

今月の主なNEWS

- ▶ LSIの電極、配線の現状と将来 日立製作所 加藤登季男 P 2
- ▶ 理事長交代 P 4
- ▶ 第24回東北地域産業立地懇談会におけるプレゼンテーション P 4

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用

TODAY



環境と新材料・新プロセス技術の開発

日本工学アカデミー理事
愛知工業大学教授
名古屋大学名誉教授

井村 徹

新材料や新プロセス技術の開発を行っていくうえで、未踏の分野が多く残されている極限環境の積極的な利用が面白いのではないかと考え、調査研究を提案した。昭和63年度にそれが採択され、部会が作られ、平成元年度報告を終えた後も、有望と思われた3つの環境下での私達の思惑をためするための小実験が行われ、今日に及んでいる。

環境に関しては、このような積極的利用の反面に、環境破壊とか公害といったような、人間がもたらした今日的な大きな問題がある。それというのも、元はといえば、豊かな人間生活に寄与するはずの科学・技術や産業の発展が生み出した思わぬ(?)“落とし子”である。確かに、それらの発展のおかげで、人間生活の豊かさも増すには増してきたが、その豊かさたるや、生活における物の豊かさや便利さの向上といった面での実感からくるもので、そのようなものに心を奪われてきた“つけ”が、自然環境保全に関するグローバルな問題として、今になって大きく私どもにのしかかってきているのである。

発展途上にあるときは、人は俗にいう馬車馬のように前進に急で、周りを見たり、振り返ったり

する余裕がなく、バランスとか、環境との調和や“後追い”などは、とくなくおぼりにされてしまうものようである。新材料や新プロセス技術の開発においても、これは心すべき問題である。人工の材料や新しい技術の開発に際しては、生みっぱなしにしないで、自然界の輪廻のように、望むらくは後始末の方法まで開発しておくだけの余裕がほしい。そこまで来て初めて先進国の先進技術とってよいのではないか? これまでにも、天然にない人工の材料で、生活に大きく役立てられたものが、意外に厄介な問題を起こしてきている。

薬品は、生命に直接影響する関係があるために、新薬が生まれても、副作用などを調べるテストを十分に行ってから日の目を見る習慣が定着している。新材料や新プロセス技術も、そうあってほしいものである。このようなアフターケアを率先して考え実行することによって、先進国中の先進国となっていきたいものである。これは材料の世界に限ったことではない。薬事審議会に対応するようなアメニティ技術に関する研究会ないし審議会でも作って、範を世界に示していきたいものである。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS/第55号(Vol.6 No.2)

本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます

発行 1991年5月1日
 編集人 財団法人 金属系材料研究開発センター広報委員会
 発行人 鍵本 潔
 発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒105 東京都港区西新橋1-7-2 虎ノ門高木ビル2F
 TEL (03)3592-1282(代) / FAX (03)3592-1285

LSIの電極、配線の現状と将来

日立製作所半導体設計開発センタ プロセス技術開発部 加藤登季男

1. 緒言

1940年代にGeトランジスタが発明され、1950年代にSiトランジスタが登場すると、従来の真空管にかわって半導体デバイスが急速に広まっていった。1960年代にはIC(集積回路)が発明され、現在のLSI時代の幕開けとなった。その後、高集積化の進歩はとどまることなく、メモリデバイスでは4倍/3年のペースで進展してきた。この高集積化はまだ当分の間停滞することなく進展するものと予測されている。この高集積化を支えてきた技術は、微細加工技術と薄膜技術を核とした総合技術であった(図1)。

微細加工技術は、光を用いたパターンニングとドライエッチングがその主役であり、現在光の波長と同程度の加工レベルが達成されている。今後10年くらいは光露光がやはり主流と考えられるが、波長は短波長化されよう(g線→i線→エキシマレーザ)。

薄膜技術は、酸化、CVD、PVDが今

後も主役であるが、数原子(分子)層レベルの制御が必要となっており、将来的には単原子(分子)層の制御が必要であろう。

微細化の目的は種々あるが、デバイスの高速化、高集積化が主なる目的である。微細化してもデバイスのスピードを劣化させないためのスケールン則があり、これによると配線電流密度は縮小率(K)に比例して増大する。現在、 $0.2\text{MA}/\text{cm}^2$ 程度であるが将来的には、 $1\text{MA}/\text{cm}^2$ を超えることが予測される。このため従来のAl系配線から、新しい金属材料の採用と構造へと大きく動き始めている。

ここでは、LSIにおける金属材料の現状と問題点、将来への問題提起を中心に述べる。

2. LSIにおける電極、配線の現状とその問題点

2.1 電極

(1)低抵抗オーミック接合

デバイスのスピードに占めるコンタ

クト抵抗の比重が大きくなってきた。低抵抗コンタクトを得るには、Si表面の不純物濃度を高める方法があるが、将来の極浅接合の形成とは相反する。メタル側からのアプローチとしては、ショットキバリア高さを低くする方法がある。従来から、PtSiが一般的に用いられてきたが、最近TiSi₂、CoSi₂等が使われ始めた。今後はこういったシリサイド電極が広く用いられよう。

(2)極浅接合

デバイスの微細化にともない接合深さはますます浅くなり、現在 $0.5\mu\text{m}$ MOSデバイスのS(ソース)/D(ドレイン)はおよそ $0.2\mu\text{m}$ 深さであるが、 $0.2\mu\text{m}$ MOSデバイスでは $0.1\mu\text{m}$ レベルになろう。この場合の最大の課題は、Siと電極との反応等による接合破壊である。

歴史的には、Al/Si→AlSi/Si→AlSi(AlCuSi)/MoSi/Si→AlCuSi(AlSi)/TiW(TiN)/Siのようになってきた。将来的にはさらにバリア性を高めた、AlCu/W/TiW(TiN)/TiSi₂(CoSi₂)/Si等の構造が採用されよう。

2.2 配線

(1)信頼性

現在の配線信頼性の主要な課題は、EM(エレクトロマイグレーション)とSM(ストレスマイグレーション)である。

EMは、高電流($0.1\text{MA}/\text{cm}^2$ 以上)下で電子流によってAl原子が動き、その結果、配線に突起やボイドが生じ電気的不良となる現象である。この対策としては、Al中にCu、Pd、Ti等を添加する方法が採用されてきたが、さらに積層配線<Al合金/TiW(TiN,W)>化

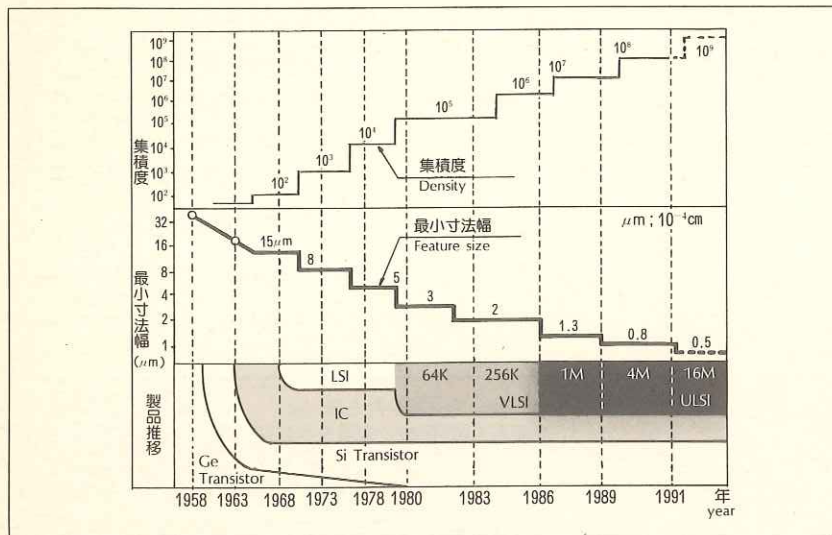


図1 微細加工技術の歩み(トランジスタからULSIへ)

が用いられ始めた。

SMIは、高温（150度℃以上）下で配線（Al合金）とその上部の絶縁膜間の熱膨張係数差によって発生するストレスにより、Alが動く現象である。この対策としては、EMと同様にAl中にCu、Pd等を添加する方法が採用されているが、抜本的対策はなく、総合的な対策が必要である。将来にわたって大きな課題である。

(2)配線抵抗

配線の微細化と高集積化による配線長の増大によって、デバイスのスピードを決める要因として、配線抵抗の比重が大きくなってきている（0.3μm高速デバイスでは、スピードの1/2は配線系のRC抵抗で左右されよう）。Alにかわる低抵抗材料として、Ag、Cu、Auがあるが、LSIプロセスとの整合性から、現在はCuが次期配線の候補として検討が開始されている。Cuは、低抵抗化のみならず、EM、SMI耐性に優れた特性を有する材料としても注目されている。

(3)多層配線

高集積化とともに、メタル配線の多層化が要求され、現在2層配線が一般化している。近い将来、ロジック系デバイスでは5～6層配線が一般的となろう。この際最も重要な課題は、層間膜の平坦化と穴（スルーホール）埋め込み技術である。

平坦化は、塗布絶縁膜法（Spin-On-Glass）、エッチバック法、有機ガスソースを用いた直接平坦化成膜法等が検討、採用されている。将来的にはこれらの改善、複合化とともに、より低誘電率の絶縁膜の探索が行われよう。

穴埋め込みは、スパッタ法（バイアスパッタ法、高温スパッタ法）、レーザアニール法、CVD法（ブランケットデポ→エッチバック、ブランケットデ

ポ、選択デポ）等が開発されている。

多層配線技術は、将来のLSIプロセスのなかで極めて重要な位置を占めるようになる。

2.3 スパッターターゲット金属材料の課題

(1)スパッターターゲット材料の多様化

従来のAl系合金、Pt、WSi₂、MoSi₂、Ti、TiWに加えW、Cu、Co等の他、多様な金属系材料が要求されよう。

(2)ターゲット品質の高精度化

スパッタ技術は、成

膜技術として極めて汎

用性に富んでいるが、異物（ゴミ）、不純物等不十分な点も多い。ターゲットの品質面からは、特に高融点金属材料均一性（組成、粒径等）の向上、U、Th等、放射性不純物の低減が必要である。

3. まとめ

半導体デバイスにおける金属材料は、従来の裏方的役割から表舞台へ躍り出てきた。この背景には、微細化とともにLSIのデバイス特性に及ぼす電極、配線特性の影響が非常に大きくなってきたことが起因している。また、LSIの高集積化は、今後とも過去20年間と同様のスピードで2000年までは進むものと予測されており、メタル配線に対する要求はますます厳しいものとなってこよう（図2）。

この結果、信頼性の一層の向上とともに従来軽視されてきた界面反応、その結果生ずる遷移領域の特性が重要になってこよう。また、メタルとSiの界面

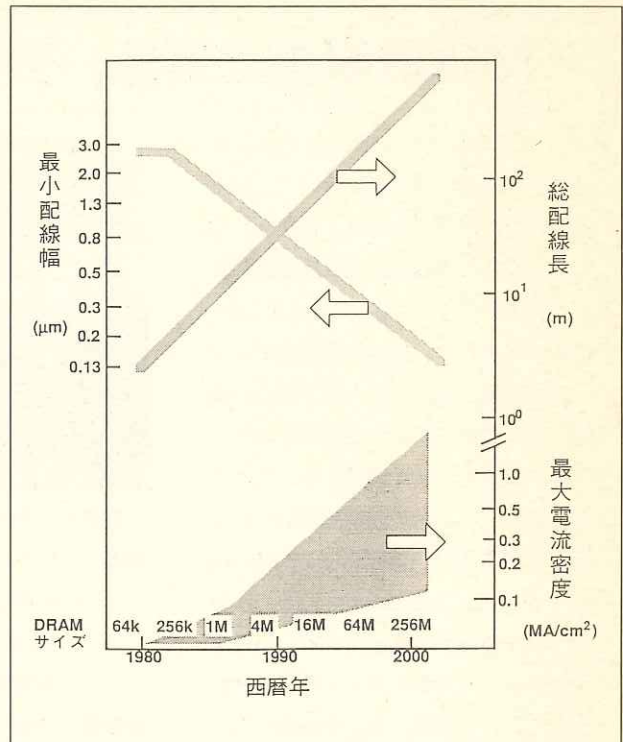


図2 LSIメタル配線の年次推移

反応、浅くなる接合へのメタル拡散、粒界拡散によるバリエーションの破壊等、メタルやシリサイド膜のバルク特性だけではなく、薄膜特性の解明なくして今や将来のデバイスプロセスを語れなくなっている。

金属プロセス（メタライゼーション）面からは、数原子層の界面特性をきちんと制御する技術が重要である。界面における自然酸化膜の存在もはや無視できなくなっている。高融点金属材料では、ストレスによるSi基板結晶の欠陥、絶縁膜との接着等も大きな課題である。

また、将来の配線材料であるCuに関しては、今後材料面、プロセス面からの精力的なアプローチが期待される。

半導体における材料の選択は、特にLSIにおいてはその特性とともに、他のプロセスとの整合性が極めて重要であり、常に生産性を念頭においた検討が必要であろう。

〈EEM部会講演（90.12.19）〉

細木理事長ご退任、後任は山本全作氏

第18回通常
理事会開催

3月18日(月)に開催された、当センターの第18回通常理事会において、細木理事長がご退任になられ、後任として山本全作新日本製鐵代表取締役副社長のご指導をいただくことになりました。

細木理事長は、1985年10月のセンター設立以来、温かいお人柄と幅広い識見で、創業期の適切なお指導をいただきましたこと、深く感謝を申し上げます。また、4月末から豪州で行われる国際会議IMMA (Institute of Metals & Materials Australasia Ltd.) において、BHPからの招請もあり、当センターのプレゼンテーションを行っていただくなど、今後とも大所高所からのご指導をいただきたいと存じます。

一方、山本新理事長は、1985年当時当センター設立準備委員会の委員長として、財団設立の任にあたられました。今後、離陸期にある当センターのご指導をいただくこととなります。

なお、今回選任された理事、審議員、

細木前理事長(写真中央)



評議員及び参与は次のとおり。

理事 山本 全作 (新日本製鐵代表取締役副社長)

永澤 正幸 (三菱マテリアル常務取締役)

審議員 伊藤 新造 (富士銀行常務取締役)

日下部 雅昭 (住友銀行取締役)
R.S.Godwin (Marketing Co-ordinator SADACEM)

R.I.Mair (General Technical Manager BHP)

評議員 島田 仁 (日本鉄鋼協会専務

山本新理事長(写真右端)



理事)

高屋 光吾 (日本電機工業会専務理事)

香川 勉 (日本自動車工業会理事)

横山 長之 (公害資源研究所所長)

参与 石井 康二 (古河ファイテル部品取締役)

理事会後の懇親パーティーでは、新旧理事長のご挨拶の他、中島製鉄課長、後藤千葉工業大学教授(評議員会議長)から励ましの言葉をいただきました。

第24回東北地域産業立地懇談会 におけるプレゼンテーション

3月25日(月)、機械振興会館において、東北通商産業局主催で第24回東北地域産業立地懇談会が開催された。今回は、次世代金属・複合材料関連企業及び業界団体を対象とした。当センターからは清野次長が出席し、プレゼンテーションを行った。また、会員企業としては、新日本製鐵、住友金属工業、三菱マテリアル、三菱重工業、トヨタ自動車、日立製作所の各社が出席した。

懇談会資料として、各県別の①関連産業に



対する施策、②関連産業の国公設試験研究機関リスト、③関連産業の工場及び研究所の立地状況他、を入手していますのでお問い合わせください。

なお東北地域とは、青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島の各県を意味します。

広報委員会

第60回広報委員会

日時 4月10日(水) 16:00~17:30

場所 住友金属工業会議室

議題1 パンフレット手直し

2 情報委員会に関する件

3 他団体イベントへの協力検討

JRCM NEWS編集部会

新企画検討、他

調査委員会

第21回NS部会

日時 3月25日(月) 14:00~17:00

議題 「地球環境保全からみた構造用金属の課題」につき報告並びに

意見交換

第17回極限環境部会

日時 3月26日(火) 15:30~17:30

- 議題1 各WGの進捗状況報告
- 2 WG-3 共同実験契約について
- 3 平成3年度の活動について

第28回アルミニウム高機能化部会

日時 3月28日(木) 14:30~17:30

- 議題1 アルミリオーダーWGの活動報告
(主としてアルミ調査委員会の報告)
- 2 アルミサイクルWGについての報告
- 3 平成3年度の活動について
 - ①高機能化部会
 - ②アルミリオーダーWG
 - ③アルミリサイクルWG

ベースメタルの超高純度化部会

第1回世話人会

日時 4月5日(金) 11:00~14:00

- 議題 調査部会の進め方について

第6回汎用材料委員会

日時 3月25日(月) 16:00~18:10

場所 洗心荘 <日新(株)研修所>

- 議題1 各WGの抽出課題の報告と討議
- 2 委員会の結論に関する討議

JRCMサロン

第15回超微粒子シリーズ (最終回)

日時 3月19日(火) 14:00~17:30

- 講演1 『金属微粉末の製造法とその応用』
住友金属工業(株)未来技術研究所粉体研究室
主任研究員 久保敏彦氏
- 2 『ハイブリッドプラズマ法によるセラミックス超微粒子の作成』
東京大学工学部 李 亨植氏
- 3 『超微粒子研究の着実な進展を期待して』
—超微粒子サロンを終わるにあたって—
東京理科大学教授 明石和夫氏

第6回大型構造物の信頼性シリーズ

日時 3月19日(火) 15:00~19:00

- 講演1 「火力発電プラントの非破壊評価」

(株)電力中央研究所FBR部材料研究室

室長 新田明人氏

- 2 「最近の非破壊評価技術について」
新日本製鐵(株)エレクトロニクス研究所電子応用研究センター
所長 川島捷定氏

新製鋼プロセス・フォーラム

第7回WG

日時 3月25日(月) 13:00~18:00

- 議題1 平成2年度活動のまとめ
- 2 平成3年度実行計画の検討
- 3 平成4年度計画の作定スケジュール検討
- 4 長期計画についての討議

第2回企画部会

日時 4月10日(水) 13:30~15:30

- 議題1 平成2年度活動報告
- 2 平成3年度実行計画案について
- 3 平成4年度計画立案スケジュールについて

石油生産用部材技術委員会

第1回石油生産用部材技術委員会

第6回専門家部会合同会議

日時 3月29日(金) 13:30~17:00

- 議題1 平成2年度各社の研究成果報告
- 2 AGIPとの共同研究プロジェクトに関する協定について
- 3 共同研究基本協定変更(期間延長)の件
- 4 平成3年度研究実施計画の審議

※お知らせ※

国際ステンレス鋼会議

月日 6月10日(月)~13日(木)

場所 日本コンベンションセンター
(幕張メッセ)

主催 日本鉄鋼協会国際室
(03-3279-6021)

第3回先進高比強度材料技術委員会の開催

3月20日(水)、上記委員会が(株)アリシウムの四日市研究所で開催されました。

今回の委員会は、(株)アリシウムの200kg溶解炉及び鑄造設備が完成し、金型鑄塊(10kg程度)をベースとした研究から、200kg連続鑄造塊の量産レベルの研究に入り、わが国のAl-Li合金の研究も新段階にさしかかったこと、Al-Li合金の研究目的の1つが、この200kg鑄塊で所定の性能、特性を示す材料の製造工程の確立にあり、そのためには、これまでの研究成果を十分にいかすことが肝要であること等の背景から、四日市で開催されたものです。

また、今回は特に京都大学名誉教授村上委員長のご手配と先生方のご協力により、8大学10名の先生方を含め、出席者は21名でした。

午前9時30分から午後5時過ぎまで、昼食時間に30分を費やしただけで、Al-Li合金の組織、耐食性及び靱性の改善について、熱のこもった報告と討議が行われました。

(株)アリシウム四日市研究所の研究現状と計画について先生方にご理解を賜ったこと、アリシウムの研究に幅と深みをもたらしたこと、今後の研究の進め方について貴重な示唆が得られたこと等、極めて意義のある委員会が開催されました。出席された先生方に感謝いたします。

第6回JIM国際シンポジウム 「金属間化合物—組織と機械的性質—」

月日 6月17日(月)~20日(木)

場所 仙台市青年文化センター

問い合わせ先 東北大学金属材料研究所
花田研究室内JIMS-6事務局
(022-227-6200 内線2940)

海外出張の思い出と国際委員会

国際委員会委員長 杉田 清
新日本製鐵㈱中央研究本部参与

海外出張の多くの思い出のなかで、最も感激したのは、やはり初めて外国というものを見たときで、欧米出張の最初の寄港地香港に降り立ったときである。30年も昔のことであるが、あの空港の夕景は忘れられない。また最も印象に残っているのは、15年前エジプトの砂漠のオアシスで過ごした一夜である。ゼロ・デシベルともいえる静寂、これが宇宙かと驚嘆せずにはおれない無数満天の星、帰途に眺めた落日の素晴らしさである。そして最も意外に思い驚かされたのは、ドイツの統合である。10年前、比較的長期間滞在したときに、東独の人々にみたあの諦めに似た絶望感からみれば、まさに奇跡が起



こっている。海外出張は、私の好奇心を満足させる最高の機会のひとつであったから、今ふりかえて、恵まれた環境に感謝するばかりである。同時に、そのお陰で国際感覚というにはいささかお粗末ながら、海外への違和感はあまりない。

人種、風俗、価値観等、もろもろの相違を乗り越えて交流するのが国際交流であろう。当センターの国際委員会で、多くの皆さんと楽しく活動が続けられたのも、それらの体験と無縁ではなさそうである。

こっている。海外出張は、私の好奇心を満足させる最高の機会のひとつであったから、今ふりかえて、恵まれた環境に感謝するばかりである。同時に、そのお陰で国際感覚というにはいささかお粗末ながら、海外への違和感はあまりない。

「国際活動というものは、暴走し、自己増殖しがちであるから、まずは慎重に」ということで、この国際委員会がスタートしてからはや4年に近い。お陰でJRCM NEWSの英文版刊行も定着しつつある。その他の活動にもそれなりの進展はみられるようになったと思われる。

「楽しく、手ごたえのある活動」を目指して全員で頑張ってきた当委員会であるが、やはり国際活動というものは、時間のかかる、忍耐力の必要な、地味な仕事であることを実感し、研究開発の世界に相通じる側面があると感じている。

当委員会の活動は、いよいよ助走期から離陸期に入っており、海外メンバー出席の各種委員会も間もなく開かれる。各位の一層のご支援をお願いする次第である。

わが社の新製品・新技術③ 日本電工株式会社 高純度ボロン・母合金

近年新しい磁性材料としてアモルファス合金が注目され、スイッチング電源、磁気ヘッド、磁気シールド材等に実用化されている。

これらアモルファス合金の合金成分のうち、ボロンについては従来高純度の工業的材料が難しく、極めて高価な純ボロンを使わざるを得なかった。

1. 高純度フェロボロン、コバルトボロン

当社は原料ほう酸からの一貫生産と独自の精錬技術をもとに、極めて高純

度のフェロボロン及びコバルトボロンを開発した。

これらは表1に示すように従来のフェロボロンに比べて不純物が極めて低く、また非金属介在物を極限まで減少させたものとなっている。

これらをボロン源として使用することにより、従来のフェロボロン等で問題となっていた吹き出しノズルの詰まり等を起こすことなく、安定したアモルファス合金を製造することができる。

2. 各種母合金

自社ボロン源と独自の溶解技術により、需要家の要望に応じた各種母合金を製造している。これらは純ボロンを使用したものと遜色のない清浄度を持ちながら、大幅なコストダウンを達成している。(技術部 03-3546-9322)

写真1 真空溶解炉

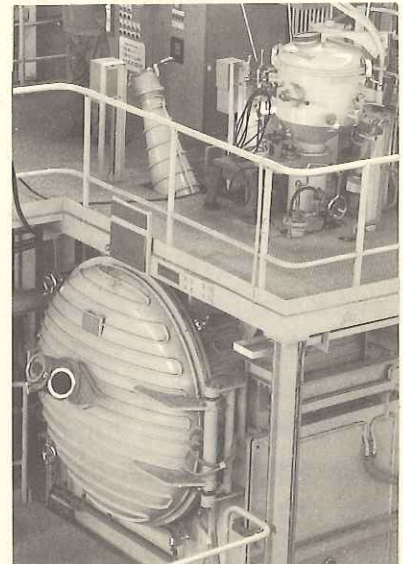


表1 フェロボロン、コバルトボロンの分析値 (%)

	B	Fe	Co	Al	Si	Ti	S	P
FeB UA	16	balance	—	0.001	0.01	0.001	0.001	0.005
CoB UA	16	—	balance	0.001	0.01	0.001	0.001	0.005
FeB(当社従来品)	18	balance	—	0.05	0.40	0.006	0.002	0.015
純ボロン (参考)	99.5	—	—	0.04	0.10		0.007	