

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3892039号
(P3892039)

(45) 発行日 平成19年3月14日(2007.3.14)

(24) 登録日 平成18年12月15日(2006.12.15)

(51) Int. Cl.	F I	
B 2 2 D 23/00 (2006.01)	B 2 2 D 23/00	E
B 2 2 F 9/08 (2006.01)	B 2 2 F 9/08	S
B 2 2 F 3/115 (2006.01)	B 2 2 F 3/115	
C 2 2 C 28/00 (2006.01)	C 2 2 C 28/00	B
H O 1 L 23/06 (2006.01)	H O 1 L 23/06	B
請求項の数 15 (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願平9-506439	(73) 特許権者	サンドヴィック オスプレイ リミテッド
(86) (22) 出願日	平成8年7月18日(1996.7.18)		イギリス, エス エー 1 1 1 エヌ
(65) 公表番号	特表平11-509480		ジェイ, ウエスト グラモーガン, ニース
(43) 公表日	平成11年8月24日(1999.8.24)		, ミランズ, レッド ジャケット ワーク
(86) 国際出願番号	PCT/GB1996/001730		ス
(87) 国際公開番号	W01997/003775	(74) 代理人	弁理士 遠山 勉
(87) 国際公開日	平成9年2月6日(1997.2.6)		
審査請求日	平成14年7月17日(2002.7.17)	(74) 代理人	弁理士 松倉 秀実
(31) 優先権主張番号	9514777.3		
(32) 優先日	平成7年7月19日(1995.7.19)	(74) 代理人	弁理士 永田 豊
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		
		(74) 代理人	弁理士 川口 嘉之
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 エレクトロニックパッケージング用ケイ素合金

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

5 1 ~ 9 0 重量%のケイ素を含むアルミニウム - ケイ素合金を溶融し、
この合金を、噴霧された小滴が飛翔している間にケイ素の結晶成長が始まるように不活性
ガス噴霧し、それにより、
多数のケイ素の核形成部位が創り出され、この部位が成長しお互いに衝突して、ランダム
に配向している微細結晶からなるケイ素の実質的な連続相が形成されるように、コヒーレ
ントなデポジットをスプレー形成することを特徴とする、アルミニウム - ケイ素合金デポ
ジットの製造方法であって、
前記デポジットの熱膨張係数が、4 . 5 ~ 1 1 p p m / ° Kであり、
熱伝導率が、1 0 0 W / m ° Kを超えることを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

6 5 重量%超のSiを含有するアルミニウム - ケイ素合金を溶融することを含む請求の範
囲第 1 項に記載の方法。

【請求項 3】

スプレー後で2 0 0 ミクロン以下の径のケイ素沈殿を形成するランダムに配向した微細結
晶の生成物を製造することを含む請求の範囲第 1 項または第 2 項のいずれか 1 項に記載の
製造方法。

【請求項 4】

ケイ素沈殿の径が1 0 0 ミクロン以下である請求の範囲第 3 項に記載の製造方法。

20

【請求項 5】

合金に意図的に添加されるその他の合金添加剤が、2重量%までのマグネシウム、5重量%までの銅、8重量%までの鉄および0.5重量%までのジルコニウムから選択される請求の範囲第1項ないし第4項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 6】

セラミック粒子を導入する追加的工程を含む請求の範囲第1項ないし第5項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 7】

前記セラミック粒子が炭化ケイ素粒子である、請求の範囲第6項に記載の方法。

【請求項 8】

ケイ素合金のスプレー沈殿の間に前記セラミック粒子を注入により該スプレー中に導入する請求の範囲第6項または第7項に記載の方法。

【請求項 9】

合金材料の微細構造内でランダムに配向したケイ素の微結晶でできた実質的連続相をケイ素が形成している、ケイ素51~90重量%、アルミニウム10~49重量%、及び、その他の合金添加剤0~10重量%を含む合金であって、熱膨張係数が4.5~11ppm/°Kであり、熱伝導率が100W/m°Kを超える値であり、かつ請求の範囲第1項に記載の方法で得られる、合金。

【請求項 10】

合金に意図的に添加されるその他の合金添加剤が、2重量%までのマグネシウム、5重量%までの銅、8重量%までの鉄および0.5重量%までのジルコニウムから選択される請求の範囲第9項に記載の合金。

【請求項 11】

合金材料がセラミック粒体を含有する請求の範囲第9項または第10項に記載の合金。

【請求項 12】

前記セラミック粒体が35容量%までの炭化ケイ素を含む請求の範囲第11項に記載の合金。

【請求項 13】

前記合金がケイ素70重量%およびアルミニウム30重量%を含む請求の範囲第9ないし第12項のいずれか1項に記載の合金。

【請求項 14】

前記合金がケイ素55重量%およびアルミニウム45重量%を含む請求の範囲第9項ないし第12項のいずれか1項に記載の合金。

【請求項 15】

請求の範囲第9項ないし第14項のいずれか1項に記載の合金を含むマイクロエレクトロニックパッケージング材料。

【発明の詳細な説明】

本発明はケイ素系合金 (silicon-based alloy)、例えばケイ素 - アルミニウム合金に関する。本発明はまた前記のような合金を含むマイクロエレクトロニックパッケージング (microelectronic packaging) 材料に関する。さらに本発明は、制御された低い膨張係数の要求されるケイ素系合金に関する。

エレクトロニックパッケージは電気的接続部 (interconnection) の媒体及び繊細な電子回路要素 (circuitry) の支持体を提供する。エレクトロニックパッケージングの最も基本的なもの (ゼロ次レベル) は、チップ上に直接形成される論理ゲート、トランジスタ及びゲート - ゲート間の接続部を収容 (house) する半導体チップ (集積回路) であると一般に考えられている。このチップ自体はケイ素またはヒ化ガリウムのような結晶性半導体材料の薄いスライスまたはウエーハから作られる。

チップまたは一組のチップを機能的保護チップ担体 (chip carrier) 内にパッケージすることはエレクトロニックパッケージングの次のレベルのことである。チップ担体は、半導

10

20

30

40

50

体装置を収容するかまたは半導体を取り付けられる基板として単に機能することができる。チップ担体は、単独のチップ担体から多くの個々のチップを含む更に複雑な多チップモジュールにわたっている。ケイ素は単独チップ及び多チップモジュールに最も広く使用されている半導体であり、ヒ化ガリウムはマイクロ波集積回路のような高周波用途に使用されている。

「集積レベル」という用語はチップ上に配置されるマイクロ回路要素の数を意味し、従ってその複雑性及びソフィステイクーションを表すものである。チップの物理的寸法を減少させながらチップ上の電子回路要素を増加させること、すなわち集積レベルの増加が電子産業のトレンドである。集積レベルが増加する結果、電力密度は増加し、従ってチップ表面領域から散逸される熱流束はいっそう大きくなる。従って、良好な熱伝導性を有する材料は、集積レベルを増加させた際の熱管理要請を満たすことが要求されている。

10

熱サイクルによるチップ-チップ担体界面、接続部およびハンダ継目における応力の発生はエレクトロニックパッケージングにおける主要な関心事である。従って、エレクトロニックパッケージング材料の熱膨張係数(CTE)は特に重要な材料パラメータである。チップ半導体材料のCTEとチップ担体材料のCTEとの間の密接な調和は、電子回路要素の欠陥をもたらす応力の発生を減少させる。半導体材料は低いCTEを持ち、例えばケイ素は $2.3 \sim 4.3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲のCTEを持ち、ヒ化ガリウムは $6 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ に近いCTEを持つ。

純粋なアルミニウムおよび通常のアルミニウム合金は、 $200 \sim 235 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{K}$ の範囲のその高い熱伝導性のために、熱放散用エレクトロニックパッケージング材料として普及している。しかしながら、多チップモジュールおよびマイクロ波集積回路においてより高い集積レベルが使用されるにつれて、アルミニウムパッケージによって満足できない要請が生じている。すなわち、これらの材料の $22 \sim 24 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲の高いCTEによって引き起こされる熱膨張不調和(mismatch)である。

20

KOVAR(Carpenter Technology社の登録商標名)として知られていて $5.8 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ のCTEを持つFe-29Ni-17Coのようなその他の材料は半導体材料との熱膨張不調和を減少させる。しかしながら $15 \sim 17 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{K}$ の熱伝導率を有するKOVARは有効な熱管理をするのに最適の材料ではない。モリブデンおよびタングステンのような低膨張耐火材料もアルミニウムと比較して低い熱伝導率を有している。しかしながら、粉末冶金または共圧延によって銅と混合したときにW-CuおよびMo-Cu混合物を生成し、かなり重量的に不利であるが、より高い熱伝導率を有する代替え物質となる複合材料が誘導される。

30

航空電子工学および宇宙応用分野では重量の考慮が特に重要である。高熱伝導率および低いCTEを有する軽量エレクトロニックパッケージング材料の一つの製造方法は、アルミニウム金属マトリックス複合体による(JOM、1992年7月、第24~28頁)。炭化ケイ素粒体は、窒化アルミニウムのようなその他のセラミック粒体と比較して、その低い熱膨張係数、高い熱伝導値、良好な入手可能性および低価格によって優れた一般的セラミック補強材である。しかしながら、エレクトロニックパッケージングに要求される低いCTEを有するアルミニウム金属マトリックス複合体を得るためには65~75容量%の炭化ケイ素の使用が必要である。

40

Al/SiC金属マトリックス複合体の製造方法は次のように分類される。

(i) セラミック粒体を溶融マトリックス合金に添加し、攪拌して密度差によるSiCの沈降を防止し、注型して成形する液相方法(liquid state process)。しかしながら、この方法は流動性の問題のために30容量%までのSiCレベルに制限され、機械的性質および腐食耐性を低下させる過剰の炭化アルミニウムを生成しないある種のアルミニウム合金マトリックスに限定される。

(ii) マトリックス合金をセラミック粒体と混合し、加圧成形する固相方法(solid state process)。実際上からは、この方法は、略60容量%のSiC補強に限定され、このため、得られるCTE減少に制限がある。

(iii) 生(green)SiC緻密体(compact)に溶融マトリックス合金を浸透させる浸透

50

方法 (infiltration process)。浸透方法によって非常に高い SiC 粒子の添加量を得ることができる (75 容量%まで)。SiC - Al は非濡れ性であるので、圧力浸透を用いるかまたは SiC 粒子表面の調整によって毛細管作用による浸透を助けることによって浸透を助ける。半導体材料と調和する CTE が要求される SiC 添加量を得ることはできるが、この金属マトリックス複合体は機械加工がきわめて困難である。さらに、生緻密体成形のために、SiC 粒径のマルチモード分布が要求されるので、この MMC も金属化および結合が困難であり、ある種の応用に対して要求される高真空でのガス漏れ、例えば衛星応用分野でのヘリウム漏れを起こす傾向がある。

(iv) もう一つの方法は、アルミニウム系合金を溶融し、不活性ガス噴霧 (inertgas atomize) し、セラミック粒体を、共沈する金属スプレー中に注入して金属マトリックス複合体を形成するスプレー成形方法である。しかしながら、この方法によれば、SiC の必要な高い添加量 (65 ~ 75 容量%) を得ることができない。この方法では過剰な気孔率、粒子凝集、および低い SiC 添加再現性をもたらされた。

低い膨張係数を有するアルミニウム合金のもう一つの製法は、ケイ素が補強相として作用する過共晶アルミニウム - ケイ素合金のスプレー成形法である。外因性補強セラミック相を粒体、または繊維の形で導入する代わりに、スプレー生成したデポジットが固化する間に液体から核形成および生長させることにより、補強相のケイ素をその場で生成する。この方法の利点は、合金を構成する固体状態相が同じ源、すなわち液体状態の合金から誘導されるので、内因性補強相のケイ素がアルミニウムマトリックスと完全に原子接触していることである。本発明者等はケイ素含有量が 50 重量%までの Al - Si 合金をスプレー成形した。例えば、本発明者等はこのような合金に関する 1993 年のスプレー成形に関する第 2 回国際会議の報文を出したが、その主な目的は、チキソ鑄造 (すなわち、半固体状態で鑄造して耐摩耗構造製品を製造すること) のための 50 重量%までの Al - Si 合金を製造することであった。しかしながら、35%以上のケイ素を含有する材料を作ることではできなかった。

EP - A - 411, 577 号公報には、Si が 15 重量%までのアルミニウム - ケイ素合金を溶融し、好ましくは平均粒径 10 μm 以下のケイ素微粉末を粒体として注入して、全ケイ素含有量が 55 重量%までのスプレー成形されたデポジットを製造する、ケイ素含有アルミニウム系合金の製造方法が開示されている。

この発明の第 1 の態様によれば、「アルミニウムに可溶性ケイ素を固体粒子の形で意図的に (deliberately) スプレーし、アルミニウム合金に混合する。こうしてアルミニウム合金の溶融温度を高めることなく高ケイ素含有量のアルミニウム系合金を製造することができる。」その一つの製造例では、ケイ素 15 重量%を含有するアルミニウム合金を溶融及びスプレーし、平均粒径 3 μm のケイ素粒子を全ケイ素含有量が 35 重量%、45 重量% および 55 重量%となるような量で同時にデポジットさせた。アルミニウム - 15 重量%ケイ素合金の鑄込温度は 650 であった。

本発明者等は、このような高い体積割合の微粒子の注入が次のことをもたらすことを見いだした。

- (a) マトリックス中での注入された相の不均質分布、
- (b) 過剰な気孔率、
- (c) 高い酸化物含有量 (大きな表面積を有する微粉末を使用するため)
- (d) 低い収率 (微粒子が噴霧ガスで運び去られるため)

従って、本発明者等はこのような方法は実用的でないと考える。

ケイ素 - アルミニウム合金は溶融および鑄造により製造できることは公知である。例えば、Chanyuang Gan および Erhard Hornbogen のドイツ語文献

"Gefüge und thermische Volumenänderungen von Al-Si-Legierungen"

(Al - Si 合金の組織および熱体積変化) を参照されたい。しかしながら、問題の組成範囲 (51 ~ 90 重量%) において、鑄造されたままの微細構造は、大型で分かれ分かれになっており、切り子面を有し、アスペクト比の高い一次ケイ素結晶に主として特徴づけ

10

20

30

40

50

られ、機械的性質および機械加工性を害するものである。例えば、本願の図1および2にチル(chill)の場合のAl70%Siの微細構造が示されている。一次ケイ素結晶は明灰色のAl-Si共晶成分に対して、黒で示されている、単一の針状結晶として見られる一次ケイ素粒径はミリメートルのオーダーであり、非常に異方性の微細構造である。このため、一次ケイ素結晶はエレクトロニックパッケージングに適用するのに全く適していない。例えば、エレクトロニックパッケージングを作成する板は、典型的には厚さ1~5mmであり、チル鑄造材料を使用すれば、板の全厚さを通過する1個の単独ケイ素結晶があることになる。このことは、金属化(metallization)に必要な精密表面仕上げのために該材料を機械加工することをきわめて困難にする。なぜならば、このケイ素結晶は優先的結晶学面に沿って、単一方向に破碎しやすいからである。さらに、その大きなケイ素結晶寸法のために、この材料の局部的CTEおよび熱伝導率は、アルミニウムまたはケイ素

10

がチップまたはチップ担体と接触しているかどうかということに大きく依存して変化する。一般に、これらの合金はエンジニアリング用途のものではなく、液状金属加工または鋼の脱酸素用のマスター合金としてのみ使用されると考えられている。

本発明によれば、ケイ素系合金を使用し、不活性ガス噴霧により、スプレー形成されたデポジット、またはガス噴霧された粉末を生成させる方法が提供される。

従って、本発明によれば、ケイ素系合金の製法は、50重量%超のSiを含有するケイ素合金を溶融し、この合金を不活性ガス噴霧して、合金材料の微細構造内でランダムに配向した微細結晶でできた実質的連続相をケイ素が形成している生成物を製造する工程を含む。この生成物はコヒーレント(coherent)スプレー形成デポジット、または粉末であり、合金は好ましくはアルミニウムを包含している。

20

粉末は伝統的な粉末冶金法を用いるか、または好ましくは固相線(solidus)温度超で熱間静圧(isostatic)プレスによって、次の緻密化および/または焼結のために使用される。

コヒーレントスプレー形成されたデポジットは、固相線を超える温度で熱間静圧プレスして、実質的に密度100%の生成物を製造するのが好ましい。

本発明の生成物によれば、破碎路は単一面内ではなく曲がりくねっている。さらに、「微細」とはスプレー後(as-sprayed condition)で200ミクロン未満のケイ素沈殿(precipitate)粒径を有することを意味する。例えば、スプレー後での好ましい沈殿粒径は100ミクロン未満である。エレクトロニックパッケージングの応用に対しては、ケイ素含有量が65%超であることが好ましい。図3および4はスプレー形成され、熱間静圧プレスされたAl80%Siを示し、暗灰色成分はケイ素であり、白色成分はアルミニウムである。実質的に連続したケイ素の相は明確に見えている。

30

所望により、セラミック粒子を噴霧スプレー中に導入することができる。図5および6は、9 μ m SiCを略15重量%添加した、スプレー形成され、ヒップされた(hipped)Al-70重量%SiおよびAl-80重量%Siを示し、白色成分はアルミニウムであり、明灰色成分はケイ素であり、暗色成分は炭化ケイ素粒子である。セラミック粒子をスプレー中に注入することができ、粉末を製造するときには、単に粉末材料に添加することができる。

この方法は、該材料を熱間静圧プレスする追加的工程を含むことができる。これは封止(encapsulation)し、またはしないで半固体条件で行われる。

40

合金材料が、35容量%までの炭化ケイ素のようなセラミック粒子添加剤を含むときは、金属マトリックス複合体材料は半固体条件で封止し、真空にし、熱間静圧プレスすることができる。

本発明の他の態様によれば、

50~90重量% Si

10~49重量% Al

0~10重量% その他の合金添加剤

を含む合金が提供され、ここでケイ素は、合金材料の微細構造内にランダムに配向された微細なケイ素の結晶でできた実質的連続相を形成する。その他の合金添加剤は意図的に添

50

加され、痕跡量の元素を取り除く。添加剤としては次のものが挙げられる。

マグネシウム（2重量%まで）ケイ素相の精錬用

銅（5重量%まで）低熱膨張係数を有する第3相の形成。

鉄（8重量%まで）低熱膨張係数を有する第3相の形成。

ジルコニウム（0.5重量%まで）アルミニウムマトリックスの強化。

添加剤は、アルミニウム合金、特にアルミニウム-ケイ素合金に従来の添加される任意の合金添加剤を包含する。

所望により、合金材料はSiCのようなセラミック粒体を35容量%まで含有してもよいが、該材料の機械加工性、および金属化を困難にするような大容量ではいけない。本発明による合金またはMMCは、4.5~11ppm/°Kの範囲の熱膨張係数、および100W/m°Kを超える熱伝導率を有しているのが好適である。達成できる熱伝導率の最大値は補強粒体、例えば窒化アルミニウム、またはダイヤモンドによって決まる。

10

本発明は、また前記合金を含むマイクロエレクトロニックパッケージング材料も包含する。合金材料は所望の形態のパッケージ部品に半固体加工されおよび/または機械加工される。本発明はまた、他の材料の熱膨張係数と調和させることが必要な応用分野、および/または軽量であることが必要な応用分野、および/または軽量で、かつ異なる膨張係数および/または低熱伝導率の部品を急速に移動させることが必要な応用分野にも適用することができる。

本発明の革新的な特徴は、主成分が合金元素としてのアルミニウムを伴った実質的に連続した相としてのケイ素であるという事実由来している。ケイ素合金を噴霧することにより、噴霧された小滴が飛翔している間にケイ素の結晶生長が始まり、そしてデポジット中に多数の核形成部位が創り出され、この部位が生長して互いに衝突し、鑄造構造内でケイ素結晶がランダムに配向して分かれ分かれではなく、高度に配向していない網目構造を形成し、従って、デポジットを実質的にコヒーレントにし、かつ精密表面仕上げ機械加工を可能にする実質的連続相が現れる。

20

本発明の合金材料の利点は、該材料が通常のカーバイド工具で機械加工可能であり、溶接可能であり、ろう付け可能であり、金のような材料で被覆可能なことである。

それぞれマイクロ波集積回路(MIC)および多重チップモジュール(MCM)に向けた新規な2つの型の金属マトリックス複合体の予備的データを以下の表1に示す。表2および3は、本発明の合金材料と電子工学産業で使用されている広範囲の半導体およびその他の材料との選択的比較を示している。これらの詳細についてはEuropean Community Project No. BRE2-CT2-0146として1995年11月17日に出版されている。

30

表1 新規なMMCエレクトロニックパッケージング材料の選択された性質

性質	MICパッケージング材料	MCMパッケージング材料
熱膨張係数 ppm/K	6.5~7.5±0.5 ppm/K 0~500℃ の範囲に特定される	4.5~6.0±0.5 ppm/K 0~500℃ の範囲に特定される
熱伝導率 $Wm^{-1}K^{-1}$	120~140	110~130
比熱 $Jkg^{-1}K^{-1}$	約750	約750
極限引張強さ MPa	約130	約130
ヤング率 GPa	140 (予想値)	140 (予想値)
密度 gm/cc	2.5	2.4
気孔率	<0.1% (連続せず)	<0.1% (連続せず)
表面抵抗率 $\mu\Omega \cdot cm$	80~150	200~1,600
指定加工方法	PCD: 無視できる摩耗 カーバイド: 同程度摩耗 EDM: レーザ(<1mm)	PCD: 無視できる摩耗 EDM: レーザ(<1mm)

表2 電子材料、基質およびパッケージの選択された性質

材料	熱伝導率 $Wm^{-1}K^{-1}$	熱膨張率 $10^{-6}K^{-1}$	密度 g/cc	組成
GaAs	42	6.5	5.3	GaAs
Si	84	3.0	2.33	Si
アルミナ	33	6.7	3.8	Al_2O_3
窒化アルミニウム	165	5.3	3.3	AlN
ベリリア	260	7.6	2.9	BeO
Al-SiC MMC	160(代表的)	7.0	3.0	Al-70SiC(代表的)
アルミニウム	201	23.2	2.7	Al
銅-タンゲステン	160	7.6	17	80W-20Cu(代表的)
チタン	22	9.5	4.5	Ti
KOVAR	16.7	6	8.2	54Fe-29Ni-17Co
銅	385	16.1	8.9	Cu
MICパッケージング 用新規MMC	130	6.8	2.5	Al-Si-(SiC)
MCM(Si)パッケ ージング用新規MMC	110	4.8	2.5	Al-Si-(SiC)

表3 新規MMCとその他の従来パッケージング材料との比較

性質	新規MMC	従来MMC	KOVAR	Ti	Cu-W	Al ₂ O ₃	AlN
膨張率	良	良	良	不良	良	良	良
GaAsとの調和							
膨張率	近似	不良	近似	不良	不良	不良	近似
ケイ素との調和							
熱伝導率	大	大	極小	極小	大	小	大
機械加工性	全ての 常法に より 良好	不良— ダイヤモンド 及び EDM のみ	全ての 常法に より 良好	全ての 常法に より 良好	可	不良— ダイヤ モンド のみ	不良— ダイヤ モンド のみ
密度	小	小	大	中	極大	中	小
メッキ	中庸	困難	容易	困難	困難	困難	困難
コスト	中庸	中庸	中庸	高	高	低	高

10

20

本出願人の欧州特許第0225732B公報の記載に従ってそれぞれスプレー形成することができる好適合組成物の4つの例を以下に述べる。スプレー条件は好適には次のものである。

噴霧ガス 窒素
 ガス対金属比 4 m³ / kg
 スプレー距離 700 mm

ピレット寸法は好適には径150 mmで10 kgである。

実施例 1

80重量% Si

20重量% Al

この合金のCTEは4.8 ppm / °Kであり、120 W / m² Kの熱伝導率は実施例2のものよりもわずかに低い、この材料は部品メーカーによって一層容易に機械加工できる。

実施例 2

70重量% Si

30重量% Al (SiC 15容量% 添加)

この合金は6.22 ppm / °KのCTEおよび150 W / m² Kの熱伝導率を有する。

実施例 3

70重量% Si

30重量% Al

CTEは6.8 ppm / °K、熱伝導率は140 W / m² K。

実施例 4

55重量% Si

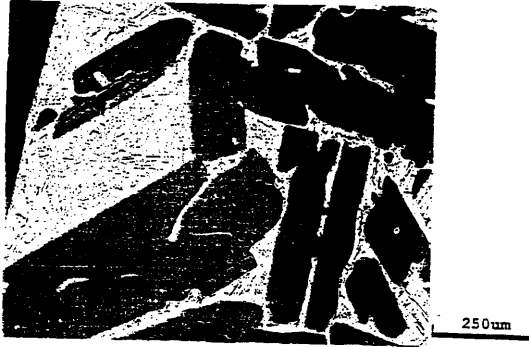
45重量% Al

CTEは10.5 ppm / °K、ヤング率は115 GPa、降伏応力は140 MPa。

30

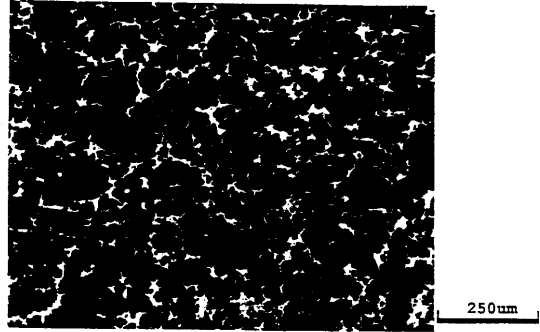
40

【 図 1 】



低倍率におけるAl-70重量%Siのチル铸造されたものの微細構造。

【 図 3 】



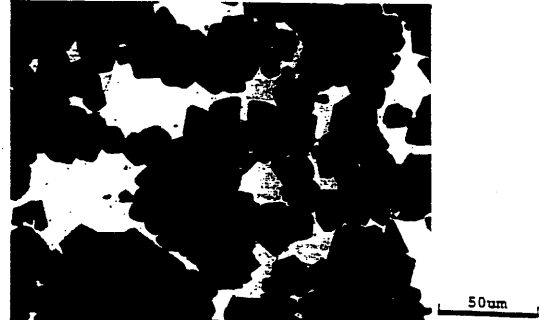
低倍率におけるAl-80重量%Siのスプレー形成され熱間静圧プレスされたものの微細構造。

【 図 2 】



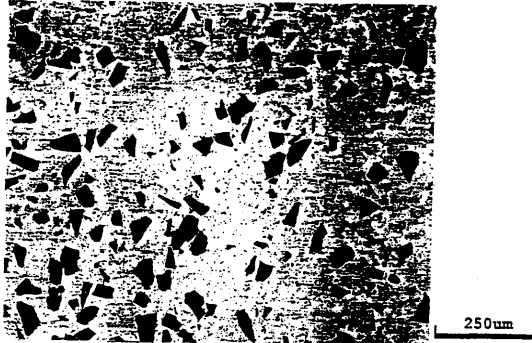
高倍率におけるAl-70重量%Siのチル铸造されたものの微細構造。

【 図 4 】



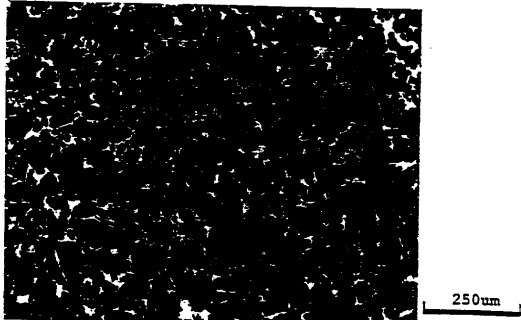
高倍率におけるAl-80重量%Siのスプレー形成され熱間静圧プレスされたものの微細構造。

【 図 5 】



Al-70重量%Si+15容量%SiC MMCのスプレー形成され熱間静圧プレスされたものの微細構造。

【 図 6 】



Al-80重量%Si+15容量%SiC MMCのスプレー形成され熱間静圧プレスされたものの微細構造。

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 1 L 23/373 (2006.01) H 0 1 L 23/36 M

(72)発明者 リーザン, アラン, ジョージ
イギリス, エス エー 3 3 ジェイ ワイ スウォンジー, ビショップストン, ノースランズ
パーク 7番地

(72)発明者 オギルビー, アンドリュー, ジョセフ, ワイダウスキー
イギリス, エス エー 1 2 9 ワイ エル ウエスト グラモーガン, ポート タルボット,
クウマボン, ペン-ワイ-バンク, 2番地

(72)発明者 エリアス, ルイス
イギリス, エス エー 1 1 3 エー エル ニース, ウッドレーン ロード 19番地

審査官 中澤 登

(56)参考文献 特公昭63-016458(JP, B1)
国際公開第94/011138(WO, A1)
特開平08-092683(JP, A)
特公平01-016290(JP, B2)
特公平03-021091(JP, B2)
国際公開第92/001525(WO, A1)
特開昭62-161464(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22D 23/00
B22F 3/115
B22F 9/08
C22C 28/00
H01L 23/06
H01L 23/373