

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560001

研究課題名(和文) 反射高速電子回折の強度振動モニタリングによる有機格子整合ヘテロエピタキシー成長

研究課題名(英文) Organic lattice matching hetero epitaxy growth by strength oscillating monitoring of reflection high energy electron diffraction

研究代表者

伊高 健治 (Itaka, Kenji)

弘前大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：40422399

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：有機半導体は、無機材料と大きく異なっているために半導体工学での常識が見落とされがちである。しかしながら、これまで我々は、半導体テクノロジーの範疇に収まることを示してきた。マルチチャンネルプレートRHEED観察装置について、レイヤーバイレイヤー成膜技術の向上のために、装置構造の改良を行った。具体的には、マルチチャンネルプレートを用いた高感度スクリーンのデータ取り込みについて、画像取り込みボードをこれまでの256階調から1024階調に変更した。これによって、ダイナミックレンジが広がり、基板由来のピークと薄膜由来のピークの強度がかなり異なる場合でも製膜開始時から同一の光量調整で測定出来る様になった。

研究成果の概要(英文)：Since the organic semiconductors differ from the inorganic materials, the common sense in semiconductor engineering tends to be overlooked.

However, we have shown that it is settled under the category of semiconductor technology.

About a multichannel plate reflection high energy electron diffraction observation system, device structure was improved for improvement in layer bilayer film forming technology. Definitely, the image taking board was changed into 1024 gradation (old one is 256 gradation) about data incorporation of the high sensitivity screen which used the multichannel plate. Even in cases where a dynamic range spread and the strength of the peak of the substrate and the peak of thin film changed considerably with these, it could measure by the same adjustment in the quantity-of-light from the time of the deposition start.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 応用物性・結晶工学

キーワード：有機分子 RHEED エピタキシー

1. 研究開始当初の背景

異種材料を理想的に接合したヘテロ界面では、対称性の破れや半導体物性の観点からバルク材料とは異なる様々な現象が期待される。ヘテロ界面は電子輸送・光・磁気など様々な場面で重要な役割を果たし、この界面を組み合わせた超格子構造や量子井戸構造を持つ実用デバイスへ展開されている。ヘテロ接合技術がブレークスルーとなった新物理現象に関するノーベル賞研究も数多い。実現されている一例として、半導体中で二次元状に電子が分布する状態である二次元電子ガスを創り出すには、GaAs系のヘテロ接合が用いられる。

2. 研究の目的

二次元電子ガスを始めとするヘテロ界面での興味深い現象を引き出すには、界面での電子散乱を抑制するために格子整合したヘテロ界面が不可欠であるが、これまで有機・分子性材料では製膜中にリアルタイムで表面状態を観察する有効な手法が無く、実現されていない。新たに開発した赤外線レーザーMBE法と高感度な反射高速電子回折(RHEED)強度振動観察法によって分子レベル堆積制御された有機分子の格子整合ヘテロ界面を作製し、その物性を解明する。

3. 研究の方法

格子整合ヘテロ界面を作製するために必要不可欠である3つの技術課題のうちの、(1)原子・分子レベルで安定して制御できる製膜手法の確立、(2)高感度低ダメージであ

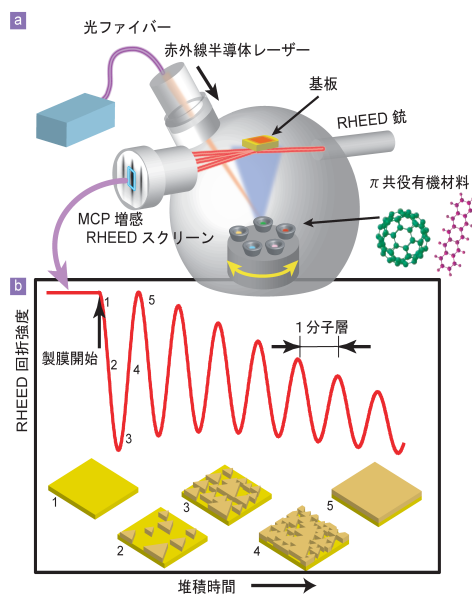


図1 (a)赤外線レーザー-MBE装置の概略図、(b)RHEED振動と表面モフォロジーの関係

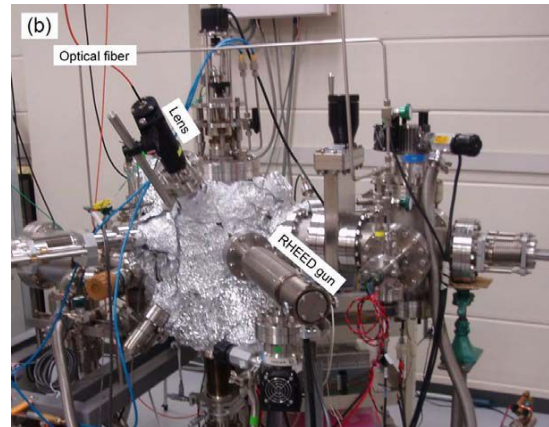


図2 実際に開発した赤外線レーザー-MBE装置。RHEED銃とファイバーによる赤外線レーザー用レンズを装着している。

る分子レベルのリアルタイム観測手法の開発、について技術開発を行い、問題解決をする。

4. 研究成果

図1(a)が、我々が開発した赤外線レーザー分子線エピタキシー(IL-MBE)装置の概略図である。図1(b)に示すようにRHEEDの振動と作製試料の表面モフォロジーが対応すると考えられる。図2に実際に開発した装置の写真を示す。RHEED銃とファイバーによる赤外線レーザー用レンズを装着している。またマルチチャンネルプレート(MCP)を装着したRHEEDスクリーンを装着している。これによって非常に微弱な電子線回折像を検出できる。

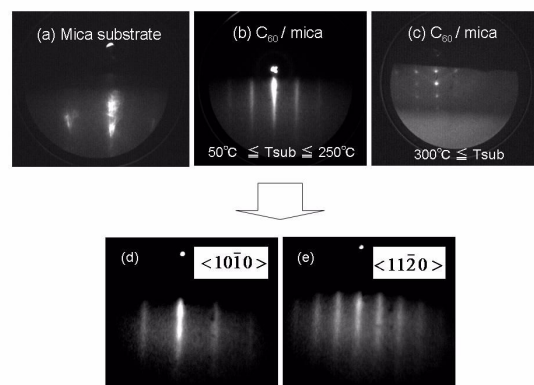


図3 マイカ基板上的RHEED像。(a)基板のみ (b) マイカ基板上的C₆₀薄膜 (250 Å) (c) マイカ基板上的C₆₀薄膜 (300 Å) (d)(e) 異なった入射角によるRHEED像

また DA 変換ボードは、8 ビット(256 階調)から 10 ビット(1024 階調)に増強してある。これによって、ダイナミックレンジが大きくなり、基板由来のピークと薄膜由来のピークを同時に捉えられる可能性が高くなる。

図 4 が本装置で測定された RHEED 振動である。劈開されたマイカと MoS₂ 基板では、基板マッチングしているマイカ上では RHEED 振動が観察されている。一方、基板ミスマッチの大きい MoS₂ 基板上では、振動は観察されず、回折強度が小さくなっただけであった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

1. "Diameter dependence of 1/f noise in carbon nanotube field effect transistors using noise spectroscopy", T. Kawahara, S. Yamaguchi, Y. Ohno, K. Maehashi, K. Matsumoto, S. Mizutani, K. Itaka, Applied Surface Science, 267, 101-105, 2013.
2. "Field-effect transistors of the block co-oligomers based on thiophene and pyridine", M. Haemori, K. Itaka, J. Yamaguchi, A. Kumagai, S. Yaginuma, H. Fukumoto, Y. Matsumoto, T. Yamamoto, H. Koinuma, Thin Solid Films, 520(13), 4445-4448, 2012.
3. "Strong Pressure Effect in the Sublimation from Tetracene Single Crystals and Development of Surface Cleaning Technique for Organic Semiconductors", M. Ohtomo, K. Itaka, T. Hasegawa, T.

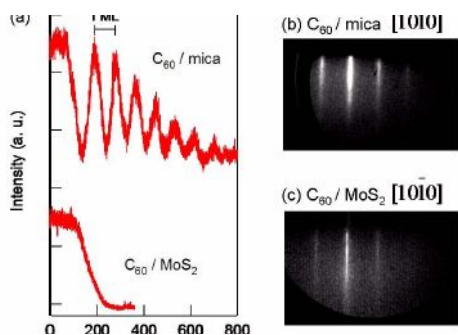


図 4 劈開したマイカ上のおよび MoS₂ 上の C₆₀ 薄膜増殖中の RHEED パターンの強度測定。(基板温度: 100°C)

Shimada, Applied Physics Express, 4(2), 021601, 2011.

4. "Combinatorial Investigation of ZrO₂-Based Dielectric Materials for Dynamic Random-Access Memory Capacitors", Y. Kiyota, K. Itaka, Y. Iwashita, T. Adachi, T. Chikyo, A. Ogura, Japanese Journal of Applied Physics, 50(6), (06GH12-1)-(06GH12-4), 2011.

〔学会発表〕(計 1 件)

1. 河原敏男、山口作太郎、大野泰秀、前橋謙三、松本和彦、水谷伸、伊高健治、ノイズスペクトロスコピーによる 1/f ノイズの雰囲気依存性評価, in 2011 年秋季 第 12 回 応用物理学会学術講演会. 2011: 山形大学. p. 30a-ZJ-5.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:
〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
伊高 健治 (ITAKA, Kenji)

研究者番号: 40422399

(2) 研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし