

明 細 書

発明の名称：

α 線量が少ない銅又は銅合金及び銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤ

技術分野

[0001] この発明は、半導体の製造等に使用する、 α 線量を低減させた銅又は銅合金及び銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤに関する。

背景技術

[0002] 一般に、銅は、半導体の製造に使用される材料で、特に銅又は銅合金配線、銅又は銅合金ボンディングワイヤ、はんだ材料の主たる原料である。半導体装置を製造する際に、銅又は銅合金配線、銅又は銅合金ボンディングワイヤ、はんだ（Cu-Ag-Sn）は、ICやLSI等のSiチップをリードフレームやセラミックスパッケージにボンディングし又は封止する時、TAB（テープ・オートメテッド・ボンディング）やフリップチップ製造時のバンプ形成、半導体用配線材等に使用されている。

最近の半導体装置は、高密度化及び動作電圧やセルの容量が低下しているので、半導体チップ近傍の材料からの α 線の影響により、ソフトエラーが発生する危険が多くなってきた。このようなことから、銅又は銅合金の高純度化の要求があり、また α 線の少ない材料が求められている。

[0003] 本願発明とは異なる材料であるが、 α 線を減少させるという開示、すなわち錫から α 線を減少させるという目的の技術に関するいくつかの開示がある。それを以下に紹介する。

下記特許文献1には、錫と α 線量が10cph/cm²以下の鉛を合金化した後、錫に含まれる鉛を除去する精錬を行う低 α 線錫の製造方法が記載されている。この技術の目的は高純度Pbの添加により錫中の²¹⁰Pbを希釈して α 線量を低減しようとするものである。

しかし、この場合、錫に添加した後で、Pbをさらに除去しなければなら

ないという煩雑な工程が必要であり、また錫を精錬した3年後には α 線量が大きく低下した数値を示しているが、3年を経ないとこの α 線量が低下した錫を使用できないというようにも理解されるので、産業的には効率が良い方法とは言えない。

[0004] 下記特許文献2には、Sn-Pb合金はんだに、Na、Sr、K、Cr、Nb、Mn、V、Ta、Si、Zr、Baから選んだ材料を10~5000 ppm添加すると、放射線 α 粒子のカウント数が0.5 cph/cm²以下に低下するという記載がある。

しかし、このような材料の添加によっても放射線 α 粒子のカウント数を減少できたのは0.015 cph/cm²レベルであり、今日の半導体装置用材料としては期待できるレベルには達していない。

さらに問題となるのは、添加する材料としてアルカリ金属元素、遷移金属元素、重金属元素など、半導体に混入しては好ましくない元素が用いられていることである。したがって、半導体装置組立て用材料としてはレベルが低い材料と言わざるを得ない。

[0005] 下記特許文献3には、はんだ極細線から放出される放射線 α 粒子のカウント数を0.5 cph/cm²以下にして、半導体装置等の接続配線用として使用することが記載されている。しかし、この程度の放射線 α 粒子のカウント数レベルでは、今日の半導体装置用材料としては期待できるレベルには達していない。

[0006] 下記特許文献4には、特級硫酸、特級塩酸などの精製度の高い硫酸と塩酸を使用して電解液とし、かつ高純度の錫を陽極に用いて電解することにより鉛濃度が低く、鉛の α 線カウント数が0.005 cph/cm²以下の高純度錫を得ることが記載されている。コストを度外視して、高純度の原材料（試薬）を使用すれば、高純度の材料が得られることは当然ではあるが、それでも特許文献4の実施例に示されている析出錫の最も低い α 線カウント数が0.002 cph/cm²であり、コスト高の割には、期待できるレベルには達していない。

[0007] 下記特許文献5には、粗金属錫を加えた加熱水溶液に硝酸を添加してメタ錫酸を沈降させ、ろ過し、これを洗浄し、洗浄後のメタ錫酸を塩酸又は弗酸で溶解し、この溶解液を電解液として電解採取により5N以上の金属錫を得る方法が記載されている。この技術には漠然とした半導体装置用としての適用ができると述べているが、放射性元素及び放射線 α 粒子のカウント数の制限については、特に言及されておらず、これらについては関心が低いレベルのものと言える。

[0008] 下記特許文献6には、はんだ合金を構成するSn中に含まれるPbの量を減少させ、合金材としてB！又はSb、Ag、Znを用いるとする技術が示されている。しかし、この場合たとえPbをできるだけ低減したとしても、必然的に混入してくるPbに起因する放射線 α 粒子のカウント数の問題を根本的に解決する手段は、特に示されていない。

[0009] 下記特許文献7には、特級硫酸試薬を用いて電解して製造した、品位が99.99%以上であり、放射線 α 粒子のカウント数が0.03cpm/cm²以下である錫が開示されている。この場合も、コストを度外視して、高純度の原材料（試薬）を使用すれば、高純度の材料が得られることは当然ではあるが、それでも特許文献7の実施例に示されている析出錫の最も低い α 線力カウント数が0.003cpm/cm²であり、コスト高の割には、期待できるレベルには達していない。

[0010] 下記特許文献8には、4ナイン以上の品位を有し、放射性同位元素が50ppm未満、放射線 α 粒子のカウント数が0.5cpm/cm²以下である、半導体装置用ろう材用鉛が記載されている。また、下記特許文献9には、99.95%以上の品位で、放射性同位元素が30ppm未満、放射線 α 粒子のカウント数が0.2cpm/cm²以下である、半導体装置用ろう材用錫が記載されている。

これらはいずれも、放射線 α 粒子のカウント数の許容量が緩やかで、今日の半導体装置用材料としては期待できるレベルには達していない問題がある。

[0011] このようなことから、本出願人は下記特許文献 10 に示すように、高純度錫、すなわち純度が 5 N 以上（但し、O、C、N、H、S、P のガス成分を除く）であり、その中でも放射性元素である U、Th のそれぞれの含有量が 5 p p b 以下、放射線 α 粒子を放出する Pb、Bi のそれぞれの含有量が 1 p p m 以下とし、半導体チップへの α 線の影響を極力排除する提案を行った。この場合、高純度錫は最終的には、溶解・鑄造及び、必要により圧延・切断して製造されるもので、その高純度錫の α 線カウント数が 0.001 c p h / c m² 以下であることを実現する技術に関するものである。

[0012] Sn の精製の際に、Po は非常に昇華性が高く、製造工程、例えば溶解・鑄造工程で加熱されると Po が昇華する。製造の初期の段階でポロニウムの同位体 ²¹⁰Po が除去されていれば、当然ながらポロニウムの同位体 ²¹⁰Po から鉛の同位体 ²⁰⁶Pb への壊変も起こらず、 α 線も発生しないと考えられる。

製造工程での α 線の発生は、この ²¹⁰Po から鉛の同位体 ²⁰⁶Pb への壊変時と考えられたからである。しかし、実際には、製造時に Po が殆ど消失したと考えられていたのに、引き続き α 線の発生が見られた。したがって、単に製造初期の段階で、高純度錫の α 線カウント数を低減させるだけでは、根本的な問題の解決とは言えなかった。

[0013] 上記は専ら、錫に関する α 線に関するものであるが、銅又は銅合金は半導体用として L S I の配線材料やチップとリードフレームを接続するボンディングワイヤに使われているのであるが、ボンディングワイヤはソフトエラーを起こすメモリー部分と距離が離れているためにワイヤから発生する α 線量はあまり考慮されず、0.5 c p h · c m² 以下程度で充分と考えられていた（下記特許文献 11 の段落 0004 参照）。

この他、銅又は銅合金ボンディングワイヤに関する特許文献があるが、 α 線量に関する開示は見当たらない。以下に、銅又は銅合金ボンディングワイヤに関する特許文献を列挙し、簡単に説明する。

[0014] 特許文献 12 には、半導体装置のボンディングワイヤ用高純度銅の製造方

法の記載があり、不可避不純物の全含有量を 5 p p m 以下、不可避不純物中の S、S e、及び T e 成分の含有量を、それぞれ S : 0. 5 p p m 以下、S e : 0. 2 p p m 以下、T e : 0. 2 p p m 以下、ビッカース硬さ、伸び、破断強度を向上させることが記載されている。

特許文献 1 3 には、ボンディングワイヤ用銅素材の製造方法として、電解精錬→真空溶解→帯域融解法により精製することが記載されている。

特許文献 1 4 には、F e、P、I n を含有し、S n、P b、S b のうち少なくとも 1 種以上のボンディングワイヤが記載されている。

[0015] 特許文献 1 5 には、半導体素子用ボンディング線素材の製造方法として、凝固速度を調整したボンディング線素材の製造方法が記載されている。

特許文献 1 6 には、導線用またはケーブル用体屈曲高力高導電性銅合金が記載され、F e、P を含有し、I n、S n、P b、S b から選択される 2 種と Z r を含有することが記載されている。

特許文献 1 7 には、耐熱高力高導電性銅合金が記載され、F e、P 含有、I n、S n、P b、S b から選択される 2 種と Z r を含有することが記載されている。

[0016] この他、銅の精製方法として、特許文献 1 8 に、アノードとカソードとを隔膜で分離させ、アノードから溶出した C u イオン含有電解液を抜き出し、カソードボックスに入れる直前に 0. 1 μ m 程度の目開きの活性炭フィルターを通す技術、特許文献 1 9 に、電解採取又は電解精製により高純度化することを前提とし、銅含有溶液のアノライトから酸と活性炭処理により不純物を除去し、除去した高純度銅液をカソライトとして使用する技術、特許文献 2 0 に、陽極（アノード）室および陰極（カソード）室を隔膜で分離した隔膜電解槽を使用し、電解液として塩素浴での黄銅鉍浸出液を用いてカソード室に給液して、カソード表面で電解還元により電気銅を採取する技術が記載されている。

しかし、これらの銅の精製方法において α 線を減少させるという技術開示はない。

先行技術文献

特許文献

- [0017] 特許文献1：特許第3 5 2 8 5 3 2号公報
特許文献2：特許第3 2 2 7 8 5 1号公報
特許文献3：特許第2 9 1 3 9 0 8号公報
特許文献4：特許第2 7 5 4 0 3 0号公報
特許文献5：特開平1 1－3 4 3 5 9 0号公報
特許文献6：特開平9－2 6 0 4 2 7号公報
特許文献7：特開平1－2 8 3 3 9 8号公報
特許文献8：特公昭6 2－4 7 9 5 5号公報
特許文献9：特公昭6 2－1 4 7 8号公報
特許文献10：WO 2 0 0 7－0 0 4 3 9 4号公報
特許文献11：特開2 0 0 5－1 7 5 0 8 9号公報
特許文献12：特公平7－3 6 4 3 1号公報
特許文献13：特公平8－2 3 0 5 0号公報
特許文献14：特公昭6 2－5 6 2 1 8号公報
特許文献15：特開昭6 3－3 4 9 3 4号公報
特許文献16：特開昭6 2－2 1 4 1 4 5号公報
特許文献17：特開6 1－7 6 6 3 6号公報
特許文献18：特許4 6 2 0 1 8 5号公報
特許文献19：特許4 5 1 9 7 7 5号公報
特許文献20：特開2 0 0 5－1 0 5 3 5 1号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0018] 最近の半導体装置は、高密度化及び動作電圧やセルの容量が低下している
ので、半導体チップ近傍の材料からの α 線の影響により、ソフトエラーが発生
する危険が多くなってきている。特に、半導体装置に近接して使用される

、銅又は銅合金配線、銅又は銅合金ボンディングワイヤ、はんだ材料などの銅又は銅合金に対する高純度化の要求が強く、また α 線の少ない材料が求められているので、本発明は、銅又は銅合金の α 線発生現象を解明すると共に、要求される材料に適応できる α 線量を低減させた銅又は銅合金、及び銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤを得ることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0019] 上記の課題を解決するために、以下の発明を提供するものである。

1) 溶解・鋳造した後の試料の α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下であることを特徴とする銅又は銅合金。

2) 溶解・鋳造から1週間後、3週間後、1ヵ月後、2ヵ月後、6ヵ月後及び30ヵ月後の、それぞれの α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下であることを特徴とする銅又は銅合金。

3) 純度が4N(99.99%)以上であることを特徴とする上記1)又は2)記載の銅又は銅合金。

この銅合金の場合、ベース(基)となるCuと添加元素を含めた純度である。

4) Pb含有量が 0.1 ppm 以下であることを特徴とする上記1)～3)のいずれか一項に記載の銅又は銅合金。

5) 上記1～4のいずれか一項に記載の銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤ。

発明の効果

[0020] 本発明は、最近の半導体装置は、高密度化及び動作電圧やセルの容量が低下しており、半導体チップ近傍の材料からの α 線の影響により、ソフトエラーが発生する危険が多くなってきているが、 α 線の少ない材料に適応できる銅又は銅合金及び銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤを提供できるという優れた効果を有する。これにより、半導体装置の α 線の影響によるソフトエラーの発生を著しく減少できる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]ウラン (U) が崩壊し、 ^{206}Pb に至るまでの崩壊チェーン (ウラン・ラジウム崩壊系列) を示す図である。

[図2]ポロニウムの同位体 ^{210}Po が殆どない状態から、 $^{210}\text{Po} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ の崩壊チェーンが再構築されて放射される α 線量を示す図である。

[図3]Cu中のPb含有量と α 線量との関係を示す図である。

[図4]隔膜電解法による鉛除去工程の概略を示す図である

発明を実施するための形態

[0022] α 線が発生する放射性元素は数多く存在するが、多くは半減期が非常に長いか非常に短いために実際には問題にならず、問題になるのはU崩壊チェーン (図1参照) における、ポロニウムの同位体 ^{210}Po から鉛の同位体 ^{206}Pb に壊変する時に発生する α 線である。

半導体装置に近接して使用される、銅又は銅合金配線、銅又は銅合金ボンディングワイヤ、はんだ材料には、銅又は銅合金を原料とする材料が開発されており、低 α 線の銅又は銅合金材料が求められている。

[0023] 例えば、銅又は銅合金ボンディングワイヤの原料としては、通常4N～5Nの無酸素銅が使用されており、鉛が0.1wt ppm以上含有されており、 α 線の発生量も0.001cpm/cm²を超えている。また、従来は、低 α 線の必要もないと考えられていたために、低減する動機もなかったと言える。

[0024] 前述の通り、Poは非常に昇華性が高く、製造工程、例えば溶解・鑄造工程で加熱されるとPoが昇華する。製造工程でポロニウムの同位体 ^{210}Po が除去されていけば、ポロニウムの同位体 ^{210}Po から鉛の同位体 ^{206}Pb への壊変も起こらず、 α 線も発生しないと考えられる (図1の「U崩壊チェーン」参照)。

しかし、ポロニウムの同位体 ^{210}Po が殆どない状態において、 $^{210}\text{Po} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ の崩壊が起こる。そして、この崩壊チェーンが平衡状態になるには約27ヶ月 (2年強) を要することが分かった (図2参

照)。

[0025] すなわち、銅材料中に鉛の同位体 ^{210}Pb (半減期22年) が含有されていると、時間の経過とともに $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi}$ (半減期5日) $\rightarrow ^{210}\text{Po}$ (半減期138日) の壊変 (図1) が進み、崩壊チェーンが再構築されて ^{210}Po が生じるために、ポロニウムの同位体 ^{210}Po から鉛の同位体 ^{206}Pb への壊変による α 線が発生するのである。

従って、製品製造直後は α 線量が低くても問題は解決せず、時間の経過とともに徐々に α 線量が高くなり、ソフトウェアが起こる危険性が高まるという問題が生ずるのである。前記約27ヶ月 (2年強) は、決して短い期間ではない。

[0026] 製品製造直後は、 α 線量が低くても時間の経過とともに徐々に α 線量が高くなるという問題は、材料中に図1に示すU崩壊チェーンの鉛の同位体 ^{210}Pb が含有されているからであり、鉛の同位体 ^{210}Pb の含有量を極力少なくしなければ、上記の問題を解決することはできないと言える。

図3にCu中のPb含有量と α 線量との関係を示す。この図3に示す直線は、鉛の同位体 ^{214}Pb 、 ^{210}Pb 、 ^{209}Pb 、 ^{208}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{206}Pb 、 ^{204}Pb の割合によって上下にシフトし、鉛の同位体 ^{210}Pb の割合が大きいほど上にシフトすることが分かった。

[0027] 以上から、この銅中の鉛の同位体 ^{210}Pb の割合を低減することが重要であり、またPbを0.1ppm以下にまで低減することにより、結果として、鉛の同位体 ^{210}Pb も低減できるため、時間の経過とともに α 線量が高くない。

また、鉛の同位体 ^{206}Pb の存在比が少ないということは、図1に示すU崩壊チェーンの比率が相対的に小さいということであり、この系列に属する鉛の同位体 ^{210}Pb も少なくなると考えられる。

[0028] これにより、溶解・鋳造した銅の α 線量が0.001cpm/cm²以下を達成することが可能となる。このレベルの α 線量にすることが、本願発明の基本であり、従来技術においては、このような認識を持って、上記を達成す

ることを開示又は示唆する記載はなかったと言える。

具体的には、溶解・鋳造から1週間後、3週間後、1ヵ月後、2ヵ月後、6ヵ月後及び鉛の同位体 ^{206}Pb への壊変による α 線を発生させるポロニウム同位体 ^{210}Po がない状態において、 $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ の崩壊チェーンが平衡状態になる27ヶ月を過ぎた30ヵ月後の、それぞれの α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下である銅又は銅合金を提供する。

[0029] なお、錫などの低 α 化（ α 線量の低減化）の電解精製で用いられる塩酸浴では、 Pb が析出しないため、本件の隔膜電解法によっては Pb を除去できない。又、 Cu の電解精製では、硝酸浴も使用されるが、この場合 Pb が析出しないため、本件の隔膜電解法によっては Pb を除去できない。本件では、 Pb を析出させることで、隔膜電解法によって Pb を除去し、低 α 化（ α 線量の低減化）を図るものである。

[0030] さらに、 α 線量を測定する場合に注意を要することがある。それは α 線測定装置（機器）から α 線（以下、必要に応じて「バックグラウンド（BG） α 線」という用語を使用する。）が出ることである。本願発明で上記の α 線量は、 α 線測定装置から出る α 線を除去した実質の α 線量である。本願明細書で記載する「 α 線量」は、この意味で使用する。

[0031] 以上については、銅又は銅合金から発生する α 線量について述べたが、銅又は銅合金を含有する合金においても、同様に α 線量の影響を強く受ける。 α 線量が少ないか又は殆ど発生しない銅以外の成分により α 線量の影響が緩和されることもあるが、少なくとも合金成分中に、銅が40%以上含有する銅合金の場合については、 α 線量が少ない本発明の銅を用いることが望ましいと言える。

[0032] 銅の精製は、以下に示す隔膜電解法により行う。

電解液は硫酸銅溶液とし、陽極と陰極の間に隔膜を設け、陽極側から抜き出した電解液中の析出物、特に硫酸鉛を除去した後に陰極側に電解液を供給する。

本発明の隔膜電解法は、硫酸銅溶液（例えば Cu 濃度30～200 g/L

）を用いること、隔膜は Pb^{2+} イオンが通過しないように陰イオン交換膜を用いることに特徴がある。隔膜電解を行っても、陽イオン交換膜を用いた場合には、 Pb^{2+} イオンが通過してしまい、カソード側の電析銅に鉛が混入してしまうので、上記の通り、陰イオン交換膜を用いる必要がある。また、電解液中から析出物の硫酸鉛の除去は、フィルターを用いた濾過により行う。

[0033] 上記の通り、本願発明は、硫酸銅溶液を電解液として用い、陰イオン交換膜を用いた隔膜電解法により、鉛を 0.1 ppm レベルまで除去することが可能となった。このようにして得た本願発明の銅又は銅合金は、半導体装置の α 線の影響によるソフトエラーの発生を著しく減少できるという優れた効果を有する。

なお、上記の通り、硫酸銅溶液を電解液として用い、陰イオン交換膜を用いた隔膜電解法は有効な方法であるが、 α 線量を 0.001 cph/cm^2 以下とすることができる製法であれば、この方法に限定されないことは容易に理解できるであろう。

実施例

[0034] 次に、本発明の実施例について説明する。なお、本実施例はあくまで一例であり、この例に制限されるものではない。すなわち、本発明の技術思想の範囲内で、実施例以外の態様あるいは変形を全て包含するものである。

[0035] (実施例1)

銅精錬工程における転炉で精製された後の粗銅（純度約99%）を原料アノードとし、硫酸銅溶液で電解精製を行った。粗銅中に含有されている鉛は硫酸鉛として析出するので、析出物が電析に巻き込まれるのを防止するために陰イオン交換膜を用いた隔膜電解とした。

陽極で粗銅を電気溶解し、所定の銅濃度になった液をポンプで抜き取り、ろ過後、析出物のない液を陰極に送り、電析を得た。これにより、鉛濃度の低い純度4Nの銅電析物を得た。 Pb 、 U 、 Th の含有量はそれぞれ $<0.01\text{ wt ppm}$ 、 $<5\text{ wt ppb}$ 、 $<5\text{ wt ppb}$ だった。

[0036] 回収した電析銅を洗浄・乾燥し、 1200°C の温度で溶解・鋳造し、溶

解・鋳造直後から α 線量の経時変化を調べた。 α 線測定用試料は溶解・鋳造した板を圧延して約1.5 mmの厚さにし、310 mm×310 mmのプレートに切り出した。この表面積は961 cm²である。これを α 線測定試料とした。

[0037] α 線測定装置はOrdel社製のGas Flow Proportional Counterモデル8600A-LBを用いた。使用ガスは90%アルゴン-10%メタン、測定時間はバックグラウンド及び試料とも104時間で、最初の4時間は測定室パージに必要な時間として5時間後から104時間後までである。つまり、 α 線量算出に用いたのは、溶解・鋳造から1週間後、3週間後、1ヵ月後、2ヵ月後、6ヵ月後の、それぞれにおける5時間後から104時間後までのデータである。

[0038] 上記試料について、溶解・鋳造から1週間後、3週間後、1ヵ月後、2ヵ月後、6ヵ月後及び鉛の同位体²⁰⁶Pbへの壊変による α 線を発生させるポロニウムの同位体²¹⁰Poがない状態において、 $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ の崩壊チェーンが平衡状態になる27ヶ月を過ぎた30ヵ月後に α 線量を測定した結果、 α 線量は最大でも0.001 cph/cm²であり、本願発明の条件を満たしていた。

[0039] また、銅合金インゴットとする場合において、添加する合金元素として、通常Al, Ag, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Co, Cr, Dy, Eu, Gd, Ge, In, Ir, La, Mg, Mo, Nd, Ni, P, Pd, Pt, Rh, Ru, Sb, Si, Sn, Sr, Y, Ti, Yb, Zn, Zrから選択される1種以上を数10～数100 wt ppm添加することが行われる。

この銅合金の製造の場合において、溶解・鋳造の際に、ベース（基）となるCuを含め、銅合金に含まれるPb, U, Thの含有量を、それぞれ<0.01 wt ppm, <5 wt ppb, <5 wt ppbとすることが重要であり、本実施例では、これらの銅合金の製造においても、同様に、 α 線量を測定した結果、 α 線量を最大でも0.001 cph/cm²を達成することがで

きた。

[0040] (比較例 1)

市販無酸素銅を溶解鑄造し、実施例 1 と同様の方法で α 線試料を作製した。Pb, U, Th 含有量はそれぞれ 1 wt ppm, <5 wt ppb, <5 wt ppb であった。

溶解鑄造直後から α 線量の経時変化を調べた結果、 α 線量は、溶解鑄造直後は 0.001 cph/cm² 以下であったが徐々に増加した。これは溶解・鑄造工程で Po が蒸発したために一時的に α 線量が低くなったが、Pb が 1 wt ppm 含有されているために、再び崩壊チェーンが構築されて α 線量が増加したと考えられる。この結果、本願発明の目的を達成することはできなかった。

[0041] (比較例 2)

銅精錬工程における転炉で精製された後の粗銅（純度約 99%）を原料アノードとし、硫酸銅溶液で隔膜を用いずに電解精製を行った。その結果 Pb, U, Th の含有量がそれぞれ 0.2 wt ppm, <5 wt ppb, <wt 5 ppb であった。

溶解鑄造直後から α 線量の経時変化を調べた結果、 α 線量は、溶解鑄造直後は 0.001 cph/cm² 以下であったが徐々に増加した。これは溶解・鑄造工程で Po が蒸発したために一時的に α 線量が低くなったが、Pb が 0.2 wt ppm 含有されているために再び崩壊チェーンが構築されて α 線量が増加したと考えられる。この結果、本願発明の目的を達成することはできなかった。

[0042] (実施例 2)

実施例 1 の方法で作製した銅インゴットを、線引き加工により直径 25 μ m のワイヤとした。 α 線測定装置の試料トレイに敷き詰め、実施例 1 と同様の方法で α 線を測定した結果、 α 線量は増加せず、安定して 0.001 cph/cm² 以下であった。以上から、この加工した銅ワイヤは、銅ボンディングワイヤとして、有効に利用できる。

[0043] また、前記実施例1において製造したAl, Ag, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Co, Cr, Dy, Eu, Gd, Ge, In, Ir, La, Mg, Mo, Nd, Ni, P, Pd, Pt, Rh, Ru, Sb, Si, Sn, Sr, Y, Ti, Yb, Zn, Zrから選択される1種以上を数10～数100wtppm添加した銅合金インゴットを用いて、線引き加工を行い、 α 線を測定した結果、 α 線量は増加せず、安定して0.001cph/cm²が得られた。これは、銅合金の製造段階における慎重な成分調整が重要であり、ベース（基）となるCuを含め、銅合金に含まれるPb, U, Thの含有量を、それぞれ<0.01wtppm, <5wtppb, <5wtppbとすることにより達成できたものである。

[0044] （比較例3）

比較例1及び比較例2の方法で作製した銅インゴットを線引き加工により直径25 μ mのワイヤとした。 α 線測定装置の試料トレイに敷き詰め測定した結果、 α 線量は、線引き加工直後は0.001cph/cm²程度であったが、これが徐々に増加した。以上から、この加工した銅ワイヤは、銅ボンディングワイヤとして、有効な材料とは言えない。

産業上の利用可能性

[0045] 上記の通り、本発明は α 線の少ない材料に適応できる銅又は銅合金及び銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤを提供できるという優れた効果を有するので、半導体チップへの α 線の影響を極力排除することができる。したがって、半導体装置の α 線の影響によるソフトエラーの発生を著しく減少でき、銅又は銅合金配線、銅又は銅合金ボンディングワイヤ、はんだ材料などの銅又は銅合金を使用する箇所の材料として有用である。

請求の範囲

- [請求項1] 溶解・鋳造した後の試料の α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下であることを特徴とする銅又は銅合金。
- [請求項2] 溶解・鋳造から1週間後、3週間後、1ヵ月後、2ヵ月後、6ヵ月後及び30ヵ月後の試料の、それぞれの α 線量が 0.001 cph/cm^2 以下であることを特徴とする銅又は銅合金。
- [請求項3] 純度が4N（99.99%）以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の銅又は銅合金。
- [請求項4] Pb含有量が 0.1 ppm 以下であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の銅又は銅合金。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の銅又は銅合金を原料とするボンディングワイヤ。