



Title	イオンビームによる表面硬化層形成に関する研究
Author(s)	熊谷, 正夫
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41202
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	熊 谷 正 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 2 3 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 12 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	イオンビームによる表面硬化層形成に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宅 正 司 (副査) 教 授 柴 田 俊 夫 教 授 野 城 清 教 授 山 本 雅 彦 教 授 森 博 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はイオンビームによる硬化層形成と、それにともなうイオン照射効果の解明に関する研究についてまとめたもので、序論、本論 5 章および結論の 7 章より成っている。

第 1 章は序論であり、本研究の目的、方針および論文の構成について述べている。

第 2 章では、本研究に関する基礎的な理解を深めるため、イオンと固体の相互作用に関する理論的背景について述べている。

第 3 章では、多結晶 Ni, Cu 基板に対し、炭素 (C) の MeV イオン注入により表面硬化層を形成し、固溶度の表面硬化に与える影響について述べている。C を固溶しない Cu では硬化層は形成されないが、固溶する Ni は硬化層を形成し、非平衡過程のイオン注入において固溶度が重要な役割を果たす事を示している。

第 4 章では、前章の観察結果に対する微視的機構について単結晶の Ni, Cu 基板を用いて論じている。Cu 基板では C が順次析出され、硬化層の形成がなされないが、Ni 基板では C は格子間に取り込まれ、過飽和固溶体を生成して硬化層が形成される事を示すと共に、注入量の増大に伴い、微結晶化や準安定層形成が生じ、硬化の機構が変化する事を明らかにしている。

第 5 章では、硬質薄膜材料としての BN の諸特性について述べた後、h-BN (α -BN) に対して MeV 領域から keV 領域のイオンビームを照射したときの構造の変化について示している。イオンビーム照射により sp^2 から sp^3 への結合状態の変化が生じる事、およびこのような変換にはイオンの核的エネルギー付与と電子的エネルギー付与の両方が必要な事を示している。

第 6 章では、前章で得られた結果をもとに、数 keV 程度のイオンを用いたイオンビーム支援蒸着 (IBAD) 法による c-BN 硬化層の合成機構と、その実用的な特性について調べた結果をまとめている。すなわち、c-BN 硬化層形成の最適条件を見出し、c-BN 相の形成機構について考察している。また、得られた c-BN 薄膜の実用特性の評価を行い、応力緩和層を挿入した c-BN 薄膜の機械的特性、耐食性、熱的安定性、化学的安定性のいずれもが良好である事を示している。

第7章は結論であり、以上の研究で得られた結果をまとめ、本論文の総括としている。

論文審査の結果の要旨

イオン照射により材料表面の特性を制御しようという試みは金属材料、半導体の分野で活発に行なわれている。材料硬度は材料の基礎的な特性の一つであり、摩擦・摩耗特性や疲労強度などの他の機械的特性と関係が深い。そして各種部品の使用環境の多様化や過酷化により、表面の硬化層の生成においても、硬度のみならず硬化層の深さの制御なども必要となってきた。本論文では、高エネルギーイオン注入による母材自体の表面改質、および低エネルギーイオンを用いたイオンビーム支援蒸着 (Ion Beam Assisted Deposition: IBAD) 法による表層の薄膜形成という2つの手法により硬化層形成を行なっている。そして、数 keV から数 MeV 領域の広いエネルギー範囲にわたるイオン照射を行なう事により、硬化層形成におけるイオンの照射効果について、種々の分析手法を用いていくつかの新しい知見を得ている。

本論文の成果を要約すると次の通りである。

- (1) 金属材料に MeV イオン注入を行ない、基板材料の注入化学種に対する固溶度の違いが硬化層形成に大きく影響する事を明らかにしている。
- (2) MeV イオン注入による表面硬化の要因として、注入量に依存して固溶体硬化、過飽和固溶体の形成、析出硬化等と硬化機構が変化する事を示している。また、このような高エネルギーイオンの励起効果のひとつと考えられる、Ni₃C などの準安定層の生成を示している。
- (3) MeV イオン注入により、低注入量かつ低温で μm 領域にいたる任意の深さの硬化層が生成可能な事を示している。
- (4) h-BN (α -BN) に対して、MeV 領域から keV 領域にわたる広いエネルギー範囲のイオンビームを照射し、その相構造の変化について調べた結果、核的エネルギー付与が主要な要因となり、h-BN の微結晶化が起きる事、および核的エネルギー付与と電子的エネルギー付与の両方により h-BN から c-BN への相変換が起こる事を示している。
- (5) 上記のイオン照射効果の知見をもとに、低エネルギーのイオンを用いた IBAD 法により、高品質の c-BN 薄膜が生成可能な事を示している。また、得られた c-BN 薄膜の実用特性として機械的特性(硬度、密着性)、耐食性、熱的安定性、化学的安定性等を評価し、実用レベルの特性が得られることを明らかにしている。
- (6) MeV 領域の高エネルギーイオン注入においては、核的な衝突による熱スパイク領域の生成とその回復過程や、電子励起によると考えられる準安定相の生成が、表面硬化層形成に重要な役割を果たしている事を示している。また、数 keV の低エネルギーイオンによる薄膜硬化層形成においても、核的な衝突により生成される内部応力や物質移動と、電子励起による膜構成原子の活性化が共に不可欠である事を示している。
- (7) 固溶度 (状態図) などの平衡系での材料合成の手法や知見が、非平衡プロセスといわれるイオンビームを用いた注入や薄膜形成においても有効な指針となりうることを明らかにしている。

以上のように、本論文はイオンビームによる表面硬化層の形成機構について解明するため、高エネルギーイオンによる注入および低エネルギーイオンによる薄膜形成を行った成果をまとめたものであり、イオンビームによる表面改質について有益な多くの知見を得ており、材料工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。