

SPELEEM による Si 上への InSb 直接ヘテロ成長過程の研究

Direct Hetero-growth of InSb on Si substrate with SPELEEM

越川孝範^a、郭方准^b、安江常夫^a、橋本道廣^a、中口明彦^a、上田将人^a、木下豊彦^b、小林啓介^b
Takanori Koshikawa^a, Fangzhun Guo^b, Tsuneo Yasue^a, Michihiro Hashimoto^a, Akihiko Nakaguchi^a,
Masato Ueda^a, Toyohiko Kinoshita^b and Keisuke Kobayashi^b

^a大阪電気通信大学、^b高輝度光科学研究センター

^aOsaka Electro-Communication University, ^bJASRI

BL27SU に設置された光電子顕微鏡／低エネルギー電子顕微鏡を用いて、Si(111)表面上での InSb 薄膜形成に関する実験を行った。低エネルギー電子顕微鏡では薄膜形成の動的な過程を観察するとともに、制限視野低速電子回折により局所構造の解析を行った。光電子顕微鏡では内殻光電子を結像することに成功し、さらに局所 XPS スペクトルの取得も行った。こうした一連の実験により、基板表面上で In と Sb の置換が起こっていることを示唆する結果を得た。

Observation of initial growth processes of InSb film was carried out using photoemission electron microscope (PEEM)/low energy electron microscope (LEEM) at BL27SU. The dynamic processes of the growth were investigated with LEEM, and the local structure analysis was done by selected area low energy electron diffraction. In PEEM, we have succeeded the imaging of core electrons excited by SR light for the first time in the present apparatus. Local XPS spectra were also observed. According to above experiments, it is concluded that the exchange of In and Sb takes place in the initial growth process.

背景と目的

InSb は電子の移動度が高く、ド・ブロイ波長が大きいために、薄膜やヘテロ構造を用いた細線化や量子井戸構造により強い量子効果が現れ、比較的高温で動作する量子効果デバイスへの応用が期待されている。また、薄膜ホール素子への応用も期待されており、その応用範囲は広範にわたる。しかし、半絶縁性 GaAs 基板上に MBE 法により直接蒸着して作製された InSb では、GaAs との界面に格子

不整合による転位が生じ、これに起因したキャリア蓄積層が発生する。このため、新しい薄膜作成法が求められているのが現状である。

そこで本研究では、半導体材料として広く用いられている Si 基板上に直接 InSb の成長を試み、分光型光電子顕微鏡-低エネルギー電子顕微鏡 (SPELEEM) を用いて、薄膜形成の動的な観察を行うとともに、局所的な電子状態をその場観察し新しい量子効果デバイス

開発のための基礎的研究を行うことを目的とする。

実験

実験は BL27SU に設置された SPELEEM を用いて行った。基板は Si(111)であり、電子衝撃により加熱清浄化を行った。In および Sb の蒸着は、電子衝撃されたるつぼを用いて行った。薄膜形成過程の動的観察は、低エネルギー電子顕微鏡 (LEEM) を用いて行い、明視野像の観察を行った。形成された薄膜の増所構造は制限視野低速電子回折 (LEED) により行った。結合状態の観察は In、Sb の 3d 内殻光電子の結像を行うと共に、局所 XPS スペクトルの観察も行った。

結果および考察

図 1(a)に Si(111)表面上に In を蒸着したときの LEEM 像を示す。明るい領域が $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 構造、暗い領域が $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$ 構造である。この両者では In の被覆率が異なっており、 $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$ 構造の方が In の被覆率が高い。この表面の上に Sb を蒸着したときの LEEM 像を図 1(b)に示す。これを見ると図 1(a)と比較してコントラストが反転していることがわかる。これは Sb の蒸着によりそれぞれの領域の表面構造が変化していることを示している。

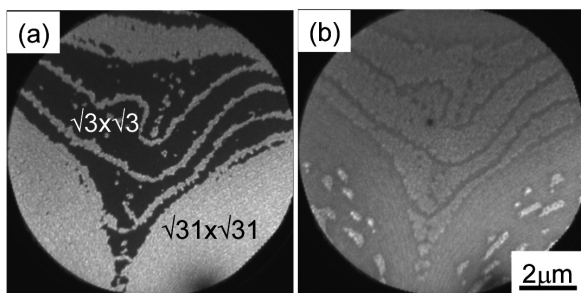


Fig.1 LEEM image of (a) In/Si(111) and (b) Sb/In/Si(111) surfaces.

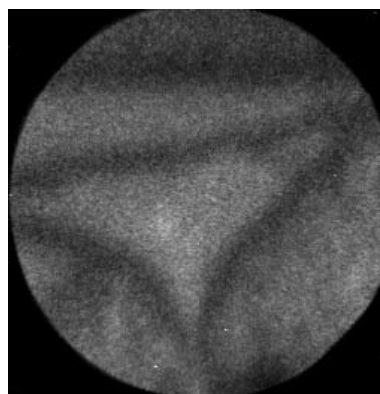


Fig.2 In 3d core electron image of Sb/In/Si(111) surface. Photon energy was 520 eV.

さて、こうして形成された薄膜について In 3d 内殻光電子を用いて結像した光電子顕微鏡像を図 2 に示す。図から明らかなように、LEEM 像でコントラストが異なっていた領域の境界付近が特に暗くなっており、この領域の In の密度が低下していることがわかる。Sb 3d 内殻光電子像では、このコントラストが反転していた。図 1(a)に示したように In の密度が低下している領域は、もともと $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$ 構造であり、In の被覆率が高かった領域である。以上の結果から、Sb の蒸着により、In と Sb の置換が起こっていることが示唆された[1]。

今後の課題

今回の実験では放射光の輝度不足のため、明確な化学シフトなど化学結合状態を反映した結像が困難であった。今後集光ミラーなどによりより輝度を高くした実験を進めていく必要がある。

論文発表状況

[1] A.Nakaguti et al., ALC'05 (2005. 12, Hawaii)にて発表予定