

ネオンマトリクス中のビスマス原子の発光スペクトル

(近畿大院総合理工) ○富岡万貴子、若林知成

【序論】ビスマスは15族第6周期の元素であり、 p^3 の電子配置に由来する15族共通の対電子をもつ。重い原子であることから超微細結合定数 $A=446.94$ MHz が大きく、天然に存在する唯一の同位体 ^{209}Bi は核スピン $I=9/2$ をもつ。Bi 原子の気相のエネルギー準位は図1の通りであり、 $(6s)^2(6p)^3$ の電子配置に由来する準安定状態が存在する。本研究では、低温基板上に生成したネオンマトリクス中に Bi 原子を捕捉し、この発光スペクトルからネオンマトリクス中における Bi 原子のエネルギー準位を明らかにすることを目的とした。さらに、発光寿命の測定から励起状態の緩和経路について考察した。

【実験】真空引きしたチャンバー内でサファイア基板を3 Kまで冷却し、Ne ガスを流し込んで固体ネオンを成長させた。同時に、真空チャンバー内に設置したルツボに入れたビスマスを約600°Cに加熱することによって気化し、これを低温基板に導いて Bi 入りネオンマトリクス試料とした。ルツボと基板の途中に設置した四重極質量分析計 (Extrel MAX-500) で Bi 蒸気の発生をモニタした。マトリクス試料は通常2~5時間かけて成長させた。ネオンマトリクス中のビスマスの吸収スペクトルを真空紫外から紫外領域について測定した (Jasco VUV-1C)。観測された吸収帯に波長を合わせた色素レーザー光をマトリクス試料に照射し、励起されたビスマス原子からの発光スペクトルを CCD アレイ検出器付の分光器 (Acton SP300i/SPEC10) を用いて測定した。さらに、分光器に設置した光電子増倍管 (Hamamatsu R928) に検出器を切り替えて発光信号の時間プロフィールを積算することにより、特定の発光バンドの発光寿命を測定した。

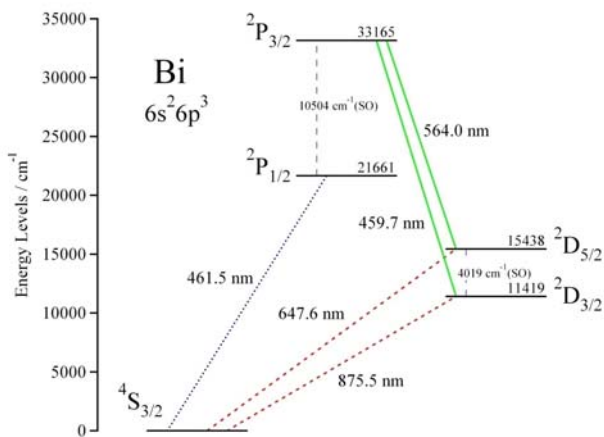


図1. 気相の Bi 原子の基底状態と励起状態のエネルギー準位[1].

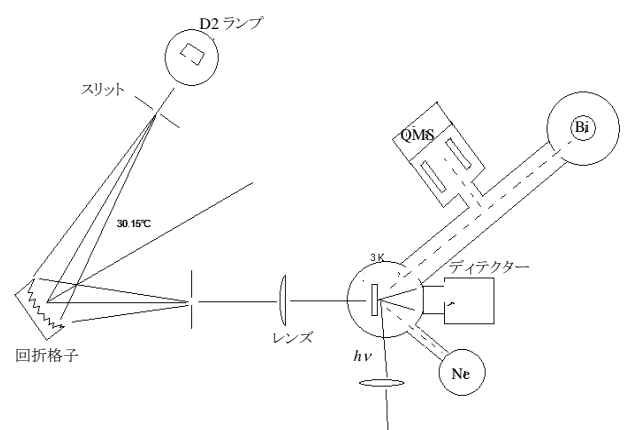


図2. マトリクス分離分光装置の模式図.

【結果・考察】マトリクス試料作製直後の紫外吸収スペクトルは図3の実線のようになり、Bi原子および二量体に帰属可能ないくつかの吸収帯を確認した。この試料に240 nmのパルスレーザー光を照射した後に吸収スペクトルを測定すると点線のように変化した。このことは、マトリクス作製時にBi二量体が混在しており、これがレーザー光照射によって解離してBi原子が生成したものと解釈できる。

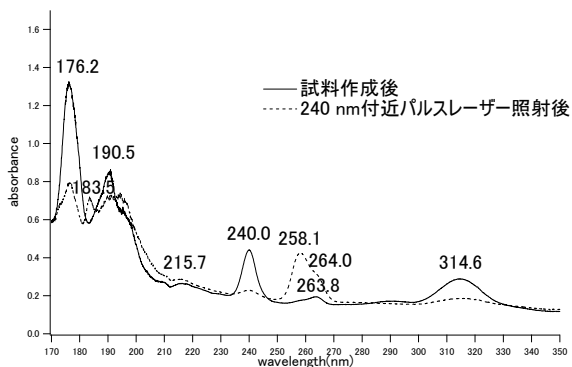


図3. Neマトリクス中のBi原子の紫外吸収スペクトル。

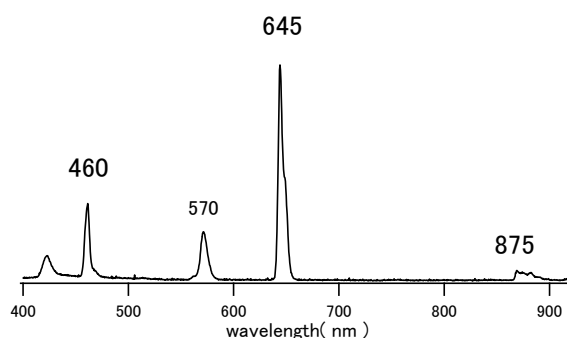


図4. 258 nmで励起したNeマトリクス中のBi原子の発光スペクトル。

次に、258 nmのレーザー光励起により観測された発光スペクトルを図4に示す。460、645、875 nmの発光バンドはそれぞれ気相における ${}^2P_{1/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ 、 ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ 、 ${}^2D_{3/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$ に対応する。また、570 nm付近の発光は Bi_2 の発光に相当すると思われるが[2]、レーザー光照射を続けた際にその発光強度が相対的に減少したことから、前述の Bi_2 の解離による吸収スペクトルの変化と矛盾しない。

458.5 nm励起(${}^2P_{1/2} \leftarrow {}^4S_{3/2}$)に伴う645 nmの発光バンド(${}^2D_{3/2} \rightarrow {}^4S_{3/2}$)について、信号の時間プロファイルを図5に示す。下がナノ秒レーザー単一パルスによる信号を表し、上はそれを積算したものである。曲線のフィッティングから立ち上がり時間0.12ミリ秒、減衰時間1.35 msが得られた。スピン-軌道相互作用による4重項基底状態と2重項励起状態の混合があるため、スピン禁制の遷移が観測可能となったものである。発光スペクトルの帰属とともにネオンマトリクス中のBi原子のエネルギー準位について報告する。

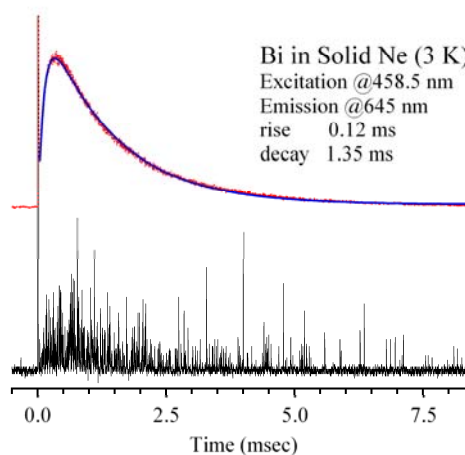


図5. 458.5 nmで励起したNeマトリクス中のBi原子の645 nmの発光信号の時間プロファイル。単一パルスによる信号(下)およびその積算(上)。

[1] NIST Atomic Spectra Database, <http://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/energy1.pl>

[2] G. Herzberg, Molecular Spectra and Molecular Structure Vol. I Spectra of Diatomic Molecules, p510 (1950)