

กำแพงศักย์แบบ Ehrlich-Schwoebel ในแบบจำลองสำหรับการปลูกฟิล์มแบบ MBE Ehrlich-Schwoebel barrier in a model for MBE growth

ราชัญ แรงดี และ ปัจฉา ฉัตรภรณ์

Rachan Rangdee and Patcha Chatraphorn

Department of Physics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand; e-mail address: thesun_sun@yahoo.com

บทคัดย่อ: ปัจจุบันนี้มีการศึกษาถึงลักษณะความขรุขระของพื้นผิวฟิล์มที่ปลูกโดยวิธีโมเลกุลาร์บีมเอพิแทกซี (MBE) โดยแบบจำลองอย่างมากมาย Wolf-Villain (WV) ก็เป็นแบบจำลองอย่างง่ายที่ได้รับการเสนอให้ใช้ในการศึกษาการปลูกฟิล์มแบบ MBE ในอุดมคติ แต่ในทางปฏิบัติของการปลูกฟิล์มแบบ MBE มีองค์ประกอบเสริมต่าง ๆ มากมาย เช่น การมีกำแพงศักย์แบบ Ehrlich-Schwoebel (ES) ซึ่งกำแพงศักย์แบบ ES เป็นกำแพงศักย์สำหรับอะตอมที่มีการเคลื่อนที่ผ่านชั้นขอบบนลงมายังชั้นล่าง และผลของกำแพงศักย์แบบ ES นี้ก่อให้เกิดลักษณะพื้นผิวแบบภูเขาขึ้นบนพื้นผิวของฟิล์มที่ทำการปลูกขึ้นมา ในการศึกษาครั้งนี้เราศึกษาสมบัติทางสถิติของลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม และศึกษาถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคตามแบบจำลอง WV กับผลจากกำแพงศักย์แบบ ES

Abstract: Recently, there are many discrete growth models used to study kinetic surface roughening in *Molecular Beam Epitaxy (MBE)* growth. *Wolf-Villain (WV)* model is one of the models proposed as a simple limited mobility model to study ideal MBE. But in real MBE growth, there are additional factors such as the existence of *Ehrlich-Schwoebel (ES)* barrier. The ES barrier is a step edge potential barrier for an adatom diffusing over a step edge from upper to lower terrace. This effect leads to mound formation on the surface of the growing film. In this study, *morphologies* of the growing surfaces and *particle diffusion currents* are used to investigate statistical properties of the WV model with effects from the ES barrier.

Methodology: In the WV model used in our study, an adatom is deposited at a randomly chosen site and diffuse instantaneously under a finite diffusion length and searches for the final site that offers the strongest bindings. Then we apply the ES barrier to modify the diffusion process of the WV model. The strength of the barrier is controlled by a probability P_D . Morphologies and particle diffusion currents of the WV model with ES barrier are obtained. To calculate the particle diffusion current, we tilt the substrate and then count numbers of atoms that diffuse in downhill and uphill directions. In our work presented here, we compare systems with weaker barrier ($P_D = 0.5$) to a stronger barrier ($P_D = 0.1$).

Result and Discussion: Morphologies of films grown by the WV model as in Fig. 1(a) are *dynamically rough*. But morphologies of the WV model with ES barrier are found to be *mounded surfaces*. It can be difficult to decide if the surface is mounded or just kinetically rough by looking at the morphologies alone. The particle diffusion current can help us make this decision and confirm our results from the morphologies. In general, mounded system produces an uphill current while there should be no net current or downhill current in models with kinetically rough surfaces. We found here (Fig. 1(b)) that for the original WV model, the particle current is negative (downhill) but the WV model with ES barrier yields a positive particle diffusion current. This confirms that the ES barrier leads to mound formation in the WV model.

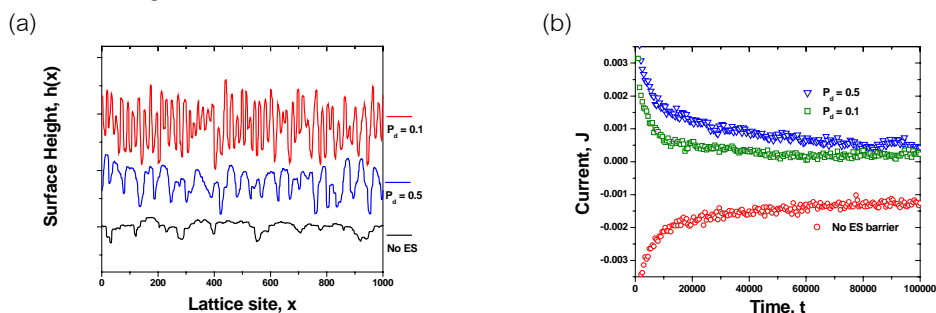


Figure 1: (a) Morphologies and (b) particle diffusion currents of the WV model with and without ES barrier.

- References:** (1) D. Wolf and J. Villain, *Europhys Lett.* **13**, 389. (1990).
(2) A.-L. Barabasi and H. E. Stanley, *Cambridge University Press, Cambridge.* (1995).
(3) J. Krug, M. Plischke and M. Siegert, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 3271 (1993).

Keywords: MBE model, WV model, ES barrier, particle diffusion current