

|           |                                                                                                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | アブドレイム アヒマディジャン<br>阿不都熱依木 艾合買提江                                                                                          |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (理 学)                                                                                                                |
| 学 位 記 番 号 | 理 博 第 2472 号                                                                                                             |
| 学位授与の日付   | 平成 14 年 3 月 25 日                                                                                                         |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当                                                                                                  |
| 研究科・専攻    | 理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻                                                                                                |
| 学位論文題目    | RE-ENTRANT AND SALIENT CORNER EFFECTS OF SPINEL<br>-TWINNED NATURAL DIAMOND<br>スピネル双晶した天然ダイヤモンドの凹入角および salient corner 効果 |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 北 村 雅 夫      教 授 小 畑 正 明      助教授 下 林 典 正                                                                   |

### 論 文 内 容 の 要 旨

天然に産するダイヤモンドは地球深部で形成され、化学的に非常に安定な高压鉱物である。したがって、天然ダイヤモンドの形態や内部組織を研究することによって、地球深部における結晶の成長過程や成長環境についての情報を得ることが可能である。多くの天然ダイヤモンドは主として {111} 面で囲まれた八面体の結晶として産する。この単結晶では、八つの {111} 面が結晶学的に等価であり等方的な環境下では成長速度に差異が生じないため、結晶の成長形から成長環境の変動を推定することは、一般的に困難である。一方、多くはないが、スピネル双晶した天然ダイヤモンドが産する。この双晶した結晶は、二つの八面体結晶が (111) 面でお互いに接触した形態を持つ。この時、結晶学的に等価である {111} 面は、双晶境界に接する面と接しない面とに分けられる。双晶境界の働きにより、これらの面の相対的な成長速度が異なり、成長形も多様化する。本研究では、この点に着目して、スピネル双晶したダイヤモンド結晶の形態変化から、天然ダイヤモンドの成長環境の変動を見積もる事を目的とした。

さらに、スピネル双晶したダイヤモンドの多くは三角平板状の結晶として産する。従来、この平板状の形態は二個体単結晶が互いに接触して兩個体の間に出来る凹入角部の優先成長によるものと強調されてきた。しかしながら、凸出角での優先成長によっても三角平板化が可能であるにもかかわらず、凸出角での優先成長に関する検討が行われてこなかった。本研究では、凸出角 (salient corner) での優先成長を凸出角効果と定義し、南アフリカ産のスピネル双晶した天然ダイヤモンドの外形と内部組織を観察することにより、凹入角効果と凸出角効果を確かめることも本研究の目的の一つとした。

双晶の形態：外形の観察からスピネル双晶の形態は三角平板状の成長形を示すが、凹入角の形態を四つのタイプに分類できる。(Ⅰ) 三つの凹入角はほとんど平らな {111} 面で構成されている、(Ⅱ) 凹入角部の二つの {111} 面上にいくつかの厚成長層が広がり、双晶境界部の中心に分布する、(Ⅲ) 本来の凹入角部は高指数を持つ四つの面より構成されたピラミッド状となり、先端に小さい凹入角が残っている、(Ⅳ) 凹入角が完全に埋められて尖がっている形態となる。この凹入角の形態的な特徴によって双晶形態は A, B, C, D の四つのグループに分けられる。また、双晶の平板性を求め、それと各面の法線成長速度比との関係を導いた結果は、明らかに凹入角での優先成長だけでなく、凸出角での優先成長が生じることを示している。この凸出角での優先成長は本研究で初めて明らかとなったものである。

累帯構造：4つのグループの形態の違いを説明するには、外形だけではなく、内部組織を調べ、成長履歴を明らかにする必要がある。そこで、本研究では各グループの結晶を、一つの凹入角部を通り、接合面に垂直に切断し、切断面を走査型電子顕微鏡の陰極線ルミネセンス (CL) でその累帯構造を観察した。また、結晶中心が見えるまで研磨と観察を繰り返し、X線分析顕微鏡で双晶境界を観察した。

各結晶の内部組織に成長段階を示す整合的な累帯と溶解作用を示す不整合的な累帯構造が観察され、この不整合累帯により各結晶の累帯構造は異なる領域に分けられる。そのうち中心領域の観察によって、成長初期から双晶が形成されていた事が分かった。その後、双晶が成長するにつれ平板性が増し、凹入角部が異なる形態を示す。

成長段階を示す成長バンドの幅を測定し、双晶成長段階における各面の法線成長速度の比を見積もった結果、凹入角部にある二つの  $\{111\}$  面の法線成長速度と凸出角にある二つの  $\{111\}$  面の法線成長速度との両者間で成長速度比に有意な差が見られ、成長と共に各面の成長速度比は常に変動している事が分かった。そして成長形の変化及び平板性は、凹入角と凸出角での優先成長によって形成されたことが確かめられた。

またこの累帯構造の成長バンドから成長速度の比を測定することによって、その成長条件を定性的に推定することができた。各結晶の成長過程において過飽和度が変動している事が明らかとなった。

一般に、温度・圧力が一定で、閉鎖系で結晶が成長する場合は、過飽和度は成長が進むにつれ、低くなっていくと考えられるが、累帯構造から、成長速度比の変化を読み取った結果、その過飽和度は、従来考えられていた単調なものではなく、成長と共に変動している事が分かった。このような過飽和度の変動は、温度、圧力の著しい変化、あるいは系に対する炭素の添加によって引き起こされたと考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

天然ダイヤモンドなど地球深部で形成される鉱物の成長条件については、多くの研究にもかかわらず、不明な点が多い。本論文は、スピネル双晶した天然ダイヤモンドに着目して、地球深部における天然ダイヤモンド結晶の成長履歴を推定することを目的としたものである。スピネル双晶したダイヤモンドは、二個体単結晶が互いに接触して両個体の間に出来る凹入角部の優先成長によるものと考えられてきたが、本論文では凸出部効果による優先成長をはじめて考察し、南アフリカ産のスピネル双晶した天然ダイヤモンドの外形及び内部組織の観察を行い、成長形の三次元的な変化を明らかにした。また、成長累帯構造から成長速度の比を推定し、形態変化による過飽和条件の変動を推定している。

スピネル双晶の形態は三角平板状の成長形を示すが、申請者は、双晶外形の観察から凹入角の形態を4つのタイプに分類した。(Ⅰ) 三つの凹入角はほとんど平らな  $\{111\}$  面で構成されている形態、(Ⅱ) 凹入角部の二つの  $\{111\}$  面上にいくつかの厚成長層が広がり、双晶境界部の中心に分布する形態、(Ⅲ) 本来の凹入角部は高指数を持つ四つの面より構成されたピラミッド状となり、先端に小さい凹入角が残っている形態、(Ⅳ) 凹入角が完全に埋められて尖がっている形態である。この凹入角の形態的な特徴によって双晶形態を A, B, C, D の四つのグループに分けている。また、双晶の平板性を求め、それと各面の法線成長速度比との関係を導いた結果は、明らかに凹入角部での優先成長だけでなく、凸出角での優先成長が生じることを示している。この凸出角での優先成長は本研究で初めて明らかとなったもので、凸出角効果と定義している。

申請者は、さらに、成長過程での成長形の変化や成長環境の変動を明らかにするために、内部組織の詳細な観察を行った。そこで、4つのグループの結晶を、一つの凹入角部を通り、接合面に垂直に切断し、切断面を走査型電子顕微鏡の陰極線ルミネセンス (CL) でその累帯構造を観察している。また、結晶中心が見えるまで研磨と観察を繰り返し、X線分析顕微鏡で双晶境界をも観察している。

各結晶の内部組織に成長段階を示す整合的な累帯と溶解作用を示す不整合的な累帯構造が観察され、この不整合累帯により各結晶の累帯構造は異なる領域に分けられた。そのうち中心領域の観察によって、成長初期から双晶が形成されていた事が分かった。その後、双晶が成長するにつれ平板性が増し、凹入角部が異なる形態を示す。

成長段階を示す成長バンドの幅を測定し、双晶成長段階における各面の法線成長速度の比を見積もった結果、凹入角部にある二つの  $\{111\}$  面の法線成長速度と凸出角にある二つの  $\{111\}$  面の法線成長速度との両者間で成長速度比に有意な差が見られ、成長と共に各面の成長速度比は常に変動している事が分かった。そして成長形の変化及び平板性は、凹入角部と凸出角での優先成長によって形成されたことが確かめられた。またこの比から、成長過程において過飽和度が変動している事が明らかとなった。単純に閉鎖系での成長過程からは、過飽和度が上昇したことを解釈できない。したがって、温度、圧力の著しい変化あるいは成長系での炭素の増加によって過飽和度に変化が生じたと考察している。

以上のように、申請者は、本論文で、双晶境界の働きにより成長形も多様化する現象に着目して、スピネル双晶したダイヤモンド結晶の形態変化から、天然ダイヤモンドの成長環境の変動を見積もる事に初めて成功した。よって、本論文は、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。なお、主論文および参考論文に報告されている研究実績を中心とし、これに関連した研究分野について諮問した結果、合格と認めた。