス封止部26とを有する。

【0032】

LED素子1は、図1に示すLED素子1を、LED素子1と同等の熱膨張率(α = 7 × 10⁻⁶ / °C)を有するAl₂O₃基板22にフリップ実装しており、LED素子1のパッド電極18およびn側電極19はAuスタッドパンプ27を介してAl₂O₃基板22に銅箔によって形成される回路パターン23に電氣的に接続される。この回路パターン23は、Al₂O₃基板22に形成されたビアホール220に設けられるビアパターン25を介して素子搭載面と反対側の底面に設けられる回路パターン24と接続されている。

【0033】

ガラス封止部26は、LED素子1およびAl₂O₃基板22と同等の熱膨張率を有し、350 °Cでホットプレス加工の可能な低融点ガラス(屈折率n = 1.8)によって形成されており、光取出し面となる側面260および上面261を有している。なお、ガラス封止部26の表面にYAG(Yttrium Aluminum Garnet)等の黄色蛍光体層を薄く設けることにより、青色と黄色の混合に基づいて白色光を生じる白色発光装置21とすることができる。

【0034】

(発光装置21の動作)

発光装置21の回路パターン24を図示しない外部の電源部に接続して電圧を印加することにより、LED素子1のMQW層で発光する。発光に基づいて生じる青色光は、主としてLED素子1のサファイア基板10側からガラス封止部26に入射する。ガラス封止部26の屈折率はサファイア基板10の屈折率(n = 1.7)より大であるので、青色光はサファイア基板10との界面反射を生じることなくガラス封止部26に入射し、側面260および上面261から外部放射される。

【0035】

(第2の実施の形態の効果)

上記した第2の実施の形態によると、第1の実施の形態で説明したLED素子1の好ましい効果に基づく大光量の発光装置21が得られる。また、LED素子1をガラス封止することによってエポキシ、シリコン等の樹脂材料封止に比べてLED素子1の封止性が良好で信頼性に優れるので、LED素子1から放射される青色光に対して無機材料からなるガラス封止部26の劣化が生ぜず、長期にわたって光学特性の安定した発光装置21とできる。なお、シリコンについては耐熱性においてエポキシ樹脂より優れることから、発熱量の大なるLED素子1を封止する場合に用いることでエポキシ樹脂に比べて封止性と耐熱性を向上させることができる。

【0036】

また、LED素子1から放射される青色光に対して無機材料からなるガラス封止部26の劣化が生じないので、長期にわたって発光特性の安定した大光量の発光装置21が得られる。また、LED素子1を含めた発光装置21全体の耐熱性が良好である。さらにガラスは樹脂材料に対し熱膨張率が小であるので、封止材料の熱膨張収縮による要因等での断線は理論上生じないものとできる。このため、通電電流を大にした際に生じる発熱にも耐えうる構成とできることから、長時間の連続点灯でも発光効率の低下が生じず、大電流通電としても断線しない安定した大光量の放射性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

10

20

30

40

50

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るIII族窒化物系化合物半導体発光素子の層構成を示す断面図である。

【図2】図1に示すAlGaInバリア層を有するLED素子の通電特性を示し、(a)はAlGaInバリア層の厚さを変化させたときの電流値の変化を示す特性図、(b)は、電流の変化に対する光度の変化を示す特性図である。

【図3】膜厚一定(50)でAlの添加量を変化させたときの電流特性図である。

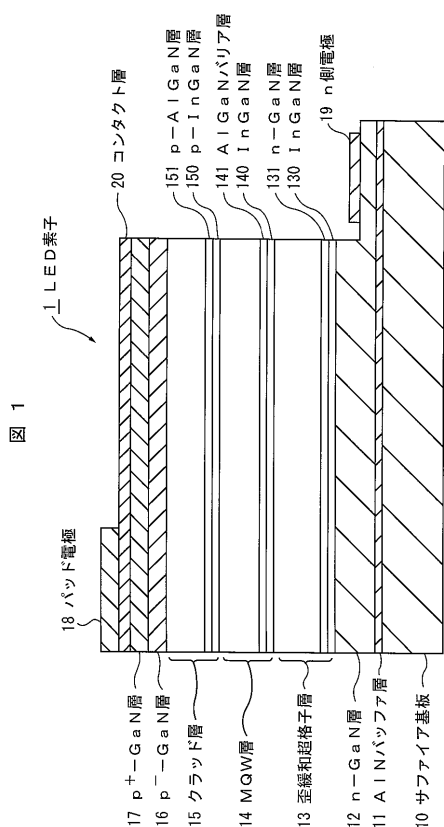
【図4】第2の実施の形態にかかる発光装置を示す断面図である。

【符号の説明】

【0038】

1...LED素子、10...サファイア基板、11...AlNバッファ層、12...n-GaN層、13...歪緩和超格子層、14...MQW層、15...クラッド層、16...p⁻-GaN層、17層...p⁺-GaN層、18...パッド電極、19...n側電極、20...コンタクト層、21...発光装置、22...Al₂O₃基板、23...回路パターン、24...回路パターン、25...ビアパターン、26...ガラス封止部、27...スタッドポンプ、130...InGaIn層、131...n-GaN層、140...InGaIn層、140...InGaIn層、141...AlGaInバリア層、150...p-InGaIn層、151p-AIGaN層、220...ピアホール、260...側面、261...上面、

【図1】



【図2】

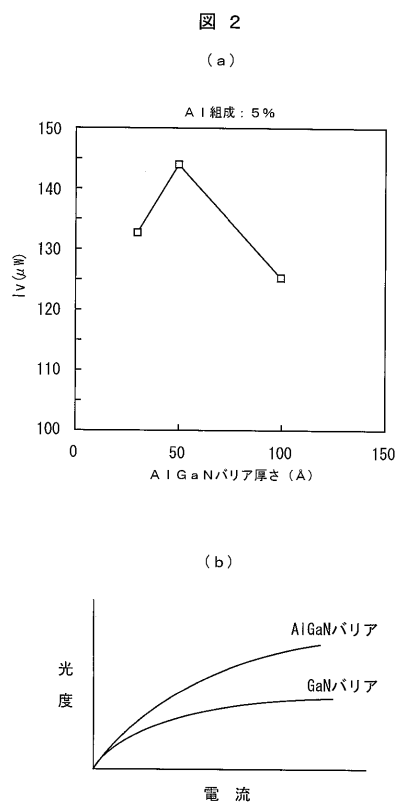


図 1

図 2

(a)

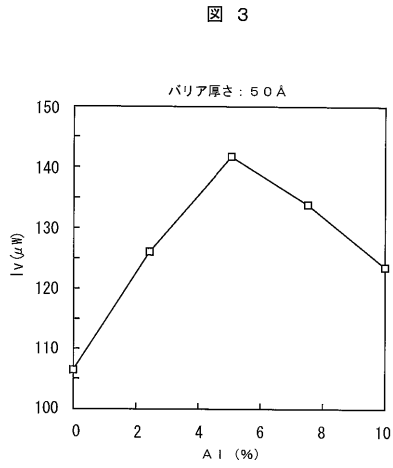
Al組成: 5%

(b)

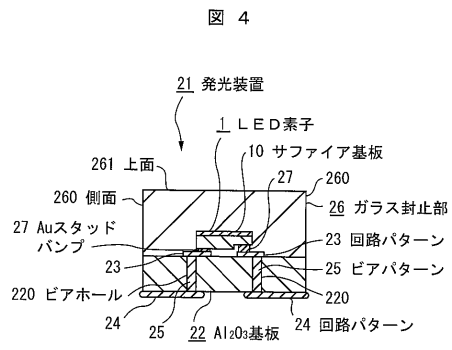
光度

電流

【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 西島 和樹
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 生川 満久
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 青木 真登
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 末広 好伸
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA05 CA40 CA57 CA65 DA09 DA12 DA19 DA72 FF11