

SOLID STATE CHEMISTRY

Annual Research Review

(1) “Fabrication of GaAs quantum dots on a bilayer-GaSe terminated Si(111) substrate”

A novel method has been developed to fabricate self-assembled quantum dots (QDs) of compound semiconductors on a Si(111) substrate using the so-called droplet epitaxy technique. Ga atoms are deposited on a bilayer-GaSe terminated Si(111) substrate to form Ga droplets, and the sample is annealed in an As flux to transform Ga droplets into GaAs QDs. GaAs QDs with a diameter as small as 10 nm and a height of 5 nm can be formed on the bilayer-GaSe/Si(111) substrate at a maximum density of $8.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$. Using this method a new technique will be available to fabricate QDs of many kinds of compd. semiconductors on the Si(111) substrate.

A-5) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, 1888-1891 (2001).

(2) “Control of initial growth processes of epitaxial films using pulsed molecular beams”

Kinetics of epitaxial thin film growth was analyzed from the experiments using pulsed organic molecular beams. A minimum appears in the nucleation density, as a function of on-off cycle time when the substrate temperature is near the threshold between growth and reevaporation. This feature can be explained by assuming desorption of molecules induced by mutual collision on the surface for which orientation-sensitive intermolecular forces are responsible.

A-6) *Phys. Rev. B*, **63**, 153404/1-153404/4 (2001)

(3) “Scanning tunneling microscope images of locally modulated structures in layered materials, MoS₂(0001) and MoSe₂(0001), induced by impurity atoms”

The effect of impurity atoms on the surface electronic structure of semiconducting transition metal dichalcogenides, MoS₂ and MoSe₂, has been investigated by a scanning tunneling microscope (STM) and by its spectroscopic mode, scanning tunneling spectroscopy (STS). As is seen in Fig. 1, STM images show locally modulated structures with bright area surrounded by dark area in nm scale at negative sample bias, and their global features depend on the bias polarity. The center region of the structure observed at negative sample bias is flat or caved in regardless of a kind of the impurity atom. It is concluded that the locally modulated STM image arises from the interaction between the electron donated by the impurity and electrons in the d-orbitals of neighboring Mo atoms. This interaction extends by about one Mo-Mo distance, which gives the image of 0.7 nm in diameter.

A-7) *Surf. Sci.*, **478**, 131-144 (2001).

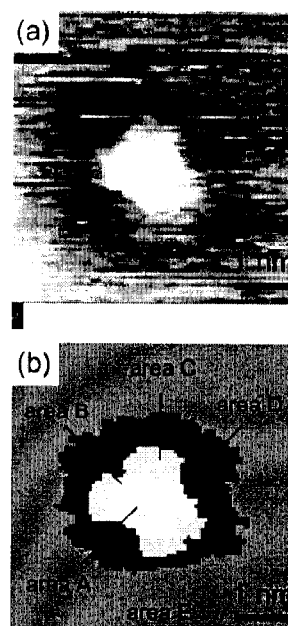


Fig. 1. (a) STM images around an imperfection site observed in a cleaved MoSe₂ (0001) surface. (b) Schematic drawing of (a).

固体化学研究室

研究レビュー

(1) GaSe 二重層で終端された Si 基板上的 GaAs 量子ドットの作成

ドロプレットエピタキシー法を用いて、Si(111) 基板上に化合物半導体の量子ドットを形成する新しい方法が開発された。まず、GaSe 二重層で終端された Si 基板上に Ga を蒸着することにより Ga ドロプレットを形成し、これに As ビームを照射することによって GaAs 量子ドットが作成された。この方法で、最小で直径 10nm、高さ 5nm の量子ドットを、GaSe 二重層で終端された Si(111)基板上に作成できる。同様な方法により Si(111)基板上に種々の化合物半導体の量子ドットを形成する道が拓かれた。

A-5) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, 1888-1891 (2001).

(2) パルス分子線をもちいたエピタキシャル薄膜形成の初期過程の制御

パルス有機分子線を用いることにより、エピタキシャル薄膜成長の機構の解析がなされ、基板温度が成長温度と再蒸発温度のしきい値との間にある場合には、オンオフサイクル時間のある値で核密度が最小になることが判明した。このような振る舞いは、方向依存性が大きな分子間力が働く表面上の衝突過程により脱離が起きると仮定することにより説明できる。

A-6) *Phys. Rev. B*, **63**, 153404/1-153404/4 (2001)

(3) 層状物質 MoS₂(0001) 及び MoSe₂(0001)の不純物由来変調 STM 像

半導体遷移金属ダイカルコゲナイド物質である MoS₂ および MoSe₂ の表面電子状態に対する不純

物電子の影響が、走査トンネル顕微鏡 (STM) および走査トンネル分光 (STS) により解明された。第 1 図に示すように、負のサンプルバイアスに対する STM 像は、暗部に囲まれた nm サイズの明部からなる局所変調構造からなっており、その全体的様相はバイアス電圧に依存する。不純物の種類に依らず、負バイアス電圧で観測される局所変調構造の中心部は、平坦かあるいはくぼんでいる。この局所変調構造は、不純物から放出された電子と、隣接した Mo 原子の d-軌道電子との相互作用に由来すると結論された。この相互作用の広がり、およそ Mo-Mo 原子間の距離程度であり、直径 0.7 nm の局所変調構造をもたらしている。

A-7) *Surf. Sci.*, **478**, 131-144 (2001).

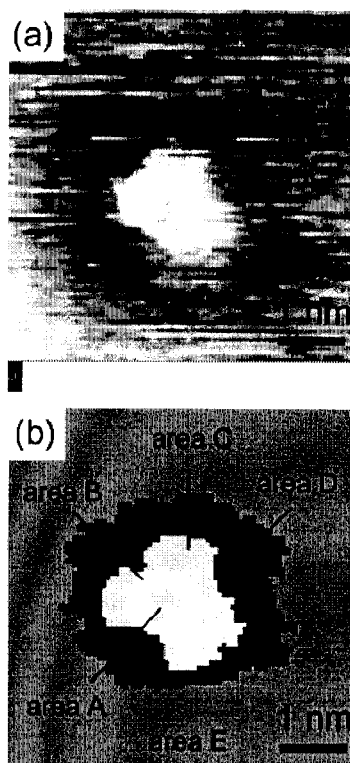


図 1 (a) MoSe₂(0001) へき開面上の欠陥サイトの STM 像 (b) (a)の模式図

A. Original Papers

- 1) K. Iizumi, K. Ueno, K. Saiki and A. Koma, "Electron-energy-loss Spectroscopy of C₆₀ Monolayer Films on Active and Inactive Surfaces", *Appl. Surf. Sci.*, **169-170**, 142-146 (2001).
- 2) K. Nishita, K. Saiki and A. Koma, "Initial Oxidation Process of Mg Films Characterized by AES, EELS, and UPS", *Appl. Surf. Sci.*, **169-170**, 180-183 (2001).
- 3) K. Ueno, Y. Uchino, K. Iizumi, K. Saiki and A. Koma, "Electron-energy-loss Spectroscopy of K_xC₆₀ and K-Halides: Comparison in the K3p Excitation Region", *Appl. Surf. Sci.*, **169-170**, 184-187 (2001).
- 4) H. Ichikawa, T. Shimada and A. Koma, "Ordered Growth and Crystal Structure of Alq₃ on Alkali Halide Surfaces", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, L225-L227 (2001).
- 5) K. Ueno, K. Saiki and A. Koma, "Fabrication of GaAs Quantum Dots on a Bilayer-GaSe Terminated Si(111) Substrate", *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, 1888-1891 (2001).
- 6) T. Shimada, K.A. Cho, A. Koma, "Control of Initial Growth Processes of Epitaxial Films Using Pulsed Molecular Beams", *Phys. Rev. B*, **63**, 153404/1-153404/4 (2001).
- 7) H. Murata, K. Kataoka and A. Koma, "Scanning Tunneling Microscope Images of Locally Modulated Structures in Layered Materials, MoS₂(0001) and MoSe₂(0001), Induced by Impurity Atoms", *Surf. Sci.*, **478**, 131-144 (2001).
- 8) M. Kiguchi, K. Saiki, T. Sasaki, Y. Iwasawa and A. Koma, "Heteroepitaxial growth of LiCl on Cu (001)", *Phys. Rev. B*, **63**, 205418/1-205418/6 (2001).
- 9) T. Shimada, H. Nakatani, K. Ueno and A. Koma, "Epitaxial Growth and Electronic Structure of A C₆₀ Derivative Prepared by Using a Solution Spray Technique", *J. Appl. Phys.*, **90**, 209-212 (2001).
- 10) K. Ueno, K. Saiki and A. Koma, "Fabrication of Compound-Semiconductor Quantum Dots on A Si(111) Substrate Terminated by Bilayer-GaSe", *Proc. 25th Intern. Conf. on Phys. Semicond., Kyoto, 2000*, pp. 385-386 (2001).
- 11) K. Nishita, A. Koma and K. Saiki, "Growth of NiO Films on Various GaAs Faces via Electron Bombardment Evaporation", *J. Vac. Sci. Technol. A*, **19**, 2282-2286 (2001).
- 12) K. Ueno, Y. Uchino, K. Iizumi, A. Koma, K. Saiki, Y. Inada, K. Nagai, Y. Iwasa, and T. Mitani, "Low-energy Electron Energy Loss Spectroscopy of Monolayer and Thick La@C₈₂ Films Grown on MoS₂ Substrates", *AIP Conference Proceedings (2001)*, 590 (*Nanonetwork Materials*), pp. 485-488 (2001)
- 13) T. Shimada and A. Koma, "Electron Spectroscopy of Organic Thin Film FET Structures", *Extended Abstract of the 2001 International Conference on Solid State Devices and Materials*, pp. 624-625 (2001).

B. Reviews

- 1) 村田元、小間篤：「層状物質ヘテロ構造のSTM像に見られる変調構造」、*固体物理*、**36**、27-36 (2001)
H. Murata and A. Koma, "Images of MoSe₂ on MoS₂ Studied by STM/STS", *Kotai Butsuri*, **36**, 27-36 (2001).
- 2) 上野啓司、小間 篤：「表面不活性基板を利用した有機・無機ナノ構造の形成」、*日本結晶成長学会誌*、**28**、46-55 (2001).
K. Ueno and A. Koma, "Fabrication of Organic and Inorganic Nanostructures by Using Inactive Substrate Surfaces", *Kessho Seicho Gakkaishi*, **28**, 46-55 (2001).
- 3) 島田敏宏：「分子エレクトロニクスのためのドライプロセス」、*化学工業*、**52**、605 (2001).
T. Shimada, "Dry Process for Molecular Electronics", *Kagaku Kogyo*, **52**, 605 (2001).

D. Books

- 1) 小間篤：「実験物理学講座10 表面物性測定」、丸善、1-5 (2001).
A. Koma: “Experimental Physics Series 10 Measurements of Surface Properties”, Maruzen, 1-5 (2001).