

カーボンナノチューブ機械振動子の支持強度の振動への影響

Influence of support strength on vibration of carbon nanotube mechanical resonator

大阪府大・工 〇猪谷健志, 安田正明, 有江隆之, 竹井邦晴, 秋田成司

Osaka Pref. Univ. 〇Kenshi Inotani, Masaaki Yasuda, Takayuki Arie, Kuniharu Takei, Seiji Akita

E-mail: inotani-4@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに カーボンナノチューブ(CNT)機械共振器は超高感度質量・熱量センサ等の応用が期待されている。このような応用では共振器支持部における損失がその性能を決定づける一つの要因となっている。本研究では、片持ち梁 CNT の機械的共振特性への支持強度の影響について SU-8 のガラス転移点近傍の特性を利用して検討した。

実験 Si 基板上に SU-8 3010、CNT 分散層、SU-8 3010 の順に 3 層構造を作り、リソグラフィにより CNT 分散層を露出させることで SU-8 に支持された片持ち梁 CNT を得た(図 1)。CNT の加振には光誘起熱歪を用い、その振動検出は光機械ヘテロダイン検波により行った[1,2]。試料は真空中($\sim 10^{-3}$ Pa)でレーザー光照射により支持部を加熱し、その時の振動特性を測定した。実験で用いた CNT は CVD 合成後、高温アニールした直径 60 nm、長さ 18.5 μm のものである。

結果と検討 SU-8 3010 のガラス転移点は約 60°C であるが、紫外線露光後約 95°C の高温で加熱すると SU-8 の鎖状高分子が架橋し硬質のエポキシ樹脂となり、ガラス転移点が約 200°C となる。

図 2 は約 50°C から約 330°C まで加熱しながら CNT を共振させた時の共振周波数 f_0 および Q 値の変化を表す。共振周波数は約 50°C で約 1491kHz、約 225°C で約 1482kHz であり、この間の変化率は約 0.6% であるのに対し、225°C から 260°C (共振周波数約 1446kHz) の間の共振周波数の変化率は約 2.5% と約 4 倍の大きさになっている。これは、SU-8 のガラス転移による影響と考えられる。CNT を支持している SU-8 は約 200°C でガラス転移を起こし、剛性率が小さくなる。これにより CNT にかかるストレスが小さくなるため、共振周波数が低下すると考えられる。同様に Q 値についても約 230°C 以上の高温になると約 130~180 という低い値で安定している。これは架橋した SU-8 がガラス転移し、CNT の支持強度が小さくなったためだと考えられる。支持強度が小さくなると、支持部のダンピングが大きくなるため Q 値が小さくなると考えられる。

以上のように、ガラス転移点近傍の SU-8 の機械的特性変化を利用して、片持ち梁 CNT の機械的共振特性への支持強度の影響について検討し、支持強度が小さくなれば共振周波数が低下し Q 値が小さくなるということが明らかになった。

謝辞 本研究は科学研究費補助金で行われた。

文献[1] A. Yoshinaka et al., APEX 5, 075101

(2012). [2] S. Hiroshima et al., JJAP. 52,

06GH02(2013)

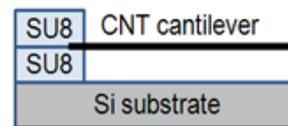


図 1. CNT の構造

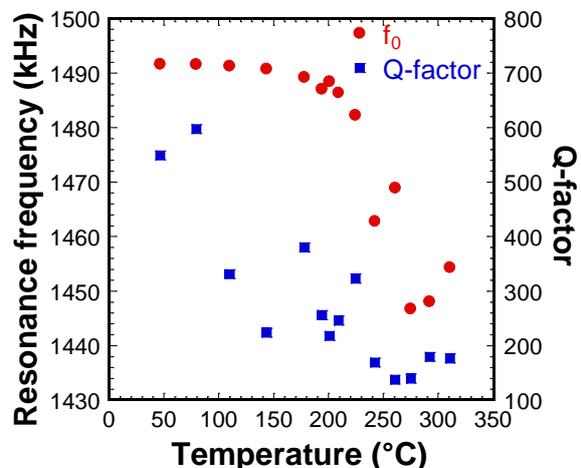


図 2. 共振周波数・Q 値の温度特性