



【本件リリース先】
文部科学記者会、科学記者会、広島大学関係報道機関、
久留米市 市政記者クラブ

令和4年3月2日

本件の報道解禁につきましては、令和4年3月
3日午前0時以降にお願いいたします。

最 の線ノード型ディラック 子を 伝導体の中に発
- 省 カデバイス 発へ -

【 の イ ト】

- 1200 km/s の ディ ック を し、グ エ による を り えました。
- 「 」かつ「 」のノ ドをもつディ ック と「 」の が、 の で することを しました。
- は、より い で する デバイス や、 に は ナ の の となるト ジカ の に な を えることが されます。

【 】

の D3 、 の
、 の の グ は、
の 、イ シ パ との として、
セ タ 1 BL-1、 SPring-8 2 の X
イ BL25SU にて シ ク ト 3 を した
ARPES 4 を いて、 5 として られる $ZrP_{2-x}Se_x$ のバ
ド構 の 測に 功し、 界中で精 に探索が続けられている ノ ド ディ ック
が、 中の 原 の によって形 られることを しました。さらに、
で されたディ ック が、グ エ を含め、これまで に された 中のディ
ック の中 で も で1200 km/sに することを らかにしました。 におけ
る の ノ ド ディ ック の は、今後、 を 幅に下げた デバイ
スや コ ピュ タの につながることを されます。
の は、 の Physical Review B のレタ セクショ ン に 予定で
す。また、 が のハイ イト に ばれました。

【 情報】

タイト Evidence for Dirac nodal-line fermions in a phosphorous square-net superconductor

名 * 1 * 2,3 河 嵩¹ 宮 4 Shiv Kumar³
田 也³ 5 泉⁵ 岡 彦⁵ 田 之⁵ 岡 彦⁵

司⁵ 後⁵ 吉田⁵ 伊⁵ 彰⁵ 永崎⁵ 川⁵
 健司^{5,6} 柳^{5,6} 介^{5,6} * 1,4 *
 属¹ セ⁴ タ⁴ シ⁶ パ⁶
 2 3 5

Physical Review B (Letter)

<https://journals.aps.org/prb/accepted/e507bY0cX681ee8fd0bb31d89b9f686ab911a1c48>

【景】

かけ上の がぜ になるディ ック 6 は、不純 があってもぶつかることな
 く み続けるという目 ましい特徴をもっており、炭素原 が の巢 を組むグ エ
 で 初に されました。 で移 の い 気 を するため、グ エ を いた
 デバイスの が められています。ディ ック が示す特殊な ホ 効 は、
 2010年のノ ベ の対 にもなりました。このディ ック は、 在、2種
 に けられています。ノ ドと呼ばれるエネ ギ の原点が「点 」のものと「 」のもの
 です 図 。グ エ を含め、これまで された 中のディ ック は、ほとんど
 が点ノ ドで、 ノド は希少です。
 ノド は、ディ ック のエネ ギ
 散 係が 空 で 続 につながって
 いるため、 が散乱されにくいという性
 が されることに が まっています。
 さらなる のデバイス のためには、
 「 」でかつ「 」なディ ック を
 持ち、さらに「 」を示すことが 求
 れます。しかし、 拍 そろった は未だ
 されておらず、 界中の が熱心に
 探索しています。

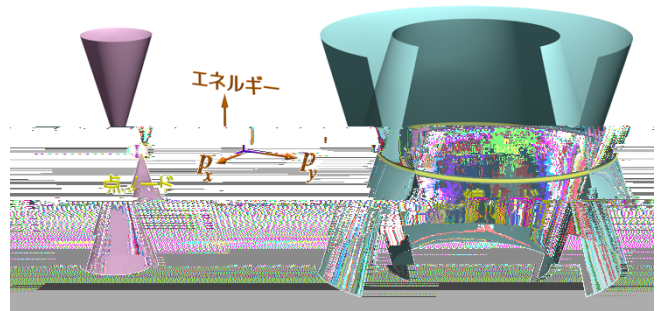


図1: 点 左 と 右 のディ ック
 のエネ ギ 散。

、半 属 ZrSiSに ノド のディ
 ック がいることが報告されましたが、そ
 の さはグ エ の65%で、 は示
 しません。また PbTaSe₂に ノド ディ ック が されていますが、その
 さはグ エ の40%でした。

【 の内容】

このような中、 ZrP_{2-x}Se_xが の である
 以下、 の らにより2014年に されました。この は、
 ノド半 属 ZrSiSを形 成シ コ Siの単原 層を、 Pの単原 層に き換えたも
 のになっていることから 図2左 、 様の ノドが れるものと第一原 算で予測さ
 れていました。そこで、 では、 ZrP_{2-x}Se_xの 構 を直接 測し、 ノド
 ディ ック の有無とその形 源を べるために、 を いた
 を いました。

その結 、 ZrP_{2-x}Se_xにはダイヤモ ド をした環 の ノドが 在すること
 を らかにしました 図 。また、 測されたディ ック 散 係の傾きから、 ノド
 ディ ック の が1200 km/sに することがわかりました 図2右 7 。こ
 の は、グ エ 中の点ノ ド ディ ック の に匹敵し、これまで に られてい
 る ノド ディ ック の を幅に上回る です。また、 P原 の

でできた単原層を仮定してモデルを算出したところ、結果を事に再する結果が得られました(図3)。このことから、測定された特徴的な環のノドによってすることがわかりました。

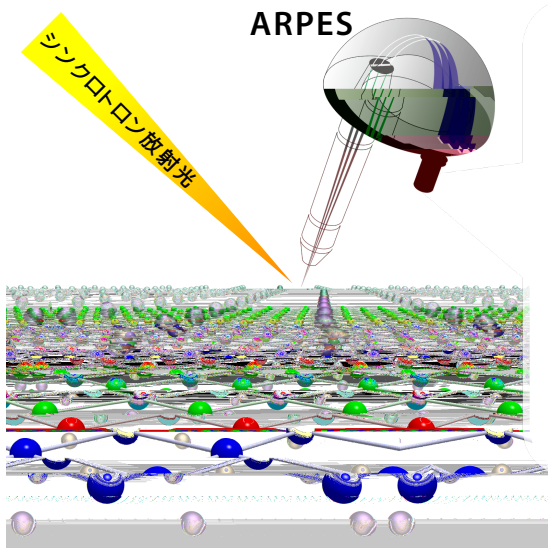


図2: 左側の図はARPESの測定装置を示し、シンクロトロン放射光が試料に照射されている。右側の図は原子層のモデルを示し、縦軸がエネルギー、横軸が波数を示す。

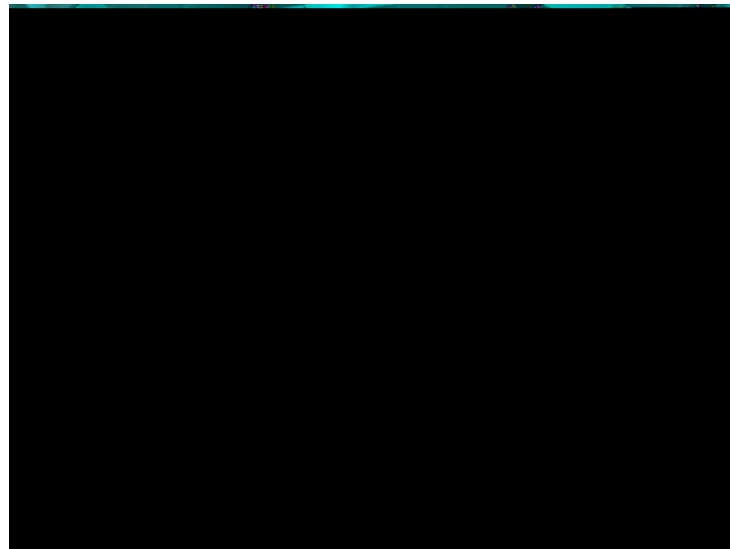


図3: 環のノドをもつディックのエネルギー散係。Pの単原層のモデルとおおむね一致することが示された。

【 による 】

今回のポイントは「 」でかつ「 」のディックを「 」の中に出したことです。このにより のデバイスへの確なが出されました。また、 、トジという念が に在し、さまざまな新奇性が予言されており、ノドを有する もじくトジで できることがわかってきました。その点から、今回の は新しいトジカ の にもつながり、エ

耐性に優れた コ ピュ タの のために必 幻の ナ 8 の
にもつながると されます。

【 語 説】

1. セ タ

小 源 HiSOR から 生ずる紫外 ~ X 域の を し、 界 端の 測 を いて を推 しています。また の中に かれた 拠点として、多様な 化や 景を持つ 内外の 機 の第一 の と 通の 課題に取り組み、互いに ぶことのできる環境を活 した、 生 生、若手 の育 を めています。

2. SPring-8

兵庫県の播磨 公園都市にある 界 性能の を生み出す 化 の で、 支援等は セ タ JASRI が っています。SPring-8 の名前は Super Photon ring-8 GeV ギガ ボ ト に由 します。 とは、 を とほぼ等しい まで加 し、 磁 によって 向を曲げたときに 生ずる、 向性が く な 磁波のことです。SPring-8では、この を いて、ナノテクノ シ やバイオテクノ シ 、 まで幅 い が われています。

3. シ ク ト

の まで加 された の 向を磁場によって曲げると、シ ク ト と呼ばれる い が 生じます。宇宙では星雲の中に を つけることができますが、地上では専 の加 器が必 です。シ ク ト は、 が手に入れた も なで「夢の 」とも呼ばれます。 で した SPring-8や、 として唯一の セ タ など、日 にはシ ク ト が多数 在し、 端の が われています。

4. ARPES

に を当てると、 効 によって 内部の が 出されます。このとき 出される は、エネ ギ 保 則と 保 則に従って、 内部の 態の情報を保持しています。 は、 出された の エネ ギ と 出 を 析することで、 内部の の束縛エネ ギ と波数の 係、つまりバ ド構 を直接 測できる手 です。

5.

一般に、 属には 気抵抗があるため、 流を流すときに一定の を することになります。 は、ある温 転移温 と呼ばれる よりも い温 で 気抵抗がゼ になる で、1911 年にカ オ ネスにより初めて されました。 の は、 問題 決の切り札として、 されています。

6. ディ ック とグ ェ

結晶中の は周 テ シ を感じながら することにより幅のあるエネ ギ バ ドを形 します。一般に の エネ ギ E は、 p を いて $E = p^2/2m^*$ m^* は有効 とあらわすことができ、縦 に E 、横 に p をとるエネ ギ バ ドが になります。一 、炭素原 一層だけからなるグ ェ の場 、2つのエネ ギ バ ドが 点で交差し、その交差点の くではエネ ギ E が p に比例し、 形のエネ ギ バ ドを持ちます。これは のない としての と し 数のかたちをとることから、グ ェ にも ゼ の が 在するということになります。このような 形のエネ ギ バ ドは、 ディ ックが提唱した相対性 に基づいた 程 で説 できるため、ディ ック と呼ばれます。

グ ェ は、曲げやすく壊れにくいという機械 的な性 だけでなく、みかけの が ゼ であるディ ック を有する点で基礎 応 の 点から注目され 界中で が展 されてきました。結晶中には、少なからず欠陥や不純 が 在し、一般には がそれら

にぶつかることで 気抵抗が生じます。ところが、グ エ 中のディ ック は不純 や 欠陥をものともせず「 き続ける」性 があります。その結 、グ エ は室温付 であっ ても い 移 ある一定の 場でどれだけ が きな加 を得ることができるか を す「 の移 のしやすさ」を示し、 デバイスの 有 候補として注目を浴びて いました。

7. の さ

も と じように と波の二重性がある。ここでいう の さは、波の群 で ある エ ミ V_F をさす。 エ ミ は、エネ ギ (E)の (p)の エ ミエネ ギ (E_F)での微 係数 $V_F = |dE/dp|_{E=E_F}$ で せる。

8. ナ

では負の 荷をもつ が 流を担っていますが、 ディ ックは、相対 で と反対の 荷をもつ の 在を予言し、その後、 の 在が されまし た。このような と の 係は「 と反 の 係」と呼ばれています。1937年 にエットレ ナは でも反 でもない、新しい の 在を預言しました。これ は ナ と呼ばれ、在 界中でその に向けた が展 されています。 ナ は 気 に中性であるため、エ 耐性に優れた コピュ タの が可能として その謎の の に きな が寄せられています。

【謝辞】

は、日 振興 JSPS 補助 基盤 A「非 な結晶対称性 を持つ 相 の 態 測とト シの 課題番号 18H03683、 」、基盤 S「ト シカ 相でのバ ク エッジ対応の多様性と普遍性 を越えて 横断へ 課題番号 17H06138、 初貝安弘 」などの支 援を受けて われました。

【お問い合わせ】

【 に すること】 グ TEL 090-6346-5384 E-mail akiok@hiroshima-u.ac.jp
育創 TEL 090-2063-9063 E-mail ino@kurume-it.ac.jp
【報道に すること】 財務 務室 報部 報グ TEL 082-424-3749 FAX: 082-424-6040 E-mail koho@office.hiroshima-u.ac.jp
入試課 TEL 0942-65-3488 E-mail nyushi@kurume-it.ac.jp