

ダイヤモンドで 電気励起 ZnO レーザにホールを供給

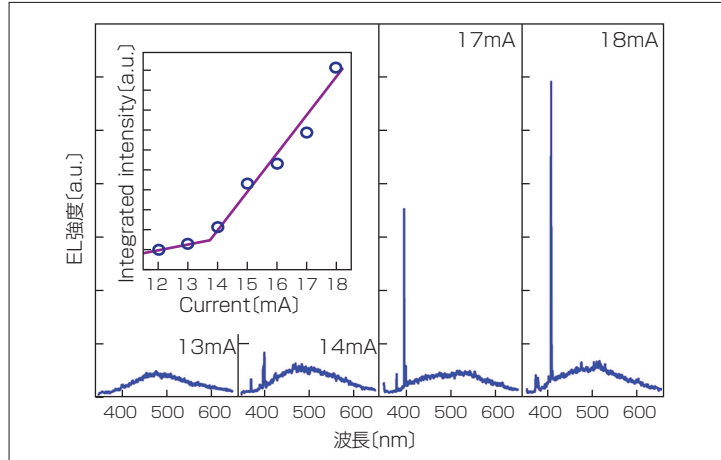
ランダムレーザは利得媒質(多結晶材料、粗面材料など)を含んでおり、そこでは散乱光がランダム経路をとる。これによってたくさんの小さなレーザキャビティ(ループ形状となり得る)が形成され、結果的にレーザ光が拡散する。ランダムレーザには、センシングや生体医学イメージング用途がある。最もよく知られたランダムレーザは、利得媒体として酸化亜鉛(ZnO)を用いており、近紫外光を発する。

しかし、一般的なランダムレーザは光励起であるので、実験装置全体が非常に大きく複雑になる。ZnOは、本来は*n*-型(電子を供給)半導体であるが、ある程度実際に使える電気励起 ZnO ランダムレーザが、*p*-型(ホール)ドープ ZnO によって実現された。しかし結果はあまり効率的ではない。

今回、中国人研究グループが優れたホール源、*p*-型ダイヤモンドをマグネシウム(Mg)ドープシェルで ZnO コアシェルナノワイヤと結合させて、電子(ZnO)とホール(ダイヤモンド)の両方を十分に供給する電気励起ランダムレーザを開発した。電子とホールが結合すると、レーザ光が発生する。中国人研究グループは、中国科学アカデミー(長春と北京)、鄭州大(鄭州)、吉林大(長春)、復旦大(上海)、長春理工大(長春)、内モンゴル民族大(通遼市)の研究者たちからなる。

ボロンドープダイヤモンド

ホールを作るために、ダイヤモンドにボロンを0.5wt.%までドープした。結果として得られた材料を、温度勾配合



電子とホールの両方の高効率源を持つ電気励起ランダムレーザは、酸化亜鉛(ZnO)ベースのコアシェルナノワイヤにより作製された。ナノワイヤは、サファイア基板上に成長させ、ボロンドープダイヤモンドと接触させている。電流がしきい値の下から上に上昇するに従い、鋭いピークが電界発光(EL)スペクトルに現れる。デバイスの発振しきい値は13.8mA(挿入図)。

成法を使って3mmまで成長させるのに約24時間要した。次にダイヤモンドをカットして、1mmの厚さまで研磨した。ZnO ナノワイヤは、別のサファイア基板に成長し、次にMgドープ層でコーティングしてヘテロ構造を形成した。

ナノワイヤは、*c*-軸優先配向のウルツ鉱構造に結晶化されている。3.6μm長のワイヤは、相互に平行配向となっており、基板に対しては垂直になっている。ナノワイヤの発光スペクトル、378nmで予想通りの鋭いピークを示した。これはZnOのニアバンドエッジエミッションによるものである。500nm付近の、いわゆる「深い準位」エミッションは、製造品質が低いことを示すものであるが、それはほぼ完全に現れなかった。

予備試験として、ZnO ナノワイヤを

様々な強度で光励起し、383.7nmと387.2nmで鋭いピークを確認した。発光はナノワイヤに整列させて60°円錐となっている。そのような光円錐は、ランダムレーザの特徴である。

次に、コアシェルナノワイヤヘテロ構造を、完全に止めるようにクリップを使ってボロンドープダイヤモンドに圧着させた。そのアセンブリを ZnO 部分のインジウムパッドとダイヤモンドの金パッドから約6Vの電圧を印加した。注入電流13mAのレーザしきい値以下で、結果として半値全幅(FWHM)138nmのブロードなスペクトルが得られた。2つのピークは、前に計測した発光ピークから赤方変位しており、これは電流注入によるデバイス加熱のせいであると研究グループは考えている。

(John Wallace)

参照

(1) Y.-J. Lu et al., *Optica* (2015); <http://dx.doi.org/10.1364/optica.2.000558>.

LFWJ