水素化アモルファスシリコン薄膜内部の 構造不均質性の評価法

正員 本間 和明 (電機大)

正員 本橋 光也 (電機大)

非会員 安達 久美 (電機大)

Characterization of Structural Inhomogeneities in Hydrogenated Amorphous Silicon Films

Kazuaki Homma, Member, Mitsuya Motohashi, Member, Kumi Adachi, Non-member (Tokyo Denki University)

キーワード：水素化アモルファスシリコン薄膜，構造不均質性，微結晶化温度，水素放出特性

グロー放電法によって作製した水素化アモルファスシリコン膜 ($a\text{-Si:H}$ 膜) は，膜厚方向に構造不均質性を生じやすいことが指摘されている⁽¹⁾⁽²⁾。 $a\text{-Si:H}$ 膜の電子デバイスへの応用と，その高性能化に際しては，この膜構造の不均質状態を測定し，その均質化を図ることが極めて重要である。従来，膜中の不純物分布の測定に関しては多くの報告があるが，場所的構造不均質性の評価に関する報告は少ない。

本報告は， $a\text{-Si:H}$ 膜内を拡散によって通過する水素量が，加熱による膜の微結晶化に依存して大きく変化することに着目し，微結晶化温度範囲における水素の膜通過量の温度依存性から，膜内部の場所的構造不均質性を評価する方法を提案した。

図1は実験素子の原理的な構造を示している。この素子では，基板と $a\text{-Si:H}$ 膜界面に $a\text{-Si:H}$ 膜に比べて高濃度の水素を含む領域を設けてあり，加熱によってこの領域の水素を $a\text{-Si:H}$ 膜を通して真空中に放出させる構造となっている。このとき，膜中の水素の拡散が，膜からの水素の放出速度 J_H を律速しているため，

$$J_H = -D(dN/dx) \dots\dots\dots (1)$$

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \dots\dots\dots (2)$$

ここで， N ：膜中の水素濃度， D ：水素の拡散係数， D_0 ：定数， ΔE ：活性化エネルギー， T ：温度， k ：ボルツマン定数で表される⁽³⁾。更に，水素の拡散においては Fick の

図1 実験素子の構造

Fig. 1. Structure of experimental device.

法則が成立するものとしてある。

拡散係数 D は膜の微結晶化温度によって変化し，これに依存して水素放出速度 J_H が変化する。このとき，微結晶化は狭い温度範囲で起こる。従って，膜構造が場所的に不均質であり，これに対応して微結晶化温度が場所的に異なっているときは，膜を一定昇温速度で加熱して微結晶化させ，そのときの J_H の測定によって，微結晶化温度の場所的分布に関する情報が得られる。このとき， J_H の温度に対する変化率 $\delta = -\beta(dJ_H/dT)$ を用いる方法が便利である。ここで， β は，測定系の感度と膜厚，膜面積などによって決まる定数である。

結局，微結晶化温度は加熱前の膜構造に関する情報を有していることから⁽⁴⁾， δ の測定により，膜構造の場所的不均質性を評価することができる。

図2 膜構造と δ の関係
Fig.2. Relation between film structures and δ .

図2は、 $a\text{-Si:H/SiO}_2$ 基板界面に存在する結合水素を利用し⁽²⁾、上記方法によって $a\text{-Si:H}$ 膜内部の不均質状態を測定した例である。水素放出の測定は四重極質量分析計を用いて行った。(a)図は膜作製時の高周波電力(RF)一定、(b)図は途中で高周波電力を急激に変化、また(c)図は高周波電力を時間に対して連続的に変化させて作製した $a\text{-Si:H}$ 膜の δ の測定結果である。(a)図のように均質構造膜に対しては半値幅の狭い δ の山が一個現れ、(b)図のように2層構造膜に対しては δ の山が2個現れている。また、(c)図の δ は膜構造が内部で連続的に変化していることを反映し、半値幅の広い山となって現れている。以上、高周波電力を変えて作製した素子内部の構造不均質性を本方法によって検討した結果、的確に推定できることがわかった。なお、 δ と構造不均質性間のより詳細な比較は、水素の拡散方程式と J_H の測定値を用いたコンピュータシミュレーションにより得られる。
(平成2年5月25日受付)

- (1) H. Fritzsche: "Heterogeneities and surface effects in glow discharge deposited hydrogenated amorphous silicon films.", *Thin Solid Films*, **90**, 119 (1982)
- (2) 本橋・本間・深海: 「グロー放電法により作製した水素化アモルファスシリコン薄膜の基板依存性」, 電学論 A, **109**, 327 (平成-8)
- (3) B. Tuck: Introduction to diffusion in semiconductors (1974) Peter Peregrinus Ltd., England.
- (4) 本橋・本間・深海: 「グロー放電水素化アモルファスシリコン膜に及ぼすプラズマ制御用電極の影響」, 信学論, **J72C-II**, 1082 (平成-12)

本間 和明 (正員)

昭和41東京電機大学大学院博士課程修了。同大学助手、講師、助教授を経て、現在、同応用理化学科教授。工学博士。深い不純物準位を有する半導体、およびアモルファス半導体薄膜の物性とデバイスの研究・開発に従事。電子情報通信学会、応用物理学会会員。

本橋 光也 (正員)

昭和63年東京電機大学大学院修士課程修了。現在、同博士課程在学中。シリコン系アモルファス薄膜の物性とデバイスの研究・開発に従事。電子情報通信学会、応用物理学会会員。

安達 久美 (非会員)

平成元年東京電機大学工学部応用理化学科卒業。現在、同大学院修士課程在学中。シリコン系アモルファス薄膜の物性とデバイスの研究・開発に従事。応用物理学会会員。