

dấu hiệu $R_{A.D.} = R_{\text{chùm}} + R_0 = 794$, độ lệch và nắp cấp-
 ltanox $C_0 = 54 \text{ NF}$ và $C_1 = 70 \text{ pf}$ đã được đo lường
 sử dụng bộ phân tích trở kháng ở mức 1 .26 MHz. Thiết bị đầu cuối
 T3 và T4 được nối đất. Một sự mất tập trung 1 m tâm
 Điện áp Bu er fi er được sử dụng để giảm thiểu các tác phẩm
 của cáp và máy phân tích phổ trên opera động cơ-
 tion. Trong hình 3b dc gia nhiệt điện trở có thể dẫn đến một nhiệt độ
 tăng cường của chùm tia chống lại sự làm mới-
 cơ chế xây dựng. Nó được ước tính từ nhiệt độ-
 sự phụ thuộc của sức đề kháng và từ FEM sim-
 Nhiễm trùng rằng nhiệt độ tối đa của động cơ
 chùm là $370 \pm 20 \text{ K}$ và $T_{0.A.D.} = 3 \text{ mA}$ (xem bổ sung
 C). Nhiệt độ này tăng 17% bằng DC
 hệ thống sưởi ấm tương đối nhỏ so với yếu tố

5 đã ra lệnh trong T ẽ Kết quả của việc giảm Q e .
 Chúng tôi cảm ơn J.J.M. Ruigrok, C.S Vaucher, K. Reimann, R.
 Woltjer và E.P.A.M. Bakkers cho các cuộc thảo luận và Sug-
 Gestions và cảm ơn J. V. Wingerden vì sự hỗ trợ của anh ấy
 với các phép đo SEM. Các tác giả tuyên bố rằng
 Họ không có lợi ích tài chính cạnh tranh. Tác giả con-
 Tuân định: K.L.P., P.G.S., J.T.M.V.B. và M.J.G. TRONG-
 thông hơi và thiết kế thiết bị. P.G.S., K.L.P., M.J.G.
 và C.V.D.A. thực hiện các thí nghiệm. P.G.S. sự phát triển-
 ops the lý thuyết, phân tích các thí nghiệm và viết
 bài báo. J.T.M.V.B., G.E.J.K. và G.J.A.M.V. không đúng
 veloped công nghệ quy trình và sản xuất
 Phó.
 Được gửi đến P.G.S. (Peter.steeneken@nxp.com).

- 1 Epstein, A. H. MILIMARTER-Kích thước, cơ điện tử cơ điện
 Hệ thống động cơ tuabin khí. J. Eng. Tua bin khí năng lượng
 126 , 205 bóng226 (2004).
- 2 Jacobson, S. A. & Epstein, A. H. Một cuộc khảo sát không chính thức về
 quyền lực MEMS . Int. Symp. Micro-mech. Eng. (Ismme)
 PK18 (2003).
- 3 Spadaccini, C. M. & Waitz, I. A. Toàn diện microsys-
 Tem , chap. 3.15 C-Callington (Elsevier, Amsterdam,
 2008).
- 4 Peterson, R. B. Giới hạn kích thước cho động cơ nhiệt tái tạo.
 Kỹ thuật vật lý nhiệt nano và kính hiển vi 2
 121 bóng131 (1998).
- 5 Wil fi nger, R. J., Bardell, P. H. & Chhabra, D. S. Các
 Resonistor: một thiết bị chọn lọc tần số sử dụng me-
 cộng hưởng chanical của chất nền silicon. IBM J. Res. Dev.
 12 , 113 bóng117 (1968).
- 6 Elwenspoek, M. et al. Cơ chế tải nạp và
 Ứng dụng của họ trong các thiết bị vi mô. Proc. IEEE
 MEMS 126 Từ132 (1989).
- 7 Lammerink, T., Elwenspoek, M. & Fluitman, J. Tần số
 Sự phụ thuộc của sự kích thích nhiệt của cơ học vi mô
 onators. Sens. Hành động. MỘT 25 trận27 , 685 bóng689 (1991).
- 8 Nhin, H. et al. Nhiệt kim loại từ tính fl exure bộ truyền động.
 Hội thảo cảm biến trạng thái rắn IEEE và bộ truyền động 5 , 73 trận75
 (1992).
- 9 Reichenbach, R. B., Zalalutdinov, M., Parpia, J. M. &
 Craighead, H. G. Rf mems Dao động với tích hợp
 Điện trở. IEEE ELEC Dev. L. 27 , 805 bóng807
 (2006).
- 10 SEO, J. H. & Brand, O. High Q. -factor in-plane-mode-
 Nền tảng Microsensor cho môi trường khí/lỏng.
 J. Mems 17 , 483 bóng493 (2008).
- 11 Cohadon, P., Heidmann, A. & Pinard, M. Làm mát a
 Gương bằng áp suất bức xạ. Vật lý. Rạn san hô. Lett. 83 , 3174...
 3177 (1999).
- 12 Metzger, C. H. & Karrai, K. Làm mát khoang của một microlever.
 Thiên nhiên 432 , 1002 bóng1005 (2004).
- 13 Arcizet, O., Cohadon, P.-F., Briant, T., Pinard, M. & Hei-
 Dmann, A. Làm mát áp suất bức xạ và cơ học
 Sự không ổn định của micromirror. Thiên nhiên 444 , 71 bóng74 (2006).
- 14 Kleckner, D. & Bouwmeester, D. Làm mát quang học Sub-Kelvin
 của một bộ cộng hưởng vi mô. Thiên nhiên 444 , 75 bóng78 (2006).
- 15 Schliesser, A., Del hêHaye, P., Nooshi, N., Vahala, K. J. &
 Kippenberg, T. J. Làm mát áp suất bức xạ của microme-
- Bộ tạo dao động Chanical sử dụng mặt sau động. Vật lý. Rev.
 Lett. 97 , 243905 (2006).
- 16 Brown, K. R. et al. Làm mát thụ động của một cơ học vi mô
 dao động với mạch điện cộng hưởng. Vật lý. Rạn san hô. Lett.
 99 , 137205 (2007).
- 17 Metzger, C., Favero, I., Ortlieb, A. & Karrai, K. Chọn lựa
 cal tự làm mát của một biến dạng F âm đảm- P khoang erot trong
 Giới hạn cổ điển. Vật lý. Mục sư b 78 , 035309 (2008).
- 18 Teufel, J., Donner, T., Castellanos-Beltran, M. A., Harlow,
 J. & Lehnert, chuyển động cơ học nano được đo bằng
 một sự thiếu chính xác dưới đây ở giới hạn lượng tử tiêu chuẩn.
 Công nghệ nano thiên nhiên. 4 , 820 bóng823 (2009).
- 19 Feynman, R. P., Leighton, R. B. & Sands, M. Feyn-
 người đàn ông giảng bài về vật lý , tập. Tôi, Ch. 46 (Addison-Wesley,
 Đoc, 1963).
- 20 Spadaccini, C. et al. Đốt cháy silicon mặt độ cao
 Hệ thống cho động cơ tuabin khí vi mô. Proc. Asme/Igti
 Triển lãm Turbo GTTHER2002 Từ30082 (2002).
- 21 K'oser, H. & Lang, J. Mô hình mặt độ công suất cao MERS
 Máy cảm ứng từ tính. Proc. Công nghệ nano MSM (2001).
- 22 Fennormore, A. M. et al. Bộ truyền động quay dựa trên
 Ống nano carbon. tự nhiên 424 , 408 bóng410 (2003).
- 23 Fan, D. L., Zhu, F. Q., Cammarata, R. C. & Dog, C. L.
 Vòng quay tốc độ cao có thể điều khiển của dây nano. Vật lý. Rev.
 Lett. 94 , 247208 (2005).
- 24 Ayari, A. et al. Tự dao động trong các dây nano phát thải
 Bộ cộng hưởng cơ học: Một chuyển đổi DC-AC nanometric.
 Nano Lett. 7 , 2252 Từ2257 (2007).
- 25 Weldon, J. A., Alem'an, B., Sussman, A., Gannett, W.
 & Zettl, A. K. Tự dao động cơ học bền vững trong
 Ống nano carbon. Nano Lett. 10 , 1728 Từ1733 (2010).
- 26 Ebefors, T. & Voice, G. Sổ tay MEMS: MEMS
 Ứng dụng , chap. Microrobotics (CRC Press, Boca RA-
 tán, 2006).
- 27 Burg, T. P. et al. Cân của các phân tử sinh học, các tế bào đơn
 và các hạt nano đơn trong uid. tự nhiên 446 , 1066 (2007).
- 28 Bullis, W. M., Brewer, F. H., Kolstad, C. D. & Swartzen-
 Druber, L. J. Nhiệt độ hệ thống điện trở suất của SIL-
 Biểu tượng và Germanium gần nhiệt độ phòng. Trạng thái rắn
 Điện tử 11 , 639 Từ646 (1968).