

超伝導効果による発光ダイオードの発光増強を観測 (極低消費電力で高効率の発光ダイオードを実現する新技術の開発)

北海道大学は、浜松ホトニクス、NTT 物性科学基礎研究所、東京理科大学、室蘭工業大学と共同で、発光ダイオードの発光が、超伝導効果によって従来より20倍程度強く発光する新現象を観測しました。このような超伝導による発光増強（超放射）は、2002年に千歳科学技術大学の花村榮一教授によって予言されていましたが、今回その実験的な検証に初めて成功しました。これは、極低消費電力でかつ高効率の発光ダイオードを実現する新技術を開発したことになります。

開発した発光ダイオードは、光ファイバー通信波長帯の1.6ミクロン付近で発光します。通常の発光ダイオードと異なる点は、片側の電子を流し込む電極を超伝導材料であるニオブウムに置き換え、電子を電子ペアの状態で発光部分に流し込むことです。半導体に電子ペアの状態では電流を流すことが可能であることはすでに別の実験で確認しています。

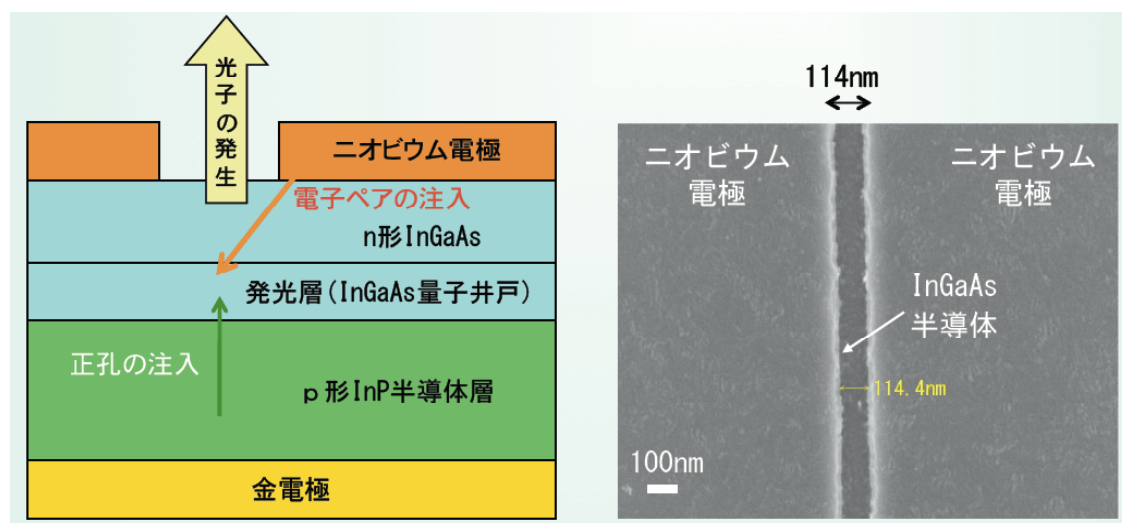


図1. 今回開発した超伝導発光ダイオード。表面のニオブウム超伝導電極から発光層に注入された電子ペアは、p形InPから注入された正孔対との発光再結合によって光子ペアを発生します。光子はニオブウム電極に形成された微小スリットから外部に取り出され観測されます。

通常発光ダイオードは微弱な電流では発光効率が低くなってしまいますが、今回の超伝導効果を使って電子ペアを注入する方法で、20倍程度に発光が増強することを確認しました。

この新技術を使えば、微弱な電流で単一の光子を発生する極低消費電力の発光ダイオードを高効率で動作させることが可能となります（現在のところ、数マイクロワットの消費電力動作

までは、内部効率が100%に近い素子も実現可能であることを確認しています)。さらに電子対の発光によって、量子情報通信で重要とされる双子の光子ペア（もつれ合った光子ペア）の発生が期待され、現在その確認を進めています。またこれまで超伝導と光通信が量子情報通信の基盤技術として別々に研究されてきましたが、この新規デバイスはこの二つの分野をつなぐ新技術としても期待されます。

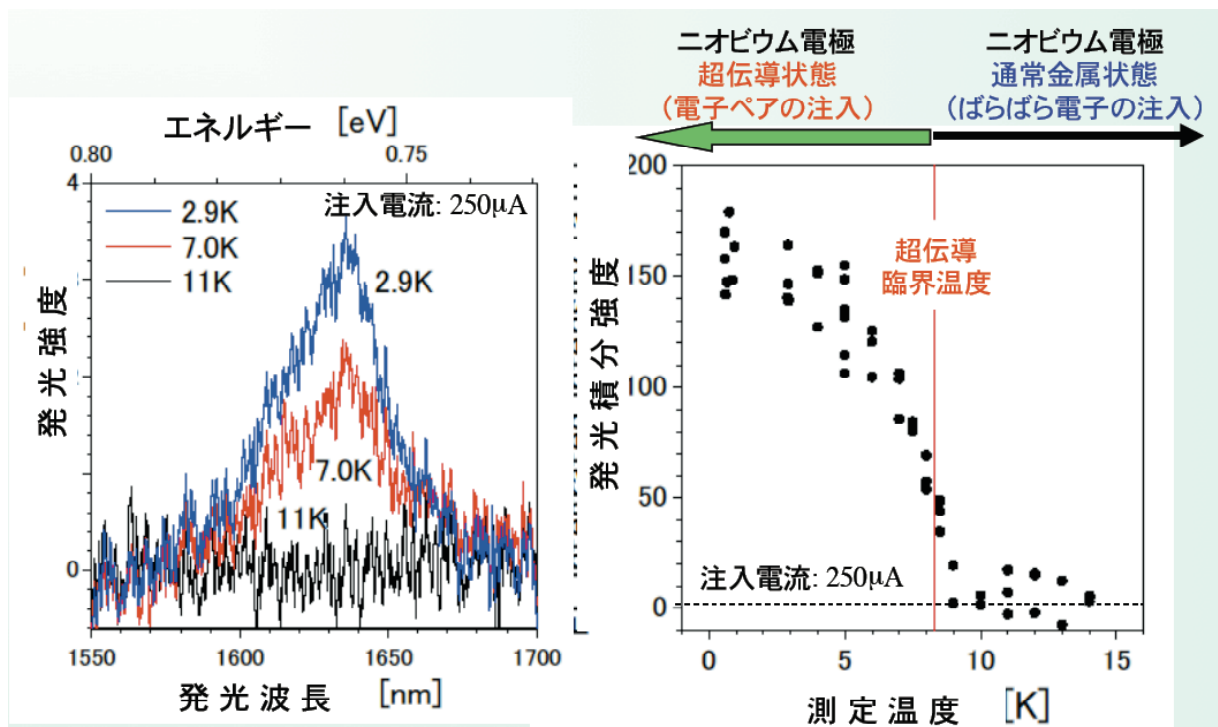


図2. 超伝導発光ダイオードから観測された発光スペクトルとその積分強度の温度依存性。注入電流を250 μ Aに固定して発光スペクトルを観測すると、11Kではノイズレベルです。しかし温度の低下で急速に発光強度が増大します。この試料ではニオブウムが超伝導状態になる臨界温度が8.3K程度と測定されます。この臨界温度以上では発光は雑音レベルで極微弱ですが、臨界温度以下では急速に発光強度が増大します。これは臨界温度以下で、電子がペアを形成し、超放射効果で発光強度が急激に増大すると理解されます。

<お問い合わせ先>

末宗 幾夫 (すえむね いくお) 教授
 北海道大学 電子科学研究所 電子材料物性研究部門ナノ光高機能材料研究分野
 〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目 北海道大学創成科学研究棟内
 TEL : 011-706-9335, (or 9336) FAX : 011-706-9336
 E-mail : isuemune@es.hokudai.ac.jp