

ダイヤモンド薄膜の弾性定数に対する異常同位体効果の観測

Observation abnormal isotope effect on elastic constants in diamond thin films

○蟻田 真里¹、長久保 白¹、森上 健太¹、荻 博次¹、平尾 雅彦¹、渡邊 幸志²

(1. 阪大院基礎工、2. 産総研)

○Mari Arita¹, Akira Nagakubo¹, Kenta Morigami¹, Hirotsugu Ogi¹, Masahiko Hirao¹,

Hideyuki Watanabe² (1. Osaka Univ. Grad. Sch. of Engineering Science¹, 2. AIST)

E-mail: ogi@me.es.osaka-u.ac.jp

ダイヤモンドは天然物質中最高の硬度や熱伝導率といった優れた特性を有するために、工業の様々な分野で利用されており、その物性を向上させることは応用上重要である。Anthonyらは、炭素の同位体比を制御したダイヤモンドにおいて熱伝導率が室温において50%向上したと報告した^[1]。熱伝導率は音速とも相関を示し、音速の2乗に比例する弾性定数に対する同位体効果も解明すべき課題である。しかし、ダイヤモンドは非調和性が小さく、同位体比の変化による弾性定数の変化を計測することは難しい。また得られる試料が小さく、ダイヤモンドの音速は高いため、従来法での弾性定数の計測は困難であり、いまだダイヤモンドの弾性定数に対する同位体効果は未解明である。

そこで本研究では、ピコ秒超音波法を用いて¹³C分率の異なるダイヤモンド薄膜の室温における弾性定数の計測を行う。試料は単結晶ダイヤモンド(100)基板上にエピタキシャル成長によって作成し、厚さは数 μm である。

ピコ秒超音波法とは極短パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ法をフォノンの励起・検出に応用した光計測手法である。ポンプ光を試料表面に照射すると試料内にひずみパルスが発生し、試料表面に対して垂直な方向に伝播する。プローブ光は試料表面で反射光と透過光に分かれ、透過光はブラッグの回折条件を満たすとき、ひずみパルスで後方回折する。ひずみパルスの伝播により、反射率変化は一定周波数の振動を起し、これを Brillouin 振動という^[2]。このようにひずみパルスの伝播過程を検知することにより、Brillouin 振動法は深さ方向に

対してサブミクロンオーダーの空間分解能を有するため、同位体比を制御して作成した薄膜部の弾性定数を高精度で計測できる。本研究で開発した光学系の概略図を Fig. 1 に示す。

¹³C と ¹²C の比が 1:1 のとき、最も弾性定数が高くなるという観測結果を得た。このとき観測された Brillouin 振動の波形と FFT スペクトルを Fig. 2 に示す。この結果は従来の弾性定数に対する同位体効果においては説明することのできない現象である。この原因に対して TEM 観察を交えた議論を行う。

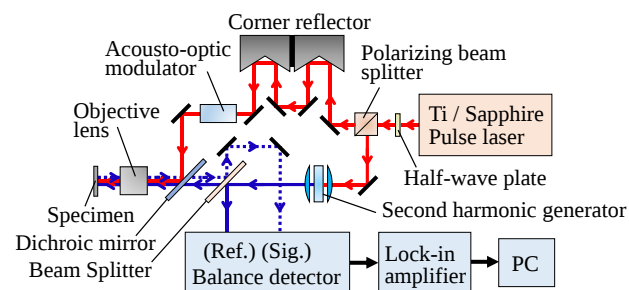


Fig. 1; Schematic of developed optics.

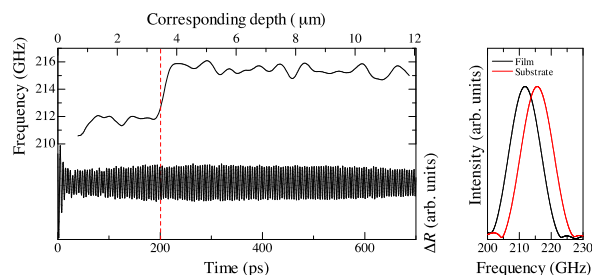


Fig. 2; Acquired signals for specimen whose ¹³C isotope ratio is 50 %. In the left figure, below wave form shows Brillouin oscillation and above shows its frequency shift. The right figure shows FFT spectrum of Brillouin oscillation.

[1] T. R. Anthony *et al.*, *Phys. Rev. B* **42**, 1104(1990).

[2] H. Ogi *et al.*, *Phys. Rev. B* **78**, 134204 (2008).