



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I863177 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：112110335

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 21 日

(51)Int. Cl. : G01N21/67 (2006.01)

(30)優先權：2022/04/11 日本 2022-065064

(71)申請人：日商杰富意鋼鐵股份有限公司(日本) JFE STEEL CORPORATION (JP)  
日本

(72)發明人：豬瀨匡生 INOSE, MASAO (JP)；古屋諒祐 FURUYA, RYOSUKE (JP)

(74)代理人：賴經臣；宿希成

(56)參考文獻：

JP S50-63989A

JP 2603998B2

JP 2014-20839A

JP 2014-215113A

審查人員：林永昌

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：4 共 18 頁

(54)名稱

金屬材料中 Sb 之光放射光譜分析法、精煉中熔鋼之 Sb 濃度測定方法及鋼材之製造方法

(57)摘要

本發明提供一種用於迅速且高精度地對金屬材料(尤其是鋼鐵材料等含有大量鐵之金屬材料)中所含之 Sb 之濃度進行測定之光放射光譜分析法。於上述光放射光譜分析法中，使金屬材料及與上述金屬材料相對向之電極之間反覆發生火花放電以產生激發發光，並對上述激發發光進行分光，為了求出上述金屬材料中所含之 Sb 之發光強度  $I_{Sb}$  相對於上述金屬材料之基質元素之發光強度  $I_M$  之比  $I_{Sb}/I_M$ ，測定上述發光強度  $I_M$  及上述發光強度  $I_{Sb}$ ，且以未滿 0.10 J 之放電能量實施上述火花放電。



I863177

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 金屬材料中Sb之光放射光譜分析法、精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法及鋼材之製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR EMISSION SPECTROCHEMICAL ANALYSIS OF ANTIMONY IN METAL MATERIAL, METHOD FOR MEASURING CONCENTRATION OF ANTIMONY IN MOLTEN STEEL DURING REFINING AND PRODUCTION METHOD OF STEEL RAW MATERIAL

## 【中文】

本發明提供一種用於迅速且高精度地對金屬材料(尤其是鋼鐵材料等含有大量鐵之金屬材料)中所含之Sb之濃度進行測定之光放射光譜分析法。於上述光放射光譜分析法中，使金屬材料及與上述金屬材料相對向之電極之間反覆發生火花放電以產生激發發光，並對上述激發發光進行分光，為了求出上述金屬材料中所含之Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於上述金屬材料之基質元素之發光強度 $I_M$ 之比 $I_{Sb}/I_M$ ，測定上述發光強度 $I_M$ 及上述發光強度 $I_{Sb}$ ，且以未滿0.10 J之放電能量實施上述火花放電。

【指定代表圖】 無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 金屬材料中Sb之光放射光譜分析法、精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法及鋼材之製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR EMISSION SPECTROCHEMICAL ANALYSIS OF ANTIMONY IN METAL MATERIAL, METHOD FOR MEASURING CONCENTRATION OF ANTIMONY IN MOLTEN STEEL DURING REFINING AND PRODUCTION METHOD OF STEEL RAW MATERIAL

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種金屬材料中Sb之光放射光譜分析法、精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法及鋼材之製造方法。

### 【先前技術】

【0002】 對鋼鐵材料中添加微量之特定元素可有效提昇其特性、呈現新功能，且已被實際上在應用中。

【0003】 例如，於高張力鋼領域中，以數百質量ppm水準對鋼鐵材料中添加Nb或Ti。其原因在於，添加至鋼鐵材料中之Nb或Ti會生成微細之碳化物，其可帶來析出強化作用。

又，於軸承鋼領域中，以數十質量ppm水準對鋼鐵材料中添加Sb。其原因在於，於熱成型或淬火等熱步驟中，添加至鋼鐵材料中之Sb可抑制由表面脫碳所導致之疲勞強度下降。

【0004】 因此，為了獲得目標特性，被要求對鋼鐵材料中之元素之濃度作適當之控制。

【0005】 鋼鐵材料中之元素的濃度調整係於熔鋼之精煉中實施。

即，採取精煉中之熔鋼之一部分以製作試樣，並迅速分析所製作之試樣中所含之目標元素(為了方便起見，稱為「元素A」)的濃度，根據該分析結果，算出用於使熔鋼中之元素A的濃度達到目標濃度之元素A的添加量，並以所算出之添加量將元素A添加至熔鋼中。

**【0006】** 用於對鋼鐵材料中之元素進行定量之方法，可舉例如火花放電光放射光譜分析法、雷射剝蝕ICP(感應耦合電漿)質譜法(LA-ICP-MS)等。

於火花放電光放射光譜分析法中，使金屬材料與電極之間反覆發生火花放電，並對各火花放電所產生之激發發光進行分光，並測定發光強度。

專利文獻1中揭示有如下方法，即，使用火花放電光放射光譜分析法，迅速且高精度地對鋼鐵材料等含有大量鐵之金屬材料中所含之碳之濃度進行測定。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

**【0007】**

[專利文獻1]日本專利特開2014-215113號公報

**【發明內容】**

(發明所欲解決之問題)

**【0008】** 但是，當利用專利文獻1所揭示之方法以測定鋼鐵材料之Sb濃度之情形時，其感度較低，無法測定數十質量ppm水準之Sb濃度。

因此，不得不另外實施濕式化學分析以準確測定鋼鐵材料之Sb濃度。由於濕式化學分析需要較長時間，因此無法測定精煉中之熔鋼之Sb濃度。

因此，熔鋼之Sb濃度的調整係於熔鋼之Sb濃度不明之情況下，根據過去之實績或精煉參數所得之預測值作為標準所實施。

結果，其存在屬於最終製品之鋼鐵材料之Sb濃度偏離目標濃度之情形，在該情形下其良率下降。

**【0009】** 本發明係鑒於以上事項所完成者，其目的在於提供一種用於迅速且高精度地對金屬材料(尤其是鋼鐵材料等含有大量鐵之金屬材料)中所含之Sb之濃度進行測定之光放射光譜分析法。  
(解決問題之技術手段)

**【0010】** 本發明人等進行了銳意研究，結果發現藉由採用下述構成，可達成上述目的，從而完成了本發明。

**【0011】** 即，本發明提供以下之[1]~[6]。

[1]一種金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其係使金屬材料及與上述金屬材料相對向之電極之間反覆發生火花放電以產生激發發光，並對上述激發發光進行分光，為了求出上述金屬材料中所含之Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於上述金屬材料之基質元素之發光強度 $I_M$ 的比 $I_{Sb}/I_M$ ，測定上述發光強度 $I_M$ 及上述發光強度 $I_{Sb}$ ；其中，以未滿0.10 J之放電能量實施上述火花放電。

[2]如上述[1]所記載之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其以0.07 J以下之放電能量實施上述火花放電。

[3]如上述[1]或[2]所記載之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其設置延遲時間而測定上述發光強度。

[4]如上述[3]所記載之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其中，上述延遲時間為每一次上述火花放電之Sb之發光強度降低至最大値之60%所需的時間以上。

[5]一種精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法，其係採取精煉中熔鋼之一部分以製作分析試樣，使用光放射光譜分析法，測定上述分析試樣之基質元素之發光強度 $I_M$ 及上述分析試樣中所含之Sb之發光強度 $I_{Sb}$ ，並使用上述發光強度 $I_{Sb}$ 相對於上述發光強度 $I_M$ 之比 $I_{Sb}/I_M$ ，根據預先求出之比 $I_{Sb}/I_M$ 與Sb濃度之間之關係，獲得上述分析試樣之Sb濃度；其中，上述光放射光譜分析法為如上述[1]~[4]中任一項所記載之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法。

[6]一種鋼材之製造方法，其係使用如上述[5]所記載之精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法而獲得精煉中熔鋼之Sb濃度，根據所得之上述Sb濃度決定對上述精煉中熔鋼中之Sb添加量，根據所決定之上述Sb添加量對上述精煉中熔鋼中添加Sb，而製造鋼材。

(對照先前技術之功效)

**【0012】** 根據本發明，其可迅速且高精度地對金屬材料(尤其是鋼鐵材料等含有大量鐵之金屬材料)中所含之Sb之濃度進行測定。

**【圖式簡單說明】**

**【0013】**

圖1係表示背景當量濃度(BEC, Background Equivalent Concentration)與放電能量之關係之一例的圖。

圖2係表示BEC與延遲時間之關係之一例的圖。

圖3係表示每一次火花放電時之Fe及Sb之發光行為的圖。

圖4係表示Sb之發光強度與BEC之關係的圖。

**【實施方式】**

**【0014】**

[本發明人等所獲得之見解]

本發明人等著眼於火花放電光放射光譜分析法，研究了用於對鋼鐵材料中之數十質量ppm水準之Sb進行定量之條件。

【0015】為了使火花放電光放射光譜分析法高感度化，其有效之做法為降低被認為與定量下限有關之背景當量濃度(Background Equivalent Concentration, BEC)之值。

BEC係對由不含分析對象元素(分析對象元素之含量為零)之樣品所獲得之信號強度進行濃度換算所得者，係根據將截距 $b$ 除以校準曲線( $y = ax + b$ )之斜率 $a$ 時之絕對值( $|b/a|$ )所求出。

【0016】於火花放電光放射光譜分析法中，使用分析對象元素A之發光強度 $I_A$ 相對於基質元素之發光強度 $I_M$ 之比( $I_A/I_M$ )作為信號強度，以抑制來自樣品之偏差。

因此，為了降低BEC，較佳為使斜率 $a$ 增大，即，使比( $I_A/I_M$ )之值增大。

【0017】於是，本發明人等對各種分析條件進行變更，且每變更一次便求出BEC並進行比較。

結果發現，於火花放電之能量(放電能量)與BEC之關係、及對各火花放電後之激發發光進行測定時設置之延遲時間與BEC之關係中，Sb出現了特有之行為。

【0018】圖1係表示BEC與放電能量之關係之一例的圖。

如圖1所示，於分析對象元素為Cr、Ti、V及Zr之情形時，即便改變放電能量(單位：J)，BEC之值亦幾乎無變化。與之相對的，於分析對象元素為Sb之情形時，藉由降低放電能量，BEC之值則降低。

【0019】圖2係表示BEC與延遲時間之關係之一例的圖。

如圖2所示，於分析對象元素為Sb之情形時，藉由設置延遲時間(單位：n秒)，BEC則降低。

**【0020】** 本發明係基於上述見解而完成者。

以下，對本發明之較佳實施形態進行說明。

**【0021】**

[金屬材料中Sb之光放射光譜分析法]

首先，對本實施形態之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法(以下亦稱為「本分析法」)進行說明。

**【0022】**

<金屬材料中Sb之光放射光譜分析法中所使用之裝置>

本分析法中所使用之裝置只要為火花放電光放射光譜分析裝置，則並無特別限制，但較佳為同時對數種元素進行測定之類型的固體光放射光譜分析裝置。

**【0023】**

<金屬材料>

作為本分析法之屬於試樣之金屬材料，並無特別限制，但由於本分析法係對含有大量鐵之金屬材料尤為有效，因此較佳為含有大量鐵之金屬材料。即，金屬材料之基質元素較佳為鐵(Fe)。

又，用作本分析法之試樣之金屬材料可含有銻(Sb)作為分析對象元素。

作為此種試樣(金屬材料)，例如可使用：自精煉中之熔鋼等中採取，使其凝固後，進行剪切，並對剪切面進行研磨而成之試樣；剪切鋼鐵材料，並對剪切面進行研磨而成之試樣；等。

**【0024】**

### <火花放電>

以與金屬材料相對向之方式配置電極，於惰性氣體中或真空中，使金屬材料與電極之間發生多次火花放電，以產生激發發光。火花放電可藉由公知之方法而產生。

火花放電之次數(脈衝數)設定為能夠以高精度進行分析之適當次數者即可。亦可視需要實施預備放電。採集分析用資料之火花放電之次數較佳為1000~2000次左右。

火花放電之重複頻率由於對於分析性能並無特別大之貢獻，因而較佳為通常之200~400 Hz。

**【0025】** 於本實施形態中，火花放電之能量(放電能量)為未滿0.10 J。藉此，Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於基質元素之發光強度 $I_M$ 之比( $I_{Sb}/I_M$ )之值變大，從而能夠降低BEC。

放電能量較佳為0.07 J以下，更佳為0.05 J以下。

**【0026】** 另一方面，若放電能量過低，則存在比( $I_{Sb}/I_M$ )之偏差變大，精度降低之情形。因此，放電能量較佳為0.01 J以上，更佳為0.02 J以上。

**【0027】**

### <分光>

繼而，對藉由實施火花放電而產生之激發發光進行分光，從而獲得每個元素固有之光譜線。

**【0028】**

### <發光強度之測定>

繼而，對藉由激發發光之分光而獲得之每個元素固有之光譜線之發光強度進行測定。由此，測定Sb及基質元素之發光強度。

於測定Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 時，明線並無特別限定，於試樣為含有大量鐵之金屬材料之情形時，較佳為使用分光干涉較少之波長的217.58 nm之明線。

測定基質元素之發光強度 $I_M$ 時之明線只要為來自基質元素之明線，且無其他元素之重疊，可獲得充分強度之明線，則並無特別限定。例如，於試樣(金屬材料)為鋼鐵材料之情形時，屬於基質元素之Fe之明線，可舉例如Fe(I)287.2 nm、Fe(II)271.4 nm等。

### 【0029】

<延遲時間>

本發明人等對每一次火花放電時擷取激發發光時之延遲時間之影響進行了調查。其結果，相較於火花放電後立即測定發光強度之情形，於自火花放電後設置一定之延遲時間後測定發光強度之情形時，BEC有所降低(圖2)。

【0030】圖3係表示每一次火花放電時之Fe及Sb之發光行為的圖，橫軸表示自火花放電後之經過時間(單位： $\mu$ 秒)，縱軸表示標準化之發光強度。

再者，關於圖3之縱軸，為了對發光強度之絕對值不同之各元素進行比較，將各元素之發光強度修正為最小值為零、最大值為1。即，對發光強度進行標準化。

如圖3之圖所示，Sb與屬於基質元素之鐵(Fe)相比，可見到發光稍微延遲之傾向。由此可認為，若設置延遲時間，則因Fe消光而使背景變低，與此同時，Sb之發光相對地占主導地位，BEC則降低。

【0031】圖4係表示Sb之發光強度與BEC之關係的圖。

當含有大量鐵之金屬材料之情形時，延遲時間設定為每一次火花放電時之Sb之發光強度較最大值(最大發光強度)降低之時間即可。

具體而言，延遲時間較佳為每一次火花放電時之Sb之發光強度降低至最大值(最大發光強度)之90%之時間以上，更佳為降低至80%之時間以上，進而較佳為降低至60%之時間以上。

【0032】另一方面，當延遲時間過長時，雖然BEC降低，但其存在發光強度產生偏差，定量Sb時之精度劣化之情形。

因此，延遲時間較佳為每一次火花放電時之Sb之發光強度降低至最大值(最大發光強度)之20%之時間以下，更佳為降低至30%之時間以下。

【0033】關於在經過延遲時間後擷取激發發光之時間(閘極寬度)，只要能夠於定量Sb時測定到充分之發光強度，則並無特別限定。其可在經過延遲時間後設置一定時間之閘極寬度，亦可自經過延遲時間後至完全淬熄為止設置閘極寬度。

#### 【0034】

[精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法]

繼而，對本實施形態之精煉中熔鋼的Sb濃度測定方法(以下亦稱為「本測定方法」)進行說明。

#### 【0035】

<分析試樣之製作>

於本測定方法中，首先，由精煉中熔鋼製作分析試樣。

具體而言，自精煉中之熔鋼中採取一部分熔鋼，使其凝固後，剪切為適當之尺寸。其後，對剪切面進行研磨，製成分析試樣。

#### 【0036】

<Sb及基質元素的發光強度之測定>

繼而，使用光放射光譜分析法，對所製作的分析試樣測定基質元素之發光強度 $I_M$ 及Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 。

於本測定方法中，使用上述本分析法作為光放射光譜分析法。

### 【0037】

<Sb濃度之測定>

繼而，根據所測定之發光強度 $I_M$ 及發光強度 $I_{Sb}$ 求出比 $(I_{Sb}/I_M)$ ，使用所求出之比 $(I_{Sb}/I_M)$ ，並根據預先求出之比 $(I_{Sb}/I_M)$ 與Sb濃度之關係，獲得分析試樣之Sb濃度。

具體而言，例如預先準備包含分析對象之Sb濃度範圍之Sb濃度為已知的金屬材料(鋼鐵材料等)作為基準試樣。此時，準備Sb濃度不同之2種以上基準試樣。

繼而，使用上述本分析法作為光放射光譜分析法，求出基準試樣之比 $(I_{Sb}/I_M)$ 。再者，於基準試樣及分析試樣中，將使用光放射光譜分析法之測定條件設為相同。

根據所獲得之比 $(I_{Sb}/I_M)$ 與Sb濃度之關係，製作校準曲線。

預先製作此種校準曲線，將分析試樣之比 $(I_{Sb}/I_M)$ 代入該校準曲線，藉此算出Sb濃度。

### 【0038】

[鋼材之製造方法]

繼而，對本實施形態之鋼材之製造方法(以下亦稱為「本製造方法」)進行說明。

於本製造方法中，首先，使用上述之本測定方法，獲得精煉中熔鋼之Sb濃度。繼而，基於所得之Sb濃度，決定對精煉中熔鋼中之Sb添加量。即，決定使精煉中熔鋼之Sb濃度成為目標濃度之Sb添加量。

其後，根據所決定之Sb添加量，對精煉中熔鋼中添加Sb。如此以製造鋼材。

根據本製造方法，由於其可高精度地控制添加至精煉中熔鋼中之Sb之量，因而可良率良好地製造具有穩定之特性之鋼材。

[實施例]

**【0039】** 以下列舉實施例對本發明進行具體說明。但本發明並不受限於以下說明之實施例。

**【0040】**

<本發明例1~2及比較例1>

對自精煉中熔鋼中採取之分析試樣(12個試樣)，使用火花放電光放射光譜分析法，測定屬於基質元素之Fe之發光強度 $I_{Fe}$ 及Sb之發光強度 $I_{Sb}$ ，求出Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於Fe之發光強度 $I_{Fe}$ 之比( $I_{Sb}/I_{Fe}$ )，從而算出Sb濃度(單位：質量ppm)。

**【0041】** 於本發明例1~2中，使用上述之本分析法作為火花放電光放射光譜分析法。

具體而言，於本發明例1中，以0.02 J之放電能量實施火花放電(積分放電)。延遲時間設為以Sb之發光強度計可獲得最大發光強度之50%之發光強度之時間。

於本發明例2中，以0.05 J之放電能量實施火花放電(積分放電)。延遲時間設為以Sb之發光強度計可獲得最大發光強度之40%之發光強度之時間。

**【0042】** 另一方面，於比較例1中，使用標準測定條件下之習知之火花放電光放射光譜分析法作為火花放電光放射光譜分析法。

【0043】於任一例中，均預先使用Sb濃度已知之鋼鐵樣品作為基準試樣，製作Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於Fe之發光強度 $I_{Fe}$ 之比( $I_{Sb}/I_{Fe}$ )與Sb濃度之校準曲線，再使用該校準曲線算出Sb濃度。

【0044】使用Sb(I)217.58 nm之明線作為Sb之明線。

使用Fe(I)287.2 nm之明線作為Fe之明線。

【0045】作為分析試樣，使用自精煉過程中之熔鋼中採取之圓筒形的澆鑄試樣。

將澆鑄試樣於中央切割成圓片，獲得剪切面，使用砂帶(粒度：#80)進行研磨。對所得之研磨面測定Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 及Fe之發光強度 $I_{Fe}$ 。

再者，自Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 測定後之試樣中採取數g左右之碎片試樣，並對其中一部分進行酸溶解，以求出Sb濃度之化學分析值(單位：質量ppm)。

【0046】

將使用光放射光譜分析法之發光強度 $I_{Fe}$ 及發光強度 $I_{Sb}$ 之測定條件記載於下述表1中。

又，將根據比( $I_{Sb}/I_{Fe}$ )算出之Sb濃度(單位：質量ppm)記載於下述表2中。下述表2中亦一併記載有化學分析值。

【0047】

[表1]

表1

	本發明例1		本發明例2		比較例1	
	預備放電	積分放電	預備放電	積分放電	預備放電	積分放電
放電能量 [J]	0.2	0.02	0.2	0.05	0.2	0.10
脈衝數 [次]	1200	1000	1200	1000	1200	1000
延遲時間 [ $\mu$ 秒]	-	60	-	80	-	0
閘極寬度 [ $\mu$ 秒]	-	150	-	150	-	300

## 【0048】

[表2]

表2

分析試樣No.	Sb濃度[質量ppm]			
	測定結果			化學分析值
	本發明例1	本發明例2	比較例1	
1	10	16	24	11
2	10	13	21	10
3	11	13	26	12
4	21	20	21	21
5	18	16	21	18
6	22	21	25	21
7	47	47	53	48
8	37	39	42	40
9	36	34	40	36
10	42	41	41	41
11	46	45	41	44
12	47	48	49	47

## 【0049】

&lt;評估結果總結&gt;

如上述表2所示，比較例1之Sb濃度之測定結果大幅背離化學分析值。具體而言，作為表示測定結果之準確性(不準確性)之指標，求出 $\sigma D$ ，結果比較例1之 $\sigma D$ 為5.1質量ppm。

於比較例1中，尤其是於30質量ppm以下之Sb濃度下，背離較大。

被認為其原因在於，於比較例1之測定條件下，定量下限為40質量ppm左右，其難以對少於40質量ppm之濃度的Sb進行定量。

【0050】與之相對的，本發明例1~2之Sb濃度的定量結果與化學分析值極為一致。具體而言，本發明例1之 $\sigma D$ 為1.2質量ppm，本發明例2之 $\sigma D$ 為1.9質量ppm。

本發明例1之測定條件下的定量下限為約8質量ppm，本發明例2之測定條件下的定量下限為約24質量ppm，因而可認為已獲得了更準確之測定結果。

**【0051】**再者，習知者係使用濕式化學分析對Sb進行定量，於該情形時，自試樣採取至獲得定量結果之時間需要1天左右，而在本發明例1～2中為15分鐘左右。

因此顯示出，於本發明例1～2中，其可迅速且高精度地對鋼鐵材料中所含之微量Sb進行定量。

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其係使金屬材料及與上述金屬材料相對向之電極之間反覆發生火花放電以產生激發發光，並對上述激發發光進行分光，為了求出上述金屬材料中所含之Sb之發光強度 $I_{Sb}$ 相對於上述金屬材料之基質元素之發光強度 $I_M$ 之比 $I_{Sb}/I_M$ ，而測定上述發光強度 $I_M$ 及上述發光強度 $I_{Sb}$ ；其中，

以0.05J以下之放電能量實施上述火花放電。

【請求項2】 如請求項1之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其中，設置延遲時間以測定上述發光強度。

【請求項3】 如請求項2之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法，其中，上述延遲時間為每一次上述火花放電之Sb之發光強度降低至最大值之60%的時間以上。

【請求項4】 一種精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法，其係採取精煉中熔鋼之一部分而製作分析試樣，使用光放射光譜分析法，測定上述分析試樣之基質元素之發光強度 $I_M$ 及上述分析試樣中所含之Sb之發光強度 $I_{Sb}$ ，

使用上述發光強度 $I_{Sb}$ 相對於上述發光強度 $I_M$ 之比 $I_{Sb}/I_M$ ，根據預先求出之比 $I_{Sb}/I_M$ 與Sb濃度之關係，獲得上述分析試樣之Sb濃度；其中，

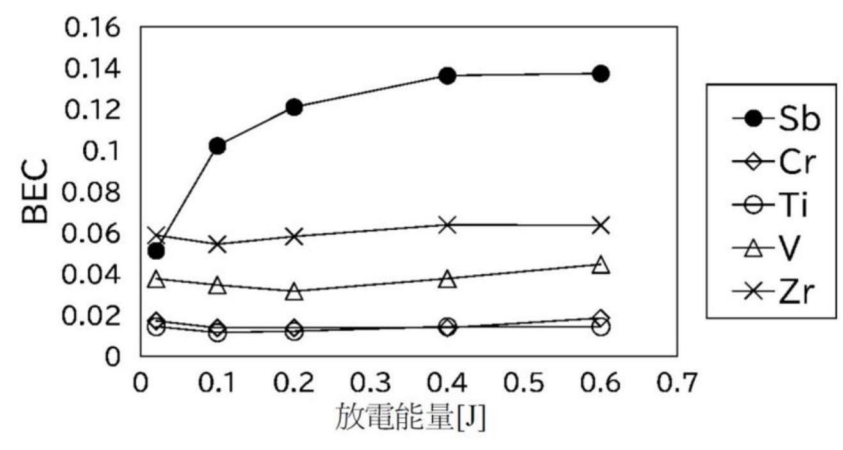
上述光放射光譜分析法為請求項1至3中任一項之金屬材料中Sb之光放射光譜分析法。

【請求項5】 一種鋼材之製造方法，其使用請求項4之精煉中熔鋼之Sb濃度測定方法而獲得精煉中熔鋼之Sb濃度，

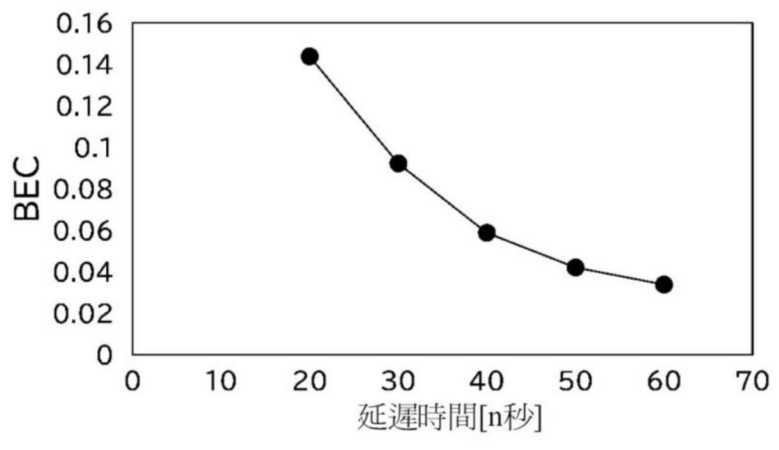
根據所得之上述Sb濃度決定對上述精煉中熔鋼之Sb添加量，

根據所決定之上述Sb添加量對上述精煉中熔鋼添加Sb，而製造鋼材。

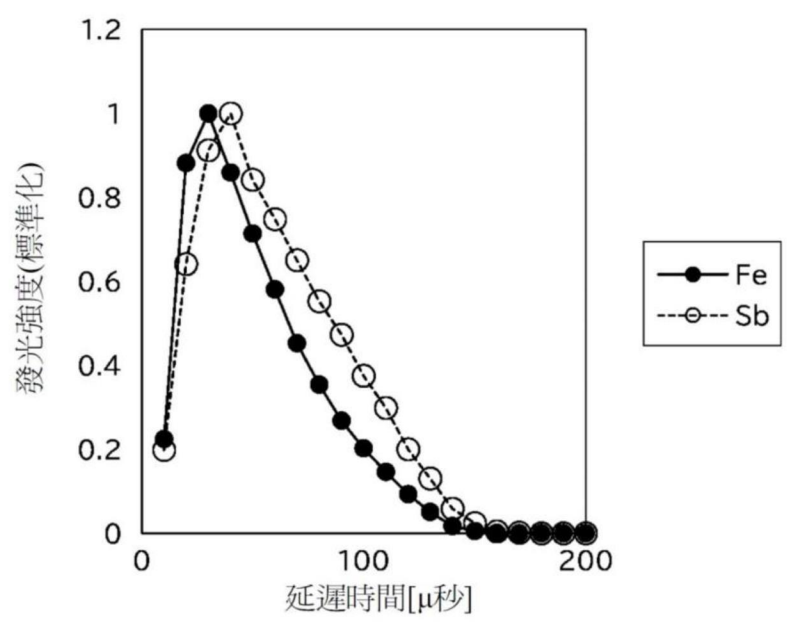
### 【發明圖式】



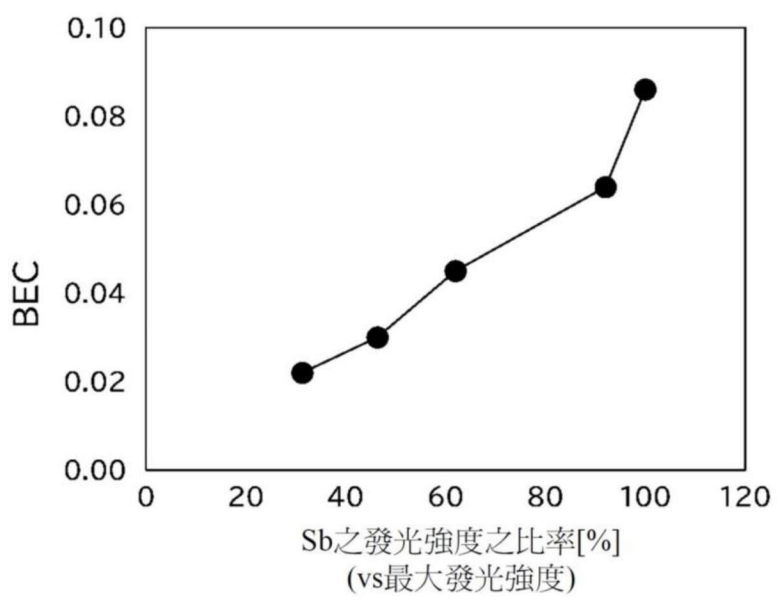
【圖1】



【圖2】



【圖3】



【圖4】