

(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2006-114933

(P2006-114933A)

(43) 公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 C	4 K O 5 7
C 2 3 F 4/00 (2006.01)	C 2 3 F 4/00 A	5 F O O 4

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-2672 (P2006-2672)	(71) 出願人	000231464 株式会社アルバック
(22) 出願日	平成18年1月10日 (2006.1.10)		神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(62) 分割の表示	特願平9-145483の分割	(74) 代理人	100064388 弁理士 浜野 孝雄
原出願日	平成9年6月3日 (1997.6.3)	(74) 代理人	100067965 弁理士 森田 哲二
		(74) 代理人	100088236 弁理士 平井 輝一
		(72) 発明者	陳 巍 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 株式 会社アルバック内
		(72) 発明者	伊藤 正博 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 株式 会社アルバック内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反応性イオンエッチング装置

(57) 【要約】

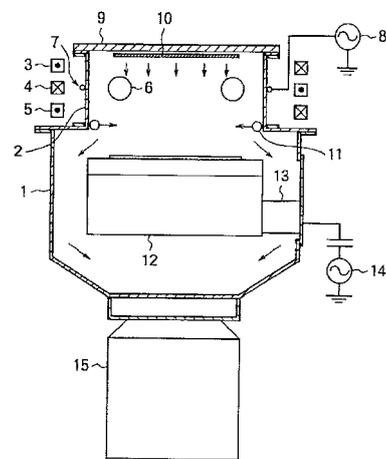
【課題】

本発明の課題は、0.3 μ m幅以下の微細加工においてエッチストップを発生させることなくエッチングできる磁気中性線放電を利用した反応性イオンエッチング装置を提供することにある。

【解決手段】

本発明による反応性ドライエッチング装置においては、NLDエッチング装置を用いて、真空チャンパー上部からエッチング補助ガスを導入し、磁気中性線の近傍で基板側にエッチング主ガスを導入し、低圧下における有効排気速度を大きくするため、基板電極下部から排気するように構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空チャンバー内に連続して存在する磁場ゼロの位置である環状磁気中性線を形成するための磁揚発生手段を設けると共に、この磁気中性線に沿って交番電場を加えてこの磁気中性線に放電プラズマを発生するための 1 重を含む多重の高周波コイルを設けてなるプラズマ発生手段を有し、ハロゲン系のガスを主体とする気体を真空中に導入し、低圧でプラズマを形成するとともに導入気体を分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを利用し、プラズマに接する基板電極に交番電場或いは高周波電場を印加して電極上に載置された基板をエッチングする反応性イオンエッチング装置において、基板電極に対向する電極に設けられ、この電極からエッチング補助ガスを導入するエッチング補助ガス導入手段と、磁気中性線の近傍に設けられ、基板電極側にエッチング主ガスを円周方向から導入するエッチング主ガス導入手段とを有し、排気速度が 3000 リットル / 秒のターボ分子ポンプを用いたときの有効排気速度が Ar 概算値で 1500 リットル / 秒以上となるように、前記基板電極を、その側部及び底部と前記真空チャンバー壁との間にガスを通す隙間をあけて支持部材により支持し、前記真空チャンバーの底部に真空排気系が連結され、基板電極下方からガスを排出するように構成したことを特徴とする反応性イオンエッチング装置。

10

【請求項 2】

エッチング補助ガス導入手段が対向電極に設けられたシャワープレートから成っている請求項 1 に記載の反応性イオンエッチング装置。

【請求項 3】

エッチング主ガス導入手段が、基板電極の周囲延長面の上方に配置され半径方向内方へ向かってエッチング主ガスを供給するようにされたリングから成っている請求項 1 に記載の反応性イオンエッチング装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプラズマを利用して、半導体上或いは電子部品、その他の基板上の物質をエッチングする反応性イオンエッチング装置に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

従来技術においてエッチング装置として種々の形式のものが知られており、最も大きく利用されてきたエッチング装置としては、添付図面の図 3 で示されるような平行平板型のものがある。真空チャンバー A 内に陽極 B と陰極すなわち基板電極 C とを対向させて配置し、陽極 B から反応ガスが導入され、基板電極 C にはマッチング回路 D を介して高周波電源 E が接続されている。

【0003】

図 4 には平行平板型のエッチング装置の別の例を示し、この場合には電極 B にもマッチング回路 F を介して高周波電源 G が接続され、上下の電極に周波数の異なった高周波電力が印加される。

40

【0004】

図 5 には、ECR エッチング装置の従来例を示し、真空チャンバー A の上部から誘電体窓 B を通して μ 波を導入し、875 ガウスの磁場のところで電子サイクロトロン共鳴により高密度プラズマを形成する。

【0005】

図 6 に示すものは誘導結合放電エッチング装置であり、真空チャンバー A 内に放電プラズマを発生するための 1 重のコイルからなるアンテナ B を真空チャンバー A の誘電体側壁 A 1 の外側に設け、この高周波アンテナ B にプラズマ発生用高周波電源 C から高周波電力を印加し、ハロゲン系のガスを主体とするエッチングガスが流量制御器を通して上部天板 A 2 付近の周囲より導入され、気体を真空チャンバー A 内に導入し、低圧でプラズマを形

50

成するとともに導入気体を分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを積極的に利用し、プラズマに接する基板電極 D に高周波電源 E から高周波電場を印加して基板電極 D 上に載置された基板をエッチングするように構成されている。

【0006】

図7には図6に示すもの変形例であり、真空チャンバー A の上部壁を平板の誘電体 F 上に渦巻き状のアンテナ G を載置し、誘導結合プラズマを形成するように構成されている。図6の方式を I C P (Inductively Coupled Plasma) と呼び、図6の方式を T C P (Transfer Coupled Plasma) と呼んで区別している。

【0007】

図8は、本願発明者らが、先に特開平7-263192号において提案した磁気中性線放電エッチング装置を示す。この先に提案した装置は、真空チャンバー A の上部の誘電体円筒壁 A 1 の外側に載置された3つの磁場コイル B、C、D によって真空チャンバー A 内部に磁気中性線 E が形成され、この磁気中性線 E に沿って、中間の磁場コイル C の内側に配置された1重のアンテナ F にアンテナ用高周波電源 G から高周波電場を印加することによりリング状のプラズマが形成されるように構成されている。また、エッチングガスは流量制御器を通して上部天板 A 2 付近の周囲より導入され、コングクタンズバルブの開口率によって圧力が制御される。真空チャンバー A の下部の基板電極 H にはバイアス用高周波電源 I から高周波電力が印加される。

10

【0008】

これらは放電方式は異なってもガスは上部フランジ或いはその周辺から導入されている。この理由は、導入されたガスが基板まで拡散する間にプラズマ空間内で十分に分解される必要があると考えられたからである。

20

【0009】

代表例として、図6で示されている I C P エッチングについて説明する。

エッチングガスは上部フランジ付近から導入され、誘電体円筒隔壁 A 1 の外側に設置されたアンテナ B に高周波電力が印加されてプラズマが形成されて導入ガスが分解される。この時、プラズマ及び導入ガスの分布は基板上で均一であることが要求されるので、一般には、上部フランジに多数の穴のあいたシャワープレートが設けられ、それを通してガスが真空チャンバー内に導入される。ガスの流れが均一で、プラズマ密度及び電位が均一であれば、プラズマ中で発生したエッチャント(ラジカル及びイオン)の密度分布は均一となり、基板は均一にエッチングされる。ところで、I C P エッチングにおけるプラズマ密度及び電位の均一性はチャンバー構造と圧力に大きく影響を受ける。チャンバー構造が決まってしまうと均一性の得られる圧力条件がほぼ一義的に決まり、条件の選択範囲が極めて狭い。

30

【0010】

一方、図8の磁気中性線放電(N L D)エッチング装置では、磁気中性線の位置を自由に変えられ、しかも I C P が発生しない程の低圧ガス領域でプラズマ密度及び電位を制御することができるので、エッチング均一性の良い条件を容易に設定することができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0011】

デバイスが高密度化してきて加工幅が微細になり、従来と同じガス導入及び排気の方法では対処できなくなってきた。エッチングでは反応性の高いラジカル及びイオンを基板に照射して基板物質との反応により基板物質をガス化して蝕刻するが、単に削ればよいわけではなく、形状制御も必要である。このためにはエッチャントの他に微細孔内の壁面に付着してイオンの当たらない側壁を保護する働きをする物質もプラズマ中で生成されなければならない。0.3 μm 幅以下の微細加工ではこのエッチャントと保護物質との相対濃度が重要になる。保護物質がエッチャントに対して多くなり過ぎると0.3 μm 幅以下の微細孔は、保護物質により埋まってしまい、いわゆるエッチストップが起こって、削れないことになる。保護物質が、逆に、少なすぎるとエッチャントによって側壁が削られて、Bo

50

wingが発生し、望ましい形状が得られない。

【0012】

図3及び図4に示されているエッチング装置では圧力が高いため分子同士の衝突により付着物質が多く発生し、 $0.3\ \mu\text{m}$ 幅以下の微細加工はできない。

【0013】

図5～図8に示されている方式でも、導入ガスが大きなプラズマ空間を通る間に分解が進んで付着性物質が多く発生するため、 $0.3\ \mu\text{m}$ 幅以下の微細加工は困難である。プラズマ密度が高い上に低圧下における有効排気速度が低いため、ガスの滞在時間が長く、基板付近まで到達する間に過分解が起こるからである。

【0014】

そこで、本発明は、上記の問題を解決して、 $0.3\ \mu\text{m}$ 幅以下の微細加工においてエッチストップを発生させることなくエッチングできる反応性イオンエッチング装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記の目的を達成するために、本発明による反応性イオンエッチング装置においては、NLDエッチング装置を用いて、真空チャンバー上部からエッチング補助ガスを導入し、磁気中性線の近傍で基板側にエッチング主ガスを導入し、低圧下における有効排気速度を大きくするため、基板電極下部から排気するように構成される。

【0016】

すなわち、本発明によれば、真空チャンバー内に連続して存在する磁場ゼロの位置である環状磁気中性線を形成するための磁場発生手段を設けると共に、この磁気中性線に沿って交番電場を加えてこの磁気中性線に放電プラズマを発生するための1重を含む多重の高周波コイルを設けてなるプラズマ発生手段を有し、ハロゲン系のガスを主体とする気体を真空中に導入し、低圧でプラズマを形成するとともに導入気体を分解し、発生した原子、分子、ラジカル、イオンを利用し、プラズマに接する基板電極に交番電場或いは高周波電場を印加して電極上に載置された基板をエッチングする反応性イオンエッチング装置において、基板電極に対向する電極に設けられ、この電極からエッチング補助ガスを導入するエッチング補助ガス導入手段と、磁気中性線の近傍に設けられ、基板電極側にエッチング主ガスを円周方向から導入するエッチング主ガス導入手段とを有し、排気速度が3000リットル/秒のターボ分子ポンプを用いたときの有効排気速度がAr概算値で1500リットル/秒以上となるように、前記基板電極を、その側部及び底部と前記真空チャンバー壁との間にガスを通す隙間をあけて支持部材により支持し、前記真空チャンバーの底部に真空排気系が連結され、基板電極下方からガスを排出するように構成したことを特徴としている。

【0017】

エッチング補助ガス導入手段は好ましくは、対向電極に設けられたシャワープレートから成り得る。

【0018】

エッチング主ガス導入手段は好ましくは、基板電極の上方でしかも基板電極の周囲延長面上に配置され半径方向内方へ向かってエッチング主ガスを供給するようにされたリングから成り得る。

【0019】

さらに、基板電極の側部及び底部と真空チャンバー壁との間にガスを通す隙間が設けられ、真空チャンバーの底部に真空排気系が連結される。

【0020】

例えば、酸化膜エッチングの場合、エッチング補助ガスとして用いられる物質には、アルゴン、水素、一酸化炭素などがあり、エッチング主ガスとしては CF_4 、 C_3F_8 、 C_4F_8 などがある。エッチング主ガスはプラズマ密度が高くなったり、プラズマ中の滞在時間が長くなると分解が進み、付着性の物質であるCF及び CF_2 ラジカルを多く生成す

10

20

30

40

50

るようになる。

【0021】

プラズマ密度が必要以上に高くない領域でプラズマを形成できる磁気中性線放電装置を用いて、基板近くにプロセス主ガスを導入するようにしたので、基板に到達するエッチャント物質と付着性物質の比を変えることができるようになる。さらに、基板下方から排気するようにしたので有効排気速度が1.5～2倍向上し、動作流量範囲を広げることが可能となる。流量が大きくなることはガスの滞在時間が短くなることを意味し、動作流量範囲が広がったことにより、ガスの滞在時間を広い範囲で可変することができ、エッチャント物質と付着物質の制御が容易になる。

【発明の効果】

10

【0022】

以上のように、本発明による反応性イオンエッチング装置においては、真空チャンバール上部からエッチング補助ガスを導入し、磁気中性線の近傍で基板側にエッチング主ガスを導入し、低圧下における有効排気速度を大きくするため、基板電極下部から排気するように構成しているので、基板へ入射するエッチャントと付着性物質の量を制御でき、その結果0.3 μ m幅以下の微細加工に対応できるドライエッチングが可能となる。従って、本発明は半導体や電子部品加工に用いられている反応性イオンエッチングプロセスに大きく貢献するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

20

以下、添付図面の図1を参照して本発明の実施形態について説明する。

図1には本発明の反応性イオンエッチング装置の一実施形態を示す。図示エッチング装置において、1は真空チャンバーで、その上部には円筒形の誘電体側壁2を備え、誘電体側壁2の外側には、真空チャンバー1内に磁気中性線を形成するための磁場発生手段を構成している三つの磁場コイル3、4、5が設けられ、真空チャンバー1の上部内に磁気中性線6を形成する。

【0024】

中間の磁場コイル4と誘電体側壁2の外側との間には1重を含む多重のプラズマ発生用の高周波コイル7が配置され、この高周波コイル7は高周波電源8に接続され、三つの磁場コイル3、4、5によって真空チャンバー1の上部に形成された磁気中性線6に沿って 30

【0025】

真空チャンバー1の上部の天板9は誘電体側壁2の上部フランジに密封固着され、またこの天板9にはエッチング補助ガスを導入するシャワープレート10が設けられ、このシャワープレート10は図示してないエッチング補助ガス源に接続されている。

【0026】

真空チャンバー1内の磁気中性線6の近傍にはエッチング主ガス導入用のリング11が配置され、このリング11は図示してないエッチング主ガス源からエッチング主ガスを真空チャンバー1の中央に向かって供給するため円周上に、チャンバー中心に向かう複数の小孔かまたは全周にわたる狭いオリフィスが形成されている。また、このエッチング主ガス導入用のリング11は図示したように、基板電極12の上方でしかも基板電極12のほぼ周囲延長面上に位置決めされている。 40

【0027】

基板電極12は、その側部及び底部と真空チャンバール壁との間にガスを通す隙間をあけて支持部材13により支持されており、すなわち基板電極12の下方において真空チャンバール1の下部は、大きな有効排気速度を得るため、基板電極12の外径と真空チャンバール1の下部の内径との差が半径方向で40mm以上になっている。また基板電極12はRFバイアスを印加する高周波電源14に接続されている。

【0028】

さらに基板電極12の下方において真空チャンバール1の底部にはターボ分子ポンプから 50

なる排気系 15 が接続されている。排気速度が3000リットル/秒のターボ分子ポンプを用いたときの基板電極部における有効排気速度は、ガスがアルゴンの時1550リットル/秒、ガスが C_4F_8 の時970リットル/秒である。従来の排気速度は、ガスがアルゴンの時890リットル/秒、ガスが C_4F_8 の時480リットル/秒であるから、約 1.7 ~ 2 倍有効排気速度が向上している。

ここで、有効排気速度は

$$S_{eff} = 1 / ((1 / S) + (1 / C)) = SC / (S + C)$$

となり、その時のコンダクタンスは次式で表される。

$$C = k / M$$

ここで k : 比例定数

M : 質量数

これにより質量が大きいと、コンダクタンスは小さくなり有効排気速度は小さくなる。つまり質量数が変わると有効排気速度は変わるのである。

【0029】

図 2 は有効排気速度の質量依存性を示す図である。Ar は質量数 40 であるから、有効排気速度は1500リットル/秒である。 C_4F_8 は質量数 200 であるから、有効排気速度は約920リットル/秒である。なおガスを Ar の質量数で代表させたものが Ar 換算値である。

【0030】

この様に構成した図示装置の動作について説明する。

図 1 の装置を用い、プラズマ発生用高周波電源 8 の電力を1.5KW、基板バイアス高周波電源 14 の電力を500W、圧力を 5 mTorr、エッチング補助ガスとしてアルゴンを135sccm、エッチング主ガスとして C_4F_8 を 23 sccm としたとき、シリコン酸化膜のエッチング速度は732nm/min であり、シリコンのエッチング速度は52nm/min であった。この時の選択比は 1.4 であった。

【0031】

一方、比較のため図 8 で示される従来の排気方式を用いて、エッチング補助ガスとしてアルゴンを90sccm、エッチング主ガスとして C_4F_8 を15sccm 導入して同じ圧力条件下でエッチングしたとき、シリコン酸化膜のエッチング速度は610nm/min であり、シリコンのエッチング速度は51nm/min であった。この時の選択比は 1.2 である。従って、有効排気速度を向上させガス流量を 1.5 倍にしたことにより、エッチ速度、選択比とも 1.2 倍に向上した。

【0032】

さらに、微細パターンでパターン形状の制御性を確認したところ、0.3 μm 径のパターンがほぼ垂直にエッチングできることが判り、形状制御が容易になった。排気速度が向上した分、導入するガスの流量を大きくでき、プラズマ中の滞在時間が短くなったため過分解が抑制できたためと思われる。

【0033】

ところで図示実施形態では NLD エッチング装置に適用した例について説明してきたが、同様な効果は NLD プラズマ CVD 装置に適用しても期待できることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図 1】本発明の一実施例を示す概略線図。

【図 2】図 1 の装置を使用して実測した有効排気速度の質量依存性を示すグラフ。

【図 3】従来の平行平板型エッチング装置の一例を示す概略線図。

【図 4】従来の 3 極エッチング装置を示す概略線図。

【図 5】従来の ECR エッチング装置を示す概略線図。

【図 6】従来の誘導結合型エッチング装置を示す概略線図。

【図 7】従来のトランスファ結合型エッチング装置を示す概略線図。

【図 8】従来の磁気中性線放電型エッチング装置を示す概略線図。

10

20

30

40

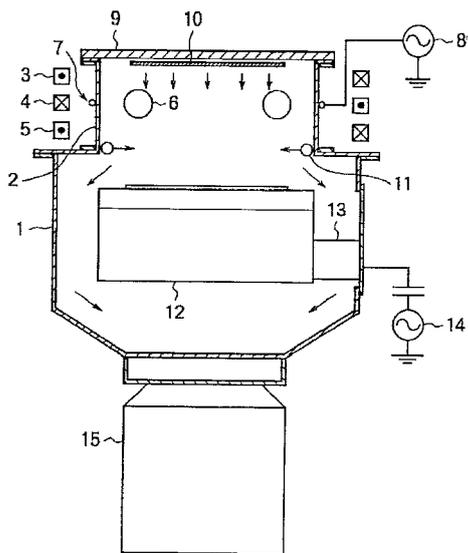
50

【符号の説明】

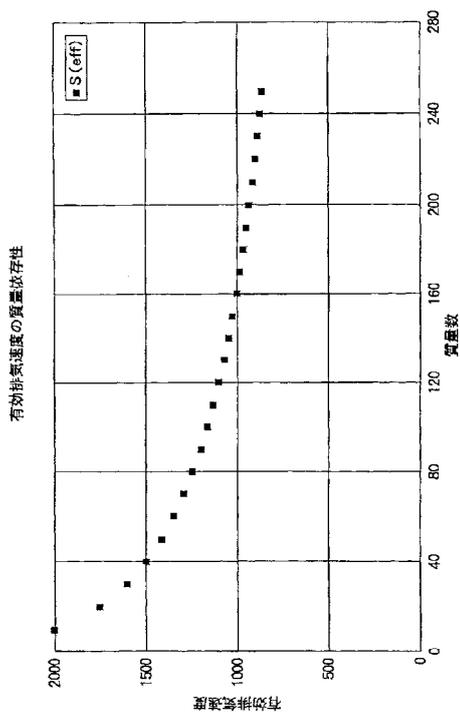
【0035】

- 1：真空チャンバー
- 2：円筒形の誘電体側壁
- 3：磁場コイル
- 4：磁場コイル
- 5：磁場コイル
- 6：磁気中性線
- 7：高周波コイル
- 8：プラズマ発生用高周波電源
- 9：天板
- 10：シャワープレート
- 11：リング
- 12：基板電極
- 13：支持部材
- 14：高周波電源
- 15：排気系

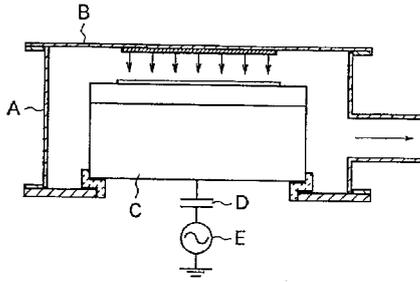
【図1】



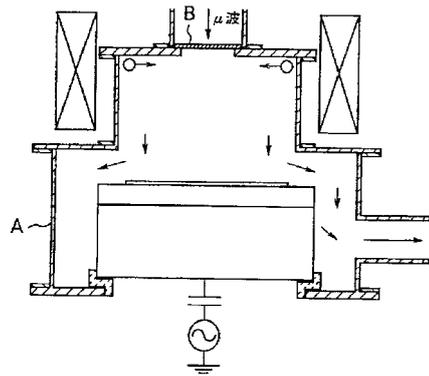
【図2】



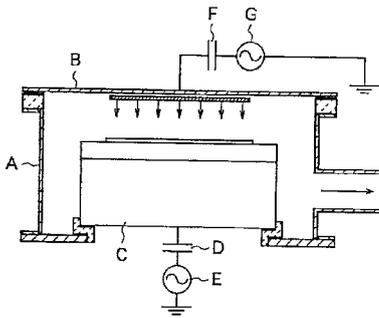
【図3】



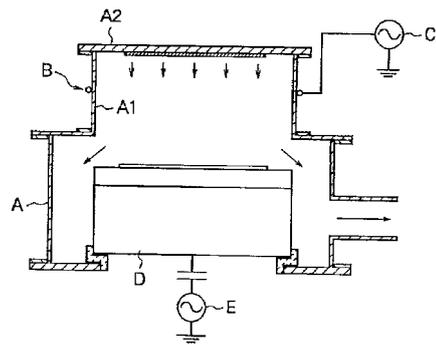
【図5】



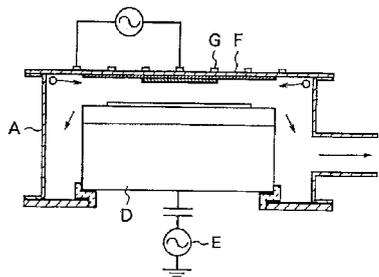
【図4】



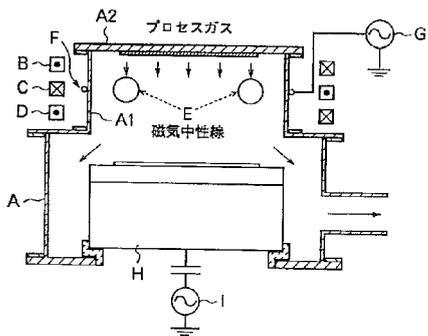
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 林 俊雄

神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 株式会社アルバック内

Fターム(参考) 4K057 DA11 DB06 DD03 DE06 DE08 DE14 DM28 DM37 DM38 DN01
5F004 AA02 AA05 BA16 BA20 BB07 BB28 BC02 CA02 CA03 CA06
CA08 DA00 DA23 DB01 DB03 EB01