

特轉載：我去參加諾貝爾頒獎典禮

姜傳康

美國馬利蘭州洛克維爾市

「我一直清楚地記得，一九七六年十一月二十三日那天，星期二，在賓大物質結構研究所地下層實驗室裏，和姜傳康博士……用他設計的滲透雜質實驗法測量聚乙炔的導電性，當我們將第一滴液態溴注入實驗玻璃試管，塑膠樣品的導電係數急速上升，十倍、百倍、千倍、萬倍、百萬倍、千萬倍，導電係數幾乎超過滲透前千萬倍以上，就在那一刻，導電塑膠的大門敞開了。（白川英樹的二千年諾貝爾獎演講）

西元二〇〇〇年十二月八日，在斯德哥爾摩，諾貝爾獎頒獎典禮前兩天，二千年諾貝爾獎化學獎得主白川英樹，以闡述導電塑膠發現史實，精采地結束他近一小時的諾貝爾學術演講，在座人士報以熱烈掌聲。各方人士及外國記者前來與我握手道賀、採訪，並且語意深長地說：「不知道你有如此重大的科學貢獻！」白川英樹以發現導電塑膠榮獲二千年諾貝爾化學獎，他在諾貝爾獎演講中，將發現的榮譽與我共享。我為他勇於正確地在化學史上，記載下這個關鍵性科學史實感到欣慰。局外人或許很難相信，構想、設計、完成這個關鍵性化學實驗的人，竟是學物理的我。這個種子實驗，是化學上重要的里程碑，它開拓了化學研究的新領域。此刻，我為

參加諾貝爾獎頒獎典禮，而置身在斯德哥爾摩，但腦中閃現的是一幕幕當年在台北師大校園趕上化學課的情景。

這是二〇〇〇年年底，我和內人很榮幸以諾貝爾化學獎貴賓的身份，受邀出席在瑞典首都斯德哥爾摩舉行的諾貝爾獎頒獎典禮及慶典。諾貝爾獎頒獎典禮訂在十二月十日，慶祝活動長達一週以上，十二月五日開始，十四日落幕，名為諾貝爾週。這十天內我們除了參加頒獎典禮、國宴外，尚有安排緊湊的各方拜會活動，包括招待會、酒會，以及最重要的諾貝爾獎學術演講會。

榮獲二千年諾貝爾化學獎的得主共有三位，他們是聖塔芭伯拉加州大學的希格爾、賓州大學的麥克達米、及日本筑波大學的白川英樹。二十四年前，賓州大學希格爾領導的物理小組和麥克達米領導的化學小組合作研究線性有機導體。那時正在物理小組中作超博士研究的我，和化學小組中做超博士研究的白川英樹，幾個月內，我們兩個人一起做了一個歷史性實驗，發現了聚乙炔的高導電性，這實驗導致我們發表了今天榮獲諾貝爾化學獎的論文，也獲得美國專利局頒發專利，我們共同開創了導電塑膠化學的新紀元。

榮獲諾貝爾化學獎的論文是兩篇同時發表的，一篇討論物理，一篇討論化學，我和白川英樹各領銜一篇。諾貝爾獎委員會建議的閱讀文件中，共引用了我們在一九七六年發表的三篇原始發現導電塑膠的論文，以上兩篇之外，第三篇也是我領銜的作品。這個研究題目二十年前極為熱門，回想一九七八年我應邀在美國物理年會發表這項研究成果時，近千人的大禮堂座無虛席，盛況空前，連兩旁的走道上都有人擠著、站著聽。爾後我們各奔前程，異地東西，近兩年，塑膠半導體再度成為熱門題目，白川英樹和我多年後因諾貝爾化學獎重聚在斯德哥爾摩，興奮之餘，亦念及它深遠的涵意。

在諾貝爾獎頒獎大典之前，除了參加一連串的拜會、招待會之外，主要的學術活動則是在斯德哥爾摩大學舉行的諾貝爾獎得主的演講會，每一位得獎人以一小時發表他們得獎的作品。十二月八日下午，諾貝爾獎化學獎得主舉行化學講座，我坐在貴賓席上，白川英樹是第一位演講者，因為他是諾貝爾化學獎中的導電塑膠發現人，將開始演講之前，白川英樹特地走過來，對我說他要提到我，我以為他會講一些我領銜的那篇得獎論文，沒想到他一開始就說他要講的是他得獎工作之前的聚乙炔研究。

白川英樹以近一小時的時間，闡述他研究聚乙炔的經過。來美國之前，他鑽研

聚乙炔，把黑色粉狀的聚乙炔發展成有銀白色光澤的薄膜，再製成不同結構式的樣品，還把聚乙炔枝節上的氫原子取代，又將氫原子除去，幾乎把聚乙炔燒成碳。這樣折騰了近十年，奈何總是無法使聚乙炔的導電性增加絲毫。他對自己這十年的化學成果，十分失望，感嘆地形容道：

「...我好像坐在導電塑膠的鄰室，雖與導電塑膠僅有一牆之隔，我卻一直無法打開導電塑膠的大門。在導電塑膠大門開啟之前，我得這樣等候了好幾年...」

接著他敘述，一九七六年，他帶了製造聚乙炔的技術來到美國費城的賓州大學。他來到我的實驗室，和我一起做出這個歷史性的實驗。他說：「我一直清楚地記得，一九七六年十一月二十三日那天，星期二，在賓大物質結構研究所地下層實驗室裏，和姜傳康博士.....用他設計的滲透雜質實驗法測量聚乙炔的導電性，當我們將第一滴液態溴注入實驗玻璃試管，塑膠樣品的導電係數急速上升，十倍、百倍、千倍、萬倍、百萬倍、千萬倍，導電係數幾乎超過滲透前千萬倍以上，就在那一刻，導電塑膠的大門敞開了。」

白川英樹的演講勾起我對賓大的回憶，那段日子真可謂多姿多采，我的四周圍繞著一群年輕的博士和研究生，他們都是抱著理想，自願地前來跟我合作。他們個個勤奮工作，對研究的高度熱情，促使我們的成果遠超過一般水準。和我一起研

究的許多研究生中，有兩位東方人，也是諾貝爾化學獎論文的合作者之一，一位是韓國來的物理研究生朴英雨，今天已是韓國漢城大學的物理教授，韓國科學院院士，這次也應邀來參加盛會。另一位是台灣的化學研究生高石崇，我們師大化學系校友，現在美國開設公司，也是新竹科學園區的科技新貴。他們兩人的博士論文都是發展導電塑膠的重要里程碑，都曾為導電塑膠奠下根基而努力。十二月十日，我坐在莊嚴隆重的頒獎大典禮堂和國王閣第為首席、富麗堂皇的諾貝爾獎盛宴中，腦海裡不時浮現著當年那一張張年輕熱情的同學的臉龐。

當年我們發現導電塑膠，是為發展材料物理的新觀念，二十多年後的今天，導電塑膠重返材料科學的舞台，並成為舞台燈光集中的焦點「最新科技」。這一批研究是由半導體公司的專家帶領，他們做成電子元件，且製造電路，重新評估，新一代的塑膠產品呼之欲出。當塑膠走上電子元件的大道，無數新的研究題材將應運而生。我認為科學紮根，產業升級，正是我們師大同學未來可以努力研究、創新發展的良機。

十二月十三日，諾貝爾週在瑞典露西亞節搖曳的白色燭光和優美的聖歌聲中結束，我們告別百年來招待諾貝爾貴賓的格蘭大旅館，離開古色古香的斯德哥爾摩，搭上斯堪地那維亞航空的回程班機返回美

國，適巧十分榮幸地與兩位諾貝爾醫學獎得主同機。在飛機升空後，機長在擴音器興奮地向大家播報這個好消息，全體乘客熱烈鼓掌向他們致敬。從美國飛往斯德哥爾摩的飛機上，看到機艙前銀幕映著慶祝諾貝爾週海報的那一刻起，到現在返程，周圍縈繞在耳際的掌聲中，所見所聞，在在使人深切體會到諾貝爾獎特有的殊榮，這趟旅程將是我終身難忘的。坐在飛機中，歷歷往事浮上心頭，想到若非當年在師大唸書時，每週多去上幾個小時的化學課，在費城我就不可能因緣際會地解開這化學謎底，也更不會為此參加諾貝爾獎頒獎典禮而來斯德哥爾摩一行。這趟瑞典之旅，在我人生的畫板上，淡淡地抹上了一道七色的彩虹，想到此，臉上不禁浮上一絲會心的微笑。

Nobel Prize Paper

Nobel Prize in Chemistry 2000

VOLUME 59, NUMBER 17

PHYSICAL REVIEW LETTERS

24 OCTOBER 1977

Electrical Conductivity in Doped Polyacetylene

C. K. Chiang, C. R. Fincher, Jr., Y. W. Park, and A. J. Heeger

Department of Physics and Laboratory for Research on the Structure of Matter, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104

and

H. Shirakawa,^{1,2*} E. J. Louis, S. C. Gau, and Alan G. MacDiarmid

Department of Chemistry and Laboratory for Research on the Structure of Matter, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104

(Received 23 June 1977)

Doped polyacetylene forms a new class of conducting polymers in which the electrical conductivity can be systematically and continuously varied over a range of eleven orders of magnitude. Transport studies and far-infrared transmission measurements imply a metal-to-insulator transition at dopant concentrations near 1%.

We find that films of the semiconducting polymer, polyacetylene, show a dramatic increase in electrical conductivity when doped with controlled amounts of the halogens chlorine, bromine, or iodine, and with arsenic pentafluoride (AsF_5). The concentration dependence in combination with far-infrared transmission data suggests the occurrence of a metal-insulator transition as a function of dopant concentration.

Polyacetylene is one of the simplest linear conjugated polymers with a single-chain structure as shown in Fig. 1. Each carbon is σ bonded to one hydrogen and two neighboring carbon atoms consistent with sp^2 hybridization. The π electrons are therefore available to delocalize into a band. In the idealized situation of a uniform chain, the resulting conduction band would give rise to metallic behavior. However, such a system is unstable with respect to bond alternation, which causes the formation of an energy gap in the electronic spectrum. Studies of $\pi-\pi^*$ transitions in short-chain polyenes show that the frequencies do not fall as n^{-2} as expected for a free-electron picture, but appear to saturate at $\Delta E_{(\pi-\pi^*)} \approx 2.4$ eV.¹ Bond alternation is present in the polymer and would be expected to lead to semiconducting behavior. However, Ovchinnikov² has stimulated the bond-alternation energy gap to be too small and attributed the observed value to Coulomb correlation effects, i.e., a Hubbard gap.

In a series of studies Shirakawa and co-workers³⁻⁶ succeeded in synthesizing high-quality

polycrystalline films of $(CH)_x$ and developed techniques for controlling the *cis/trans* content.^{3,5} These materials are semiconductors⁴; the *trans* isomer is the thermodynamically stable form at room temperature.

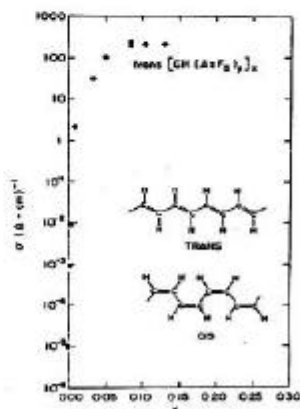


FIG. 1. Electrical conductivity of *trans*-(CH)_x as a function of (AsF_5) dopant concentration. The *trans* and *cis* polymer structures are shown in the inset.

1098

(榮獲二 年諾貝爾化學獎的主要論文，領銜作者為姜傳康校友)