

# 半导体薄膜及其形成方法



制造

节能/发电/管理/储存 (电池)

纳米技术与新材料

## 机遇

高性能有机半导体薄膜，特别是石墨相氮化碳 (g-CN) 薄膜的开发，受到传统制造方法的显著限制。现有的技术如旋涂、滴铸和真空热蒸发，通常会导致薄膜均匀性差、导电性低并存在针孔等结构缺陷。特别是对于g-CN薄膜，由于其良好的电子结构和性能，在光电和光电化学应用中前景广阔，但目前的生产严重依赖于处理前驱体（如三聚氰胺）热缩合得到的g-CN粉末。随后沉积这些粉末通常会生成均匀性、稳定性和电性能不足的薄膜。最近的进展，如基板间的热缩合，仍然存在薄膜形成不均匀以及高温下粉末对表面附着力强的问题，这使得清洁变得困难并损害薄膜质量。因此，迫切需要一种简单、有效且可扩展的方法来生产均匀、无针孔、高导电性的半导体薄膜，特别是无金属的有机薄膜如g-CN，并具有可控的形貌和厚度，以用于先进的器件应用。

## 技术

本专利公开了一种形成半导体薄膜的创新方法，特别是通过在大气压范围 (10<sup>-5</sup> atm 至 10 atm, 优选大气压) 下进行的热蒸气冷凝工艺制备石墨相氮化碳 (g-CN) 薄膜，无需复杂的真空系统。核心创新在于将粉末状前驱体材料（如三聚氰胺）置于反应容器中，并将具有导电表面（如FTO涂层玻璃）的基板放置在容器上方，使其导电面朝向前驱体。随后进行受控的热处理。将前驱体加热至其升华点或以上（例如三聚氰胺为340-350°C），使其升华并使容器内充满蒸气。这些蒸气随后冷凝并直接沉积在较冷的基板导电表面上，形成连续的半导体层。该方法强调对升温 and 冷却速率（例如0.1-100°C/分钟，优选约3°C/分钟）以及处理温度（例如300-600°C）的精确控制，这对于促进均匀的成核、生长和冷凝至关重要，从而防止针孔形成并确保优异的薄膜附着力、均匀性和可定制的厚度。所得薄膜由具有三-s-三嗪单元结构的g-CN组成，表现出良好的光学和电子性能，可直接应用于器件中。

## 优势

- 能够制备大面积、均匀、无针孔且重现性高的半导体薄膜。
- 在大气压下有效操作，通过消除对真空设备的需求，显著降低了制造成本和复杂性。
- 通过调整前驱体用量、容器几何形状和热参数，可以很好地控制薄膜厚度（从约0.1 nm到500 μm）、表面形貌和尺寸。
- 与传统粉末基方法制成的薄膜相比，所生产的薄膜具有增强的导电性和光电化学性能。
- 在半导体薄膜（如g-CN）与导电基板（如FTO玻璃）之间提供强附着力，确保长期稳定性。

备注

IDF: 455

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

3

发明人

张瑞勤教授

BIAN Juncao

查询: [kto@cityu.edu.hk](mailto:kto@cityu.edu.hk)

Develop  
Concept

Proof  
Concept

Follow-up  
Funding

Build Value

- 采用简单、可扩展且具有成本效益的工艺，适用于潜在的工业化生产。
- 专门生产出具有理想光电特性（如合适的带隙约2.7 eV和光致发光）的高质量石墨相氮化碳（g-CN）薄膜。

## 应用

- 光电化学器件，特别是作为太阳能水分解和制氢的光阳极。
- 光电器件，包括发光器件（LED）、用于污染物降解或燃料转化的光催化系统以及光伏电池。
- 利用薄膜光学和表面特性的传感器和生物传感器。
- 利用其光致发光特性的生物成像应用。
- 需要均匀有机半导体薄层的各种电子和半导体元件。

