MOCVD反應腔之即時監測技術

In-situ Monitoring of Epitaxial Process in MOCVD Reaction Chamber

許世明
國立交通大學
機械工程學系
博士後研究員

羅憶青
國立交通大學
機械工程學系
碩士研究生

彭鈺原
國立交通大學
機械工程學系
碩士研究生

黃仲平
國立交通大學
機械工程學系
碩士研究生

尹慶中
國立交通大學
機械工程學系
副教授

關鍵詞(Keywords)

- 即時監測 In-situ monitoring
- 反射率 Reflectance
- 高溫計 Pyrometer
- 曲率 Curvature

摘要(Abstract)

矽基氮化鎵發光二極體(LED)的磊晶製程是在高溫真空密閉腔體內進行，常見製程方法為金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)與分子束磊晶(MBE)。溫度變化、沈積材料及薄膜厚度等，都會影響磊晶薄膜的品質。本研究旨在發展線上光學非接觸式量測技術，即時測量薄膜磊晶的製程參數：曲率、反射率與溫度。晶圓反射率是磊晶膜的折射率及厚度的函數，亦是高溫輻射溫度計的修正因子，由反射率歷時曲線可觀察晶圓表面的粗糙度及磊晶膜成長率。矽基氮化鎵製程的晶圓曲率過大，磊晶膜容易產生缺陷或脫落。本文以即時量測系統的理論模型建立與實驗架構開發為主，透過有效地即時監測並回饋製程系統做補償，作為未來發展高溫化學反應腔即時量測系統的基礎。

Metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) and molecular beam epitaxy (MBE) are widely used in the manufacturing of GaN-on-silicon light emitting diodes (LED). Both epitaxial processes have to operate in sealed vacuum chambers. The quality and efficiency of LED lighting depend on wafer temperature, epitaxial compositions, thin film thickness, etc. This study develops on-line optical techniques to real-time measurement of manufacturing situations during epitaxy. Reflectance from the epitaxial thin film is a function of its refractive index and the film thickness.

Emissivity of a material equals subtraction of the reflectance from 1, and is used as a correcting factor for the pyrometer. A history of reflectance during epitaxy shows surface roughness of wafer and growth rate of epitaxial film. Large curvature of the substrate in the GaN-on-silicon process usually results in dislocations and peeling off in epitaxial films. *In-situ* measurement during the MOCVD process will promote GaN-on-silicon technology through an efficient monitoring and following-up feedback and compensation for process control.

1. 前言

在能源需求及溫室效應議題下，環保與節能日益受到重視。發光二極體(light emitting diode, LED)是一種藉由通電發光的半導體電子元件，近年來被廣泛運用在照明設備上，具有耗電量低、元件壽命長、能量轉換效率高及反應快等優勢。且其體積小、耐震動、適合量產，容易配合實際的需求製成微小或陣列式的元件。但因生產成本昂貴，磊晶技術尚未純熟，是目前急需突破的瓶頸。

將氮化鎵沉積於基板上作爲白光 LED 元件，目前常用的製程方式爲金屬有機化學氣相沉積(metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)，如圖 1 所示，其原理是將晶圓放置於載盤上作爲基板，在真空低壓下通入氣體，以加熱器加熱載盤，使金屬有機氣體於高溫下產生化學反應，並透過載盤旋轉使反應氣體均勻沉積在基板上形成薄膜。一般 LED 元件多採用藍寶石(sapphire)作爲基板，因其導熱性差，易造成散熱不良問題，研發在矽基板上沉積氮化鎵薄膜，藉其較藍寶石基板的散熱佳特性提升 LED 壽命，但氮化鎵與矽之晶格常數和熱膨脹係數差異大，容易產生差排與殘留應力，造成薄膜產生缺陷或破裂，影響 LED 發光效率，目前仍受限於較大尺寸的矽晶圓。

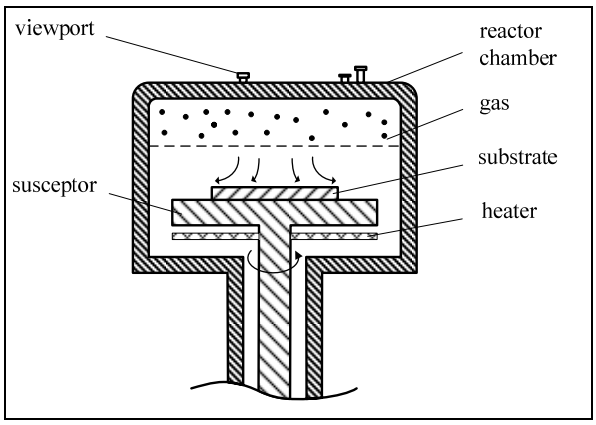

圖 1　MOCVD 製程簡易示意圖

考量 LED 生產成本高、良率低、高溫下散熱不易等因素，爲達到照明所需之經濟效率，開發反應腔體內的即時量測則有其必要性，主要的即時量測參數有三項，分別爲晶圓表面的反射率、溫度與曲率。圖 2 爲 LayTec 在磊晶製程中量測記錄晶圓表面參數的時間曲線[1]，黑色線爲加熱器溫度或是載盤下表面的溫度，紅色線代表撐托晶圓之載盤上表面的溫度。載盤具有一定的厚度，其上表面接觸溫度較低的反應氣體，下方則靠近加熱器，在厚度方向會產生溫度梯度的分佈，導致載盤上下表面溫度的不同。磊晶製程的溫度會隨著沉積材料不同而有所變化，溫度不均勻會造成磊晶良率的損失。綠色線爲晶圓曲率，藍色線代表薄膜反射率。曲率與薄膜基板間的殘留應力

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】377 期・103 年 9 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw