

表面活性化による常温接合

Room-temperature Bonding using Surface Activated Bonding Method

明星大学 ○須賀 唯知

MeiseiUniv, °Tadatomo Suga

E-mail: suga@gakushikai.jp

接合という分野によっていろいろな受け止め方があるが、ここでは、固体表面間の結合によって界面を形成させ、2つの固体を接合させる技術「接合界面創成技術 (Interface Bonding Technology)」に限定する。そのような接合として、表面活性化 (Surface Activation) 手法による常温接合 (Room Temperature Bonding) に関する研究の現況を紹介する。

従来の接合技術はほとんどの場合、高温 (ここでは 200°C を下限とする) での反応と接合のための媒体を介することが多い。しかし、接合に要求される機能を突き詰めれば、接合媒体を介在させず、加熱をせずに行うことが理想である。その結果、常温での直接接合は多くの分野で期待されている。

固体の接合は、1) 固体表面間の接触、2) 固体表面間の結合の形成、という2つの条件が満たされて初めて実現する。しかし従来の接合技術では、この2つのプロセスが同時進行する。これに対し、表面活性化による常温接合 (Surface Activated Bonding) は、この2つのプロセスを各々独立に制御することで接合を実現する手法である。

金属や単一元素の半導体の固体間の結合は、基本的に電子の移動による金属結合や共有結合によって形成される。これらの固体は、一般に高い表面 (自由) エネルギーを持っている。固体が接触すると、接触面間で原子が結合を作ればエネルギーは低下し、固体全体のエネルギーは下がる。結合の方向性がなく、欠陥もない理想的な状況では、2つの固体が結合すれば表面は消え、接合したそれぞれの表面エネルギー分 (表面エネルギーの2倍) のエネルギーが低下して、固体は2つに分離した状態よりも安定になる。これが接合の駆動力にほかならない。このような理想的な表面間では、結合の形成に温度擾乱を含む何の外力や刺激も必要としないので絶対零度に限りなく近い極低温でも接合は起きる (非平衡状態として開始する) はずである。

表面活性化接合では、表面の酸素などの吸着物質をエネルギー粒子 (イオンや中性原子、クラスターイオンなど) の照射によって除去し、その結果、活性化された表面間の接触により常温接合を実現する。このような標準表面活性化では SiO₂ ガラスやグラファイト、ダイヤモンドなどのカーボン材料、一部のイオン結晶性の化合物材料の接合は難しい。このような材料の組み合わせに対しては、活性な金属 や Si、あるいは常温接合が可能な酸化膜などの薄い中間層 (ナノ密着層) を介在させて間接的に接合する拡張表面活性化接合 (Extended SAB) と称し、フォトニクスデバイスなどへの適用・実用化が進められている。この方法により、多くの材料が接合可能となることから、パワーデバイスとダイヤモンドの直接接合、有機 EL やフィルムデバイスの封止への適用、ガラスや光学デバイスの透明接合などに期待が寄せられている。