

# Ni ナノドットによる初期核発生制御を活用した高結晶性 Si:H/Ge:H ヘテロ構造の低温堆積

## Low Temperature Formation of Crystalline Si/Ge Heterostructures by Plasma Enhanced CVD in Combination with Ni-NDs Seeding Nucleation

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>広大院先端研, <sup>01</sup>盧 義敏, <sup>1</sup>高 金, <sup>1</sup>牧原 克典, <sup>2</sup>酒池 耕平, <sup>2</sup>藤田 悠二,  
<sup>2</sup>池田 弥央, <sup>2</sup>大田 晃生, <sup>2</sup>東 清一郎, <sup>1</sup>宮崎 誠一

<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>Hiroshima Univ., <sup>01</sup>Yimin Lu, <sup>1</sup>Jin Gao, <sup>1</sup>Katsunori Makihara, <sup>2</sup>Kouhei Sakaike,  
<sup>2</sup>Yuji Fujita, <sup>2</sup>Mitsuhisa Ikeda, <sup>2</sup>Akio Ohta, <sup>2</sup>Seiichiro Higashi and <sup>1</sup>Seiichi Miyazaki

E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

**序**＞これまでに、極薄金属膜へのリモート H<sub>2</sub> プラズマ照射により形成した高密度金属ナノドット [1, 2] を活用して、GeH<sub>4</sub> ガスの VHF-ICP における初期結晶核発生を助長することで、石英基板上にアモルファスインキュベーション層を形成することなく高結晶性 Ge 薄膜が高速堆積できることを報告した[3]。本研究では、この手法を用いて作成した高結晶性 Ge :H 薄膜上へ SiH<sub>4</sub> ガスの VHF-ICP により Si :H 薄膜の低温堆積を行った。

**実験**＞石英基板上に Ar スパッタにより膜厚~2nm の Ni 薄膜を堆積した後、石英窓上に 1 ターンコイル状外部アンテナを配置した ICP-CVD 装置において、外部非加熱で VHF(60MHz) H<sub>2</sub> プラズマ処理を施し、同一チャンバ内にて引き続き、水素希釈 10%GeH<sub>4</sub> ガスのグロー放電分解により Ge :H 膜を堆積した後、水素希釈 10%SiH<sub>4</sub> ガスのグロー放電分解により Si :H 膜を連続堆積した。SiH<sub>4</sub>-PECVD 時におけるガス流量(SiH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>)、堆積圧力、VHF 投入電力は、それぞれ 35sccm、50mTorr、30W で一定とした。尚、Ge および Si 薄膜は基板温度 250 °C で堆積した。

**結果及び考察**＞形成した Si :H(厚さ~39nm)/Ge :H(厚さ 66nm)積層膜の結晶性をレーザ光波長 532nm で励起してラマン散乱により試料表面側から評価した結果(Fig. 1)、c-Si TO フォノンピーク(520cm<sup>-1</sup>)から 12cm<sup>-1</sup> 低波数側へシフトしたシャープな信号が明瞭に認められた。この試料における各層の堆積速度は、~6.6nm/s(Ge:H 層)、~0.13nm/s(Si:H 層)であった。Si 膜堆積前の Ge :H 膜は、下地 Ni-NDs により初期結晶核の発生が効率的に誘起されたことに起因して平均直径~35nm のグレイン成長が認められることから(Fig. 2(a))、Si :H のラマンシフトは、下地 Ge :H 結晶粒からエピタキシャル成長した Si 膜が、構造緩和していないことに起因して引張り歪結晶 Si:H 膜(Fig. 2(b))が形成された結果として解釈できる。また、結晶相と非結晶相の TO フォノン信号の積分強度比から見積もった Ge :H 膜上に形成した Si 薄膜の結晶化率は~51%であった。さらには、390cm<sup>-1</sup> 近傍に SiGe に起因するピークが僅かに確認でき、Si 膜堆積初期において、下地 Ge :H 膜と混晶化したことが示唆された。

**結論**＞極薄 Ni 膜の VHF H<sub>2</sub>-ICP 処理により Ni ナノドットを高密度(~10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>)形成した石英基板上に高結晶性 Ge :H 薄膜を堆積し、引き続き SiH<sub>4</sub>-PECVD することで、結晶化率 51%を越える結晶性 Si/Ge ヘテロ積層膜が堆積できた。

**文献**＞[1] K. Makihara et al., Jpn. J. Appl. Phys., 47 (2008) 3099. [2] K. Makihara et al., J. Opt. Adv. Mat. 12 (2010) 626. [3] 高 他, 第 59 回春季応用物理学会, 16a-B6-5.

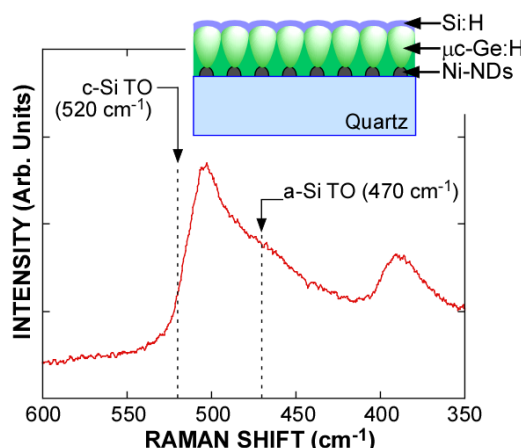


Fig. 1 Raman scattering spectrum of 39nm-thick Si :H film formed on  $\mu$ c-Ge(66nm)/Ni-NDs/Quartz.

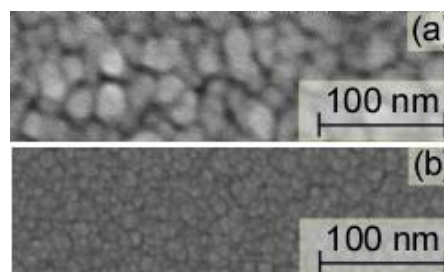


Fig. 2 Top-view SEM image of 42nm-thick Ge film deposited on Ni-NDs/ Quartz (a) and 39nm-thick Si film deposited on Ge(66nm)/Ni-NDs/ Quartz (b).