テクノトレンド

ピンクダイヤをセンサーに

MRI小型化などに道

宝石の中でも人気の高いピンクのダイヤモンドに半導体や情報通信の研究者が注目している。極めて狭い領域から発する微弱な磁気や電気、温度のセンサーとなる可能性があるからだ。例えば病気診断用の巨大な磁気共鳴画像装置（MRI）の小型化が見込める。日本は材料と素子の開発で先行するものの、欧米では応用研究が進んでいるという。

炭素原子だけで構成するダイヤの結晶中に窒素原子が不純物として入ると、炭素原子が抜けた穴（空孔）と隣の窒素原子がペアを組む構造ができる。この構造を「NV中心」と呼ぶ。太陽光がダイヤの中にさし込んでNV中心に当たると赤色の蛍光を発し、ダイヤ全体でピンクに見える。

NV中心は負の電荷を帯び、電子の磁石の性質（スピン）も持つ。これまでの研究で、光と同時に磁気が当たると蛍光強度が変わることが理論と実験で分かっている。この性質を利用すれば、ピンクダイヤで局所的な磁気を測定できると期待されている。

科学技術振興機構（JST）は2013年10月から19年3月末にかけ、ダイヤを用いる新しい生体磁気計測システムの開発を進めている。東京工業大学の波多野睦子教授が中心となり、他に大阪大学など5大学、産業技術総合研究所、さらに事業化を目指してルネサスエレクトロニクスが加わる。「手のひらサイズのMRIを実現させたい。定期健康診断、食物の糖度検査など幅広い応用が期待できる」（波多野教授）

天然のピンクダイヤに含まれるNV中心は濃度が低く、スピンの向きにもばらつきがある。さらに磁気センサーには使えない電荷ゼロのNV中心も含む。そのためセンサーの応用に向くNV中心を人工的に合成する必要がある。

磁気センサーにはマイナス電荷のNV中心しか使えない。さらにスピンの方向をそろえる必要がある。研究チームは現在、化学的気相成長法（CVD）と呼ぶ成膜技術でダイヤの人工結晶を作っている。基板の種類や結晶方位、原料の配合などを調整しながら、ダイヤ中に導入するNV中心の向きや濃度を調整する実験を重ねている。

目標は分解能が数ナノ（ナノは1億分の1）テスラの高感度磁気センサー。現在のセンサーの100倍以上の分解能で高感度の測定が可能になる。カメラの撮像素子に使うCMOS（相補性金属酸化膜半導体）を応用し、室温で検出する。

14年6月には科学研究費助成事業（科研費）による大がかりなNV中心の研究もスタートした。19年3月まで続く。早稲田大学の川原田洋教授を中心に筑波大学、日本原子力研究開発機構などが加わる。「生体分子一個一個の磁気を調べるのが目的。体内で起こるDNAとたんぱく質の相互作用などを突き止め、生物学や医学、薬学の発展に貢献したい」（川原田教授）

NV中心の作製にはCVDでなく半導体素子の製造に使うイオン注入で窒素を入れている。より高感度で微弱な磁気を検出するため、人工ダイヤの表面に近い浅い位置にNV中心を数多く作る研究に取り組む。電荷がマイナスになるよう、ダイヤの表面処理技術が課題という。

磁気センサー以外にNTTなどが電子のスピンを使って高速演算する量子コンピューターの開発を目指す研究もある。しかし「NV中心の応用研究は欧米に比べて後れをとっている。センサーや量子コンピューターが開く市場規模は計り知れない。国はもっと力を入れるべきだ」と川原田教授は主張する。

開発プロジェクトはドイツや米国がリードし、オーストラリア、イスラエル、イタリアでも始まっているという。「良質のダイヤと素子開発は日本が世界をリードする。欧米が日本製の人工ダイヤを使う応用研究もあり気になる」と波多野教授は危機感を募らせる。

（黒川卓）

ダイヤの結晶模型でNV中心の位置や表面状態を検討する早稲田大学の川原田教授